



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 36 101 A1 2004.04.01

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 103 36 101.4

(22) Anmeldetag: 06.08.2003

(43) Offenlegungstag: 01.04.2004

(51) Int Cl.7: A61B 8/00

(30) Unionspriorität:

10/247379 18.09.2002 US

(71) Anmelder:

Siemens Medical Solutions USA, Inc., Malvern,
Pa., US

(74) Vertreter:

Blumbach, Kramer & Partner GbR, 81245
München

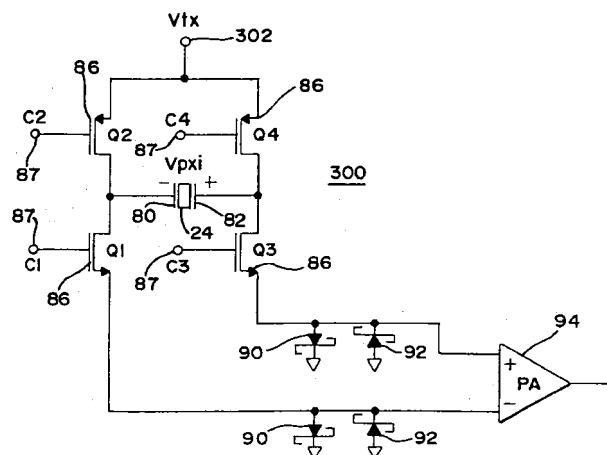
(72) Erfinder:

Phelps, Robert, Sammamish, Wash., US;
Petersen, David A., Fall City, Wash., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Ultraschallsendeimpulsgeber mit Empfangskopplung und Verfahren zur Verwendung**

(57) Zusammenfassung: Sendeimpulsgeber mit einer H-Brücke aus vier Transistoren (86). Der erste und der zweite Transistor (86) der H-Brücke ist mit einer ersten Elektrode (80) des Transducerelements (24) verbunden, und der dritte und vierte Transistor (86) der H-Brücke ist mit einer zweiten Elektrode (82) des Transducerelements (24) verbunden. Ein Differenzempfangsverstärker (94) verbindet den ersten und dritten Transistor (86). Eine erste und zweite Klemmdiode ist mit dem ersten und dritten Transistor (86) und mit Eingängen des Differenzempfangsverstärkers (94) verbunden. Der zweite und vierte Transistor (86) ist mit der gleichen Leistungs- oder Energiequelle verbunden, die entweder in einer Vorwärts- oder in einer Rückwärtsrichtung die gleiche Spannung liefert. Durch Verwendung von abgestimmten Transistorpaaren (beispielsweise ein erstes und drittes abgestimmtes Paar und ein zweites und viertes abgestimmtes Paar) werden symmetrische Sendewellenformen erzeugt. Symmetrische Sendewellenformen erlauben die Verwendung einer Phaseninversion oder von Phasendifferenzen zwischen Sendewellenformen für ein Imaging, beispielsweise ein Harmonic-Imaging von Gewebe. Spektralinhalte der symmetrischen Wellenformen sind schmaler oder enthalten weniger harmonische Information.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Sendeimpulsgeber zur Ultraschallabbildung. Insbesondere werden Sendeimpulsgeber geschaffen, die Verbindungen zu Empfangsschaltungen aufweisen.

[0002] Ultraschallaufnahmen für Echokardiogrammanwendungen erfordern Transducer mit hohen Volumen-Pro-Zeit Abstraten. Für das Abbilden von bewegten Strukturen in Echtzeit werden pro Sekunde 20 oder mehr, beispielsweise 35 zwei- oder dreidimensionale Darstellungen erzeugt. Eine große Informationsmenge wird also von einer Ultraschallsonde an eine Ultraschallsystembasiseinheit übertragen.

[0003] Verschiedene Transducer und in Zusammenhang stehende Strahlenformer sind für dreidimensionale Ultraschallaufnahmen geschaffen worden. Gegenwärtig werden in erster Linie mechanische Transducer verwendet. Die damit erzeugten Aufnahmen werden jedoch nicht in Echtzeit geliefert, und erfordern typischerweise ein EKG-Gating. Ebenso sind zweidimensionale Transduceranordnungen für ein schnelleres elektronisches Steuern und Volumenerfassen geschaffen worden. Beispielsweise werden verstreute (dünnabgetastete bzw. besetzte) zweidimensionale Anordnungen oder vollabgetastete bzw. besetzte zweidimensionale Anordnungen verwendet. Die verstreuten Anordnungen (Sparse-Arrays) liefern eine schlechte Kontrastauflösung.

[0004] Vollbesetzte zweidimensionale Anordnungen verwenden eine teure zusätzliche Strahlenformungs-Hardware. Zweidimensionale Anordnungen erzeugen wiederholt Sendestrahlen und Antwortempfangsstrahlen. Die Strahlen werden innerhalb des dreidimensionalen Rauminhalts gesteuert. Eine elektronische Steuerung erfordert einen Systemkanal für jedes der verwendeten Elemente. Da die Anzahl von Elementen in einer zweidimensionalen Anordnung groß ist, ist die Anzahl an erforderlichen Kanälen groß. Mehr Kanäle benötigen eine größere Anzahl von Kabeln. Das Bereitstellen eines Strahlenformens oder eines teilweisen Strahlenformens innerhalb der Sonde der Transduceranordnung kann die Anzahl an erforderlichen Kabeln reduzieren, jedoch bleibt die erforderliche Anzahl an Kanälen und an Hardware für das Abtasten der zweidimensionalen Anordnung groß. Darüber hinaus sind analoge Verzögerungsglieder, die zum Strahlenformen in der Sonde verwendet werden, teuer und groß, und der Strahlenformer in der Sonde kann eine begrenzte Programmierbarkeit aufweisen.

[0005] Die Transduceranordnungen weisen Elemente mit einer Masseelektrode und einer Signalelektrode auf, die schaltbar mit separaten Sende- und Empfangssystemkanälen verbunden werden. Wenn das Strahlenformen in der Sonde erfolgt, sind in der Sonde ebenfalls Hochspannungstransistoren oder Dioden enthalten, die als Schalter arbeiten, um die Sendekanäle von den Empfangskanälen zu isolieren (trennen). Diese Hochspannungsvorrichtungen sind

schwer in Strahlenformerschaltkreise zu integrieren, so dass zusätzlicher Platz benötigt wird.

[0006] In einem System, das in der US 5,622,177 offenbart ist, ist die Anzahl von Systemkanälen und Kabeln reduziert, indem ein Zeitmultiplexverfahren (TDM) verwendet wird. Daten von einer Mehrzahl von Elementen werden auf eine einzelne Leitung gemultiplext. Die zeitgemultiplexten Daten (TDM-Daten) haben jedoch andere Eigenschaften als herkömmliche Daten, die das Signal von einem einzelnen Transducerelement repräsentieren. Eine Empfangsschaltungstechnik, die zur Verwendung mit herkömmlichen Daten ausgelegt ist, kann daher Rauschen oder Fehler in die zeitgemultiplexten Daten einbringen bzw. erzeugen.

[0007] Einleitend sei gesagt, dass die im Folgenden beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele Ultraschallsendeimpulsgeber mit Empfangskopplung aufweisen, und in Zusammenhang stehende Verfahren verwenden. Ein erster Schalter ist zwischen das Transducerelement und einen Empfangsverstärker geschaltet. Ein zweiter Schalter ist zwischen das Transducerelement und eine Energiequelle geschaltet. Beide Schalter werden verwendet, um Sendewellenformen zu erzeugen. Der zweite Schalter, der mit der Energiequelle verbunden ist, wird geöffnet, und der erste Schalter, der mit dem Empfangsverstärker verbunden ist, wird dann während der Empfangsoperation geschlossen. Eine Klemmdiode, die mit dem Empfangsverstärker verbunden ist, und der erste Schalter klemmen die Spannung am Empfangsverstärker, und dienen während der Hochspannungsendeoperation als eine virtuelle Masse, erlauben jedoch, dass die Empfangssignale mit sehr viel kleinerer Amplitude zum Empfangsverstärker während der Niederspannungsempfangsoperation gelangen.

[0008] Gemäß einem Aspekt weist eine H-Brücke von Transistoren vier Transistoren auf. Ein erster und ein zweiter Transistor der H-Brücke sind mit einer ersten Elektrode eines Transducerelements verbunden, und ein dritter und vierter Transistor der H-Brücke sind mit einer zweiten Elektrode des Transducerelements verbunden. Ein Differenzempfangsverstärker ist mit dem ersten und dritten Transistor verbunden. Eine erste und zweite Klemmdiode sind jeweils mit dem ersten und dritten Transistor und mit den Eingängen des Differenzempfangsverstärkers verbunden. Der zweite und vierte Transistor sind mit einer gleichen Energie- oder Spannungsquelle verbunden, die die gleiche Spannung sowohl in Vorwärts- als auch in Rückwärtsrichtung liefert. Durch Verwendung eines abgestimmten Transistorpaares (beispielsweise ein erstes und drittes abgestimmtes Paar und ein zweites und viertes abgestimmtes Paar), werden symmetrische Sendewellenformen erzeugt. Die symmetrischen Sendewellenformen erlauben die Verwendung einer Phaseninversion oder von Phasendifferenzen zwischen Sendewellenformen, beispielsweise für eine harmonische Abbildung (Harmonic-Imaging) von Gewebe. Der Spektralinhalt von

symmetrischen Sendewellenformen beinhaltet weniger gleiche harmonische Information.

Aufgabenstellung

[0009] Die Erfindung ist durch die folgenden Ansprüche definiert, und nichts in diesem Abschnitt soll eine Einschränkung dieser Ansprüche darstellen. Weitere Aspekte und Vorteile der Erfindung werden durch die folgende detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen deutlich.

[0010] Die Komponenten und die Figuren sind nicht maßstabsgetreu, statt dessen sollen die Prinzipien der Erfindung hervorgehoben werden. Darüber hinaus kennzeichnen in den Figuren gleiche Bezugszeichen entsprechende Teile in verschiedenen Ansichten.

Ausführungsbeispiel

[0011] **Fig. 1** zeigt ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Ultraschallsystems zum Empfangen unterschiedlicher Signaltypen von unterschiedlichen Transducersonden.

[0012] **Fig. 2** zeigt ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Empfangen von Daten, die mit einer Mehrzahl von Transducerelementen in Zusammenhang stehen, auf einen einzelnen Kabel.

[0013] **Fig. 3** zeigt ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Transducers mit isolierten Sende- und Empfangskanälen.

[0014] **Fig. 4** zeigt ein Schaltungsdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Senders.

[0015] **Fig. 5** zeigt ein Schaltungsdiagramm eines alternativen Ausführungsbeispiels eines Senders.

[0016] **Fig. 6** zeigt ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels, das die Verwendung von isolierten Sende- und Empfangskanälen gemäß **Fig. 5** darstellt, um akustische Informationen zu senden und zu empfangen.

[0017] **Fig. 7** zeigt eine graphische Darstellung von unipolaren Impulsen mit entgegengesetzten Phasen.

[0018] **Fig. 8** zeigt eine graphische Darstellung einer mehrdimensionalen Transduceranordnung.

[0019] **Fig. 9** zeigt eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels des Inneren einer Sonde, die eine mehrdimensionale Transduceranordnung aufweist, die mit Leiterplatten verbunden ist.

[0020] **Fig. 10** zeigt eine Teilquerschnittsansicht eines Ausführungsbeispiels einer mehrdimensionalen Anordnung, die aus Modulen aufgebaut ist.

[0021] **Fig. 11A** und **11B** zeigen graphische Darstellungen von Schritten, die bei der Herstellung einer mehrdimensionalen Anordnung, die vorgeschchnittene (pre-diced) Module verwendet, durchgeführt werden.

[0022] **Fig. 12** zeigt ein Schaltungsdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Sendeimpulsgebers mit Empfangskopplung.

[0023] **Fig. 13** zeigt eine graphische Darstellung einer bipolaren Sendewellenform gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0024] Ein Sendeimpulsgeber mit einer Verbindung zu einem Empfangsvorverstärker, wie in **Fig. 12** gezeigt, liefert im Wesentlichen symmetrische Sendewellenformen. Eine H-Brücke von Transistoren ist mit einem Transducerelement verbunden, zwischen einer Energiequelle und einem Differenz Empfangsvorverstärker. Klemmdioden sind mit Eingängen des Differenzempfangsvorverstärkers verbunden. Durch Verwendung eines abgestimmten Transistorpaares werden symmetrische Sendewellenformen erzeugt. Der Sendeimpulsgeber kann in einem ASIC (Application Specific Integrated Circuit)-Bauelement innerhalb einer Sonde ausgebildet sein. Durch Implementieren des Sendeimpulsgebers in der Sonde kann eine große Anzahl an Transducerelementen verwendet werden, ohne dass zusätzliche Kabel benötigt werden, die das Sondengehäuse mit einer Basisabteilungseinheit verbinden.

[0025] Ein schnelleres oder komplexeres zweidimensionales oder dreidimensionales Ultraschallbildes (Ultraschall-Imaging) wird durch Verwendung eines Multiplexverfahrens von einer Sonde geschaffen. Ein Multiplexer ist innerhalb einer Sonde angeordnet, so dass Information von mehreren Transducerelementen auf einen Signalkanal gemultiplext wird, zur Übertragung an eine Basiseinheit oder an ein Ultraschallsystem zur weiteren Verarbeitung. Um zu vermeiden, dass man unterschiedliche Systeme für unterschiedliche Typen von Transducern hat, kann die Empfangsschaltung eines Ultraschallsystems in verschiedenen Modi betrieben werden, basierend auf dem Format der Signale, die durch den Transducer geliefert werden. Unterschiedliche Sendeimpulsgeber können verwendet werden, beispielsweise der in **Fig. 12** gezeigte Impulsgeber. Alternativ kann eine Sende- und Empfangsweg Separation, wie in den **Fig. 3** bis **5** gezeigt, verwendet werden. Um die Anzahl an Kanälen, die eine Sonde mit einem Ultraschallsystem verbinden, weiter zu minimieren, ohne die Größe der Sonde nachteilig zu beeinflussen, wird ein Sendekanal von dem Empfangskanal durch ein Transducerelement getrennt. Diese Separation isoliert den Sendekanal während die Integration von Hochspannungsvorrichtungen in der Sonde minimiert wird. Um dem Element die Isolation des Sende- und Empfangskanals zu erlauben, wird die Transduceranordnung aus separat geschnittenen (einem Dicing unterzogen) Modulen hergestellt, wobei jedes Modul Signalverläufe zu gegenüberliegenden Seiten jedes Elements aufweist.

[0026] Die im vorangegangenen diskutierten Sendeimpulsgeberentwicklungen für ein Multiplexverfahren können unabhängig von dem Multiplexen oder von anderen Merkmalen verwendet werden. Diese unabhängigen Entwicklungen oder Merkmale werden in den folgenden vier allgemeinen Abschnitten beschrieben. Empfangsschaltkreise zum Emp-

fang von Information, die mit unterschiedlichen Signalformaten in Zusammenhang steht, oder zum Empfang von lediglich gemultiplexten Formaten, werden zuerst beschrieben. Die Isolation des Sendewegs von dem Empfangsweg unter Verwendung eines Transducerelements und damit in Zusammenhang stehende Verfahren zur Verwendung werden als zweites beschrieben. Als drittes wird ein alternativer Sendeimpulsgeber beschrieben, der mit einem Empfangsverstärker in Verbindung steht, ohne einen bestimmten Sende/Empfangs-Routingschalter aufzuweisen. Abschließend werden Transduceranordnungen und Verfahren zu deren Herstellung beschrieben.

EMPFANGSSCHALTKREIS

[0027] **Fig. 1** zeigt ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Ultraschallsystems **10**. Das System **10** weist eine Basiseinheit **12** mit einer Empfangsschaltung **14** und einem Bildprozessor **16** auf. Die Empfangsschaltung **14** kann mit unterschiedlichen Typen von Transducersonden **18**, **20** über ein Kabel **22** verbunden werden. Eine Mehrzahl von Empfangsschaltungen **14** ist mit den Sonden **18**, **20** zur Verarbeitung der Signale von einer Anordnung von Elementen **24** elektrisch verbindbar. Darüber hinaus können verschiedene oder weniger Komponenten in dem System **10** angeordnet sein, beispielsweise nur ein Typ von Transducersonde **18**, **20**.

[0028] Eine Transducersonde **20** weist eine Anordnung von piezoelektrischen oder mikroelektromechanischen Elementen **24** auf zur Umwandlung zwischen akustischer und elektrischer Energie. Die Sonde **20** weist ein einzelnes Element, eine lineare Anordnung von Elementen oder eine mehrdimensionale Anordnung von Elementen auf. Die Sonde **20** weist auch ein Gehäuse auf, welches die Anordnung aufnimmt. Das Gehäuse ist als Handgerät ausgebildet, oder kann für eine Einführung in Hohlräume oder für ein Herz-Kreislauf-System eines Patienten geformt sein. Die Sonde **20** ist mit der Empfangsschaltung **14** durch ein Kabel **22** für jedes Element **24** der Anordnung verbunden. Jedes Kabel **22** liefert ein analoges Signal, welches die akustische Energie repräsentiert, die an einem einzelnen Element **24** empfangen worden ist. Die auf dem Kabel **22** von der Sonde **20** gelieferte Signalisierung weist herkömmliche Signale auf, welche nicht multigeplext sind, oder andere Zwischenschaltungen zwischen dem Element **24** und dem Verbindungsanschluß **32**. Die Sonde **20** liefert Signale oder andere Informationen, die anderes formatiert sein können als die Signale von der Sonde **18**.

[0029] Die Sonde **18** enthält eine lineare oder mehrdimensionale Anordnung von Elementen **24**, die mit einem Multiplexer **26** verbunden sind. Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind 1536 Elemente **24** als eine zweidimensionale oder mehrdimensionale Anordnung konfiguriert. Die Sonde **18** weist auch ein Ge-

häuse auf, welches die Anordnung aufnimmt. Das Gehäuse ist als ein Handgerät ausgebildet oder kann zur Einführung in Hohlräume oder für ein Herz-Kreislauf-System eines Patienten geformt sein. Gemäß einem Ausführungsbeispiel enthält die Transducersonde **18** eine mehrdimensionale Transducersonde, die hergestellt wird, indem Module verwendet werden, die im folgenden beschrieben werden. Jedoch können auch andere lineare oder mehrdimensionale Anordnungen verwendet werden, die eine Grundebene verwenden oder mit einer separaten Signalgebung von einer PZT-Komponente (piezoelektrische Komponente) oder Module können verwendet werden.

[0030] Die Sonde **18** enthält Vorverstärker **35** und Zeitgewinnsteuerungen **37** als einen Empfangskanal **64** vor dem Multiplexen. Der Empfangskanal **64** ist mit dem Element **24** verbunden. Die vorverstärkte und zeitgewinngesteuerte Information wird an Abtast- und Halteschaltungen **60** geliefert. Die Abtast- und Halteschaltung **60** enthält analoge Verzögerungsglieder, um analoge Information von mehreren Elementen **24** auf ein Ausgangssignal zu Multiplexen. Gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel existiert keine Abtast-Halteschaltung. Analoge Wellenformen werden im Takt mit keiner "Halte"-Operation und keiner "Analog-Verzögerungs"-Operation verschachtelt. Die Verwendung eines Abtastens und Haltens ist kein Erfordernis, sondern eine mögliche Alternative.

[0031] Gemäß einem Ausführungsbeispiel verbrauchen die Empfangsschaltungen in der Sonde weniger als 5 Watt. Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist ein Multiplexer **26** für jeweils acht Elemente **24** angeordnet, jedoch kann ein einzelner Multiplexer für alle Elemente oder für eine andere Anzahl von Elementen angeordnet sein. Der Multiplexer **26** weist ein analoges oder digitales Schaltnetz auf, welche Schalter auf eine Sondensteuerung **28** antworten. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kombiniert der Multiplexer **26** von einer Mehrzahl von Elementen **24**, indem ein Zeitmultiplexverfahren verwendet wird. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen kann ein Frequenzmultiplexverfahren oder ein anderes bereits bekanntes oder zukünftiges Multiplexverfahren verwendet werden. Die Sondensteuerung **28** steuert den Multiplexer **26** in Antwort auf ein Taktsignal, so dass analoge Signale von jedem der Elemente innerhalb eines Rahmens der Zeitmultiplexinformation einem bestimmten Zeitschlitz zugewiesen werden. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Sonde **18** und der in Zusammenhang stehende Multiplexer **26** eine zeitgemultiplexte Sonde auf, wie in der US 5,622,177 diskutiert, deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme Bestandteil dieser Anmeldung wird. Darüber hinaus können andere oder weniger Komponenten in der Sonde **18** gebildet sein, beispielsweise zusätzliche Verstärker oder Filter in der Sonde **18**, oder es kann eine Sonde ohne Vorverstärker oder Zeitgewinnsteuerung gebildet werden.

[0032] Der Multiplexer **26** gibt zeitmultigeplexte

oder anders formatierte Daten an einen Leitungstreiber **30**. Der Leitungstreiber **30** enthält einen Verstärker oder andere Vorrichtungen, die integriert mit oder separat von dem Multiplexer **26** ausgebildet sind, zur Übertragung von gemultiplexter Information über das Kabel **22**. Separate Kabel **22** können für zusätzliche Multiplexer **26** angeordnet werden, beispielsweise 192 oder 256 Kabel **22**.

[0033] Die Basiseinheit **12** enthält ein Ultraschallabbildungssystem, beispielsweise ein Handgerät, ein wagenbasiertes oder anderes System zur Erzeugung einer zweidimensionalen oder dreidimensionalen Darstellung eines Patienten. Der Empfangsschaltkreis **14** empfängt Information von einer oder von mehreren Transducersonden **18**, **20** für eine Strahlenformation, Detektion und andere Ultraschallbildverarbeitungen durch den Bildprozessor **16**.

[0034] Die Empfangsschaltung **14** weist einen Verbindungsanschluß **32** auf, einen Modussteuerprozessor **34**, einen Vorverstärker **36**, eine Zeitgewinnsteuerschaltung **38**, ein Tiefpaßfilter **40**, ein Puffer **42**, einen Analog/Digital-Wandler **44**, einen digitalen Entzerrer (Equalizer) **46**, einen digitalen Demultiplexer **48**, eine Analyseprozessor **50** und eine auswählbare Verzögerung **52**. Darüber hinaus können andere oder weniger Komponenten verwendet werden. Die Empfangsschaltung **14** enthält eine oder verschiedene Kombinationen von zwei oder mehreren Komponenten, die oben beschrieben worden sind. Beispielsweise weist die Empfangsschaltung nur den Vorverstärker **36** oder das Tiefpaßfilter **40** auf. Die Empfangsschaltung **14** ist mit der Transducersonde **20** betreibbar, wobei die Signale von den Elementen **24** verstärkt und/oder vor der Übertragung an die Basiseinheit **12** verarbeitet werden können oder nicht. Ein zweiter Betriebsmodus erlaubt die Übertragung von zeitgemultiplexten oder anders gemultiplexten Signalen, die eine Gruppe von Elementen repräsentieren, über eine Signalleitung oder ein Kabel **22**. Die Empfangsschaltung **14** weist einen einzelnen Empfangskanal innerhalb der Basiseinheit **12** auf. Es sind mehrere Empfangskanäle in Verbindung mit unterschiedlichen Kabeln **22** und unterschiedlichen Elementen **24** gebildet.

[0035] Der Anschluß **32** weist eine Steckbuchse oder einen Stecker mit elektrischen Kontakten zur Verbindung mit einem Bündel von Kabeln **22** auf. Der Anschluß **32** ist mit verschiedenen Transducersonden **18**, **22** verbindbar. Gemäß einem anderen Beispiel ist die Sonde **18** von dem Anschluß **32** getrennt, und die andere Sonde **20** ist mit dem Anschluß **32** verbunden. Der Anschluß **32** hält lösbar physikalischen und elektrischen Kontakt mit dem Bündel von Kabeln **22**. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen ist ein separater Anschluß **32** für verschiedene Sonden **18**, **20** bereitgestellt. Die gleiche Basiseinheit **12** und Empfangsschaltung **14** können verwendet werden, um Information von verschiedenen Typen von Transducersonden **18**, **20** zu empfangen und zu verarbeiten. Beispielsweise ist der Anschluß **32** mit

der Sonde **18** für ein Imaging verbunden, indem eine vollbesetzte zweidimensionale oder 1,5-dimensionale Anordnung verwendet wird. Das Zeitmultiplexverfahren erlaubt die Steuerung in zwei Raumrichtungen für zweidimensionale oder dreidimensionale Abbildungen, während die Anzahl an Kabeln **22** zur Übertragung der Signale an die Basiseinheit **12** minimiert wird. Der gleiche Anschluß **32** verbindet die andere Transducersonde **20** für eine Ultraschallaufnahme (Ultraschall-Imaging), indem Signale verwendet werden, die nicht gemultiplext sind. Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind mehrere Anschlüsse **32** mit Relais oder Festkörperschaltern in der gemeinsamen Empfangsschaltung **14** gebildet, um einen schnellen Zugriff zur Auswahl eines Transducers bereitzustellen. Jeder individuelle Anschluß **32** kann entweder gemultiplexte Transducer **18** oder herkömmliche Transducer **20** akzeptieren.

[0036] Der Modussteuerprozessor **34** enthält einen Steuerprozessor, einen allgemeinen Prozessor, einen ASIC (Application Specific Integrated Circuit) oder andere analoge oder digitale Vorrichtungen zur Steuerung von Komponenten der Empfangsschaltung **14**, beispielsweise des Vorverstärkers **36** und des Tiefpaßfilters **40**. In Antwort auf eine durch den Benutzer eingegebene Konfiguration, in Antwort auf Steuersignale, die von der Sondensteuerung **28** geliefert werden, in Antwort auf eine Detektion durch den Anschluß **32** eines Typs der Sonde, oder in Antwort auf die Analyse von Signalen, die von der Ultraschallsonde **18**, **20** empfangen worden sind, konfiguriert der Modussteuerprozessor **34** eine oder mehrere Komponenten der Empfangsschaltung **14** zur Verarbeitung gemäß dem Datentyp oder des Datenformats, das von der Sonde **18**, **20** geliefert wird. Eigenschaften der Empfangsschaltung sind als Funktion des Datenformats konfigurierbar.

[0037] Der Vorverstärker **36** weist Transistoren und andere analoge oder digitale Vorrichtungen auf, um einen breitbandabgestimmten Empfänger mit wenig Rauschen zu bilden. Der Vorverstärker **36** ist programmierbar oder kann auf einen Modussteuerprozessor **34** reagieren, zur Programmierung von Eigenschaften des Vorverstärkers. Für den Betrieb mit der Transducersonde **20** oder für den Betrieb mit Signalen, die ein einzelnes Transducerelement **24** repräsentieren, ist der Vorverstärker **36** derart programmiert, dass eine Impedanzeigenschaft ähnlich der oder gleich der Impedanz des Elements **24** und des Kabels **22** ist, beispielsweise 1 kOhm. Die Impedanz gleicht eine Generalisierung ab, die auf erwarteten Änderungen von Kabelimpedanzen für unterschiedliche Typen von Sonden **20** basiert. Der Vorverstärker **36** kann alternativ programmierbar sein, um spezifische Typen von Sonden **20** mit unterschiedlichen Kabeln **22**, Kabellängen oder Elementen **22** abzugleichen. Die Vorverstärkereingangsimpedanz, der Gewinn oder die Frequenzantwort können entweder durch auswählbar geschaltete Komponenten oder durch Änderung des Vorverstärkervorspannungsstroms

gesteuert werden. In der Praxis können beide Verfahren gleichzeitig innerhalb einer integrierten Schaltungsrealisierung verwendet werden. Für den Betrieb mit gemultiplexten Signalen ist der Vorverstärker **36** für einen Impedanzabgleich mit dem Leitungstreiber **30** oder anderen Ausgangsschaltkreisen der Sonde **18** programmierbar. Beispielsweise ist der Vorverstärker **36** programmiert, um ungefähr einen 50 Ohm Impedanzabgleich zu liefern. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden verschiedene Vorverstärker **36** durch den Modussteuerprozessor ausgewählt.

[0038] Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel ist die Gewinncharakteristik des Vorverstärkers **36** als eine Funktion des Formats der Signale oder des Typs der Sonde **18**, **20** ausgewählt. Gemultiplexte Transducer **18** können einen geringeren Vorverstärkererfolg erfordern als herkömmliche Transducer **20**, da Signale bereits innerhalb des Transducers vor dem Multiplexen verstärkt worden sind. Ebenso ist die Rauschleistung des Systemvorverstärkers **36** für gemultiplexte Transducer **18** mit integralen Vorverstärkern **36** nicht so strikt, so dass ein schlechterer Rauschvorverstärker erwünscht sein kann, um Leistung zu sparen oder die Eingangsimpedanz, den Gewinn und die Frequenzantwort in anderer Weise zu optimieren.

[0039] Eine andere programmierbare Eigenschaft betrifft die Bandbreite des Vorverstärkers **36**. Für gemultiplexte Information ist der Vorverstärker **36** nicht bandbegrenzt oder arbeitet über ein breites Band, so dass Frequenzen mit einer Symbolrate von mehr als dem Doppelten der Mittenfrequenz der Transducernordnung für ein zeitgemultiplextes Verfahren passieren (beispielsweise mehr als 5 MHz, 30 MHz oder 100 MHz oder mehr). Für multiplexfreie Information kann die Bandbreite 2–15 MHz betragen, beispielsweise in Zusammenhang mit Ultraschallfrequenzen oder dem Frequenzband des Transducers. Andere Eigenschaften des Vorverstärkers **36** können als Funktion des Datenformats, das von der Transducer-sonde **18**, **20** geliefert wird, angepaßt oder geändert werden.

[0040] Signalangleichblöcke können in dem Multiplexer **26** oder mit dem Vorverstärker **36** vorhanden sein, um für frequenzabhängige Verluste in den Kabeln **22** ein Vorausgleichen und ein Nachausgleichen bereitzustellen. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen stellt der digitale Equalizer **46** ein Nachausgleichen bereit. Das Ausgleichen kann eine Inter-Symbol-Interferenz (ISI), also Zwischensymbol-Interferenz minimieren. Beispielsweise kann eine Vorbetonung oder Hochfrequenzverstärkung verwendet werden, bevor das Kabel angesteuert wird, um frequenzabhängige Kabelverluste zu kompensieren. Ein Allpaßkorrekturfilter kann ebenfalls in dem Systemempfänger **14** implementiert sein, um Zwischensymbolinterferenzen vor der A/D-Wandlung weiter zu reduzieren.

[0041] Die Zeitgewinnsteuerung **38** ("Depth Gain

Control") weist einen einstellbaren Gewinnverstärker zur variablen Verstärkung von analogen Signalen auf. Für Signale, die ein einzelnes Element **24** darstellen, liegt der variable Gewinn beispielsweise zwischen 40 und 80 dB, doch können andere Gewinne verwendet werden, um der Dämpfung von Ultraschallsignalen von ungefähr einem dB pro MHz pro Zentimeter Rechnung zu tragen. Die Zeitgewinnsteuerung **38** arbeitet für gemultiplexte Signale genauso oder anders. Wenn eine Zeitgewinnsteuerung **38** in der Sonde **18** bereitgestellt ist, liefert die Zeitgewinnsteuerung **38** der Empfangsschaltung **14** weniger oder keinen variablen Gewinn für gemultiplexte Signale. Wenn die Zeitgewinnsteuerung **38** einen variablen Gewinn verwendet, trägt der Gewinn dem Zeitmultiplexverfahren Rechnung, indem innerhalb jedes Signalrahmens von den mehreren Elementen **24** der gleiche Gewinn (Verstärkung) verwendet wird.

[0042] Das Tiefpaßfilter **40** weist ein Anti-Aliasing-Filter auf, das als ein endliches Impulsantwort- oder unendliches Impulsantwortfilter implementiert ist. Das Tiefpaßfilter **40** führt eine Bandbegrenzung für Signale durch, so dass Signale größer als die Hälfte der digitalen Abtastrate nicht in das Signalspektrum einfließen. Zur Verringerung der Bandbreite des Tiefpaßfilters wird ein größeres Signalrauschverhältnis gebildet, so lange wie Signale, die von Interesse sind, nicht entfernt oder reduziert sind. Signale von Interesse, die von der Sonde **20** geliefert werden, oder ein einzelnes Element **24** repräsentieren, sind in einem Frequenzband von 2–15 MHz bereitgestellt. Das Tiefpaßfilter **40** ist mit 6 dB nach unten oder einer anderen Sperrfrequenz von 30 MHz programmiert, 15 MHz weniger oder einer anderen Frequenz. Die Bandbreite kann als Funktion des Typs der Aufnahme (Imaging) oder des Typs der verwendeten Sonde **20** programmiert werden. Für gemultiplexte Signale, beispielsweise zeitgemultiplexte Information, ist die Bandbreite größer, um gemultiplexte Signale durchzulassen, während die Inter-Symbol-Interferenz minimiert wird. Beispielsweise beträgt die Bandbreite 30 MHz oder mehr, beispielsweise 50 oder 100 MHz, um eine Nyquist-Kanalform zu bilden oder ein Linearphasentiefpaßfilter mit folgender Betragsantwortsymmetrie: $|H(f)| = 1 - |H(F(\text{sample-f}))|$ für $0 < f < F_{\text{sample}}$, wobei F_{sample} die gemultiplexte Abtastrate ist (beispielsweise 96 MHz). In der Praxis ist $H(F)$ eine Näherung an einen Nyquist-Kanal, und Fehler werden über den digitalen Equalizer **46** korrigiert.

[0043] Das Puffer **42** enthält einen Verstärker und andere analoge Komponenten zur Pufferung von Signalen, die in den Analog/Digital-Wandler **44** eingegeben werden. Das Puffer **42** liefert unabhängig von dem Typ der Daten oder des Datenformats, das verwendet wird, gleiche Eigenschaften, kann jedoch programmierbare Eigenschaften aufweisen, die als Funktion des Datenformats variieren. Beispielsweise können von dem Puffer **42** für gemultiplexte Daten schnellere Anstiegsraten (slew-rate) erforderlich

sein. Eine programmierbare Anstiegsratenbegrenzung kann verwendet werden, um Energie im nicht gemultiplexten Modus zu sparen.

[0044] Der Analog/Digital-Wandler **44** tastet die analogen Signale ab und gibt digitale Darstellungen in irgendeinem von verschiedenen bereits bekannten Codes oder zukünftig entwickelten Codes aus. Für Daten, die ein einzelnes Element **24** repräsentieren, tastet der Analog/Digital-Wandler **44** die Daten in Antwort auf einen eingegebenen Takt ab, ohne sich jedoch auf andere Zeitgebungsinformation zu beziehen. Für zeitgemultiplexte Daten wird der A/D-Wandler takteingang mit dem Multiplexer **26** synchronisiert. Die Synchronisation erlaubt eine saubere Trennung der Signale von den unterschiedlichen Elementen **24**, mit minimierter Kreuzsignalschnittstelle (Cross-Signal-Interface).

[0045] Die digitalisierten Abtastwerte werden an einen adaptiven digital Equalizer **46** geliefert. Der digitale Equalizer **46** weist ein programmierbares endliches Impulsantwortfilter auf, beispielsweise durch die Verwendung eines Schieberegisters **54**, von Multiplizierern **56** und eines Summierers **58** implementiert. In alternativen Ausführungsbeispielen wird ein Prozessor oder eine andere Vorrichtung verwendet, um den Equalizer **46** zu implementieren. Der digitale Equalizer **46** filtert zeitgemultiplexte Information, um Inter-Symbol-Interferenz (auch Zwischensymbolinterferenz genannt) zu entfernen. Die Filterkoeffizienten, die für die Multiplizierer **56** verwendet werden, basieren auf einer Transferfunktion oder einer Erzeugung von Zwischensymbolinterferenz von dem Element **24** über verschiedene Stufen oder Komponenten der Empfangsschaltung **14**, die mit dem analogen Signal arbeitet. Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die Filterkoeffizienten programmierbar, um Adaptionen oder Änderungen der Übertragungsfunktion zu erlauben. Die Koeffizienten werden in Antwort auf ein Testsignal ausgewählt oder einer anderer Datenverarbeitung, die detektierte Differenzen in der Übertragungsfunktion berücksichtigt, beispielsweise erzeugt durch unterschiedliche Sonden **18**, unterschiedliche Verarbeitungscharakteristiken der analogen Komponenten der Empfangsschaltung **14** oder Änderungen aufgrund der Zeit und Temperatur. Für Signale, die ein einzelnes Element **24** repräsentieren oder multiplex freie Signale läßt der digitale Equalizer **46** die Signale durch, so dass keine Verzögerung in einer einzelnen Stufe gebildet wird, mit einem Multipliziererkoeffizienten von eins.

[0046] Der Demultiplexer **48** weist einen digitalen Demultiplexer auf, beispielsweise ein Netzwerk von Schaltern, um Signale von verschiedenen Zeitschlitzen in einem Rahmen einer Zeitmultiplexinformation zu trennen. Der Demultiplexer **48** arbeitet als konditionaler Demultiplexer. Die empfangenen Signale werden digital degemultiplext. Der Demultiplexer gibt beispielsweise Signale von unterschiedlichen Elementen **24** auf unterschiedlichen Ausgängen zur Strahlformation und anderer Bildverarbeitung durch

den Bildprozessor **16** aus. Für herkömmliche Signale oder multiplex freie Signale liefert der Demultiplexer **48** die Information an den Bildprozessor **16** zur Strahlformation.

[0047] Der optionale Analyseprozessor **50** weist einen digitalen Signalprozessor auf, einen allgemeinen Prozessor, einen ASIC, analoge Komponenten, digitale Komponenten und Kombinationen davon, um den A/D-Wandler **44** mit dem Multiplexer **26** zu synchronisieren, oder Koeffizienten für den digitalen Equalizer **46** auszuwählen. Der Analyseprozessor **50** arbeitet auf ein Testsignal. Die Sondensteuerung **28** veranlaßt den Multiplexer **26**, ein bekanntes oder vorbestimmtes digitales oder analoges Testsignal über das Kabel **22** und die Empfangsschaltung **14** an den Analyseprozessor **50** zu übertragen.

[0048] Das Testsignal wird als Teil einer Kalibrierfunktion übertragen, beispielsweise in Antwort auf eine Benutzereingabe oder einer Verbindung der Sonde **18** mit dem Anschluß **32**. Die Basiseinheit **12b** befiehlt oder die Sondensteuerung **28** erzeugt automatisch die Testsignale. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden die Testsignale periodisch gesendet. Ein Testsignal wird beispielsweise in einer Präambel oder einem Header jedes Rahmens der zeitgemultiplexten Information gesendet. Die Synchronisation und/oder die adaptive Ausgleichung (Entzerrung) werden in Antwort auf das periodische Senden der Testsignale geliefert. Für eine Stabilität minimieren sich einige phasensensitive Erfassungssequenzen, beispielsweise die Erfassung für Doppelerverarbeitung oder liefern Adaption oder Änderungen der Phasenlage durch Synchronisation oder Entzerrung.

[0049] Das Multiplexen und/oder das Verarbeiten der Empfangssignale wird in Antwort auf die Analyse des Testsignals ausgelegt. Beispielsweise ist der Betrieb des Multiplexers **26** für die Operation des A/D-Wandlers **44** ausgelegt, indem Taktsignale synchronisiert werden. Der Analyseprozessor **50** wählt eine auswählbare Verzögerung **52** für die Phasenlage des Taktsignals, das dem Multiplexer **26** bereitgestellt wird, in Hinblick auf den A/D-Wandler **44**. Feste Verzögerungen in Taktgeberschaltkreisen, variable Verzögerungen aufgrund von Taktsignaleweglängen, Multiplexerschaltungsverzögerungen, Multiplexersignaleweglänge, Gruppenverzögerungen und Verstärker- und Digitalisierungsverzögerungen verursachen eine Versetzung, was zur Folge hat, dass Signale von verschiedenen Elementen **24** durch den A/D-Wandler **44** gemischt werden. Die Versetzungen können als Funktion der Sonde **18**, der Empfangsschaltungskonfiguration, der Zeit, der Temperatur und der Verarbeitungen variieren. Der Analyseprozessor **50** bestimmt den Beginn jedes Rahmens, indem ein bekanntes Muster oder das Testsignal detektiert wird. Durch Verwendung der auswählbaren Verzögerung **52** werden die Phasen der Taktsignale, die an den A/D-Wandler **44** und den Multiplexer **26** angelegt werden, synchronisiert. Gemäß alternativen Ausführungs-

rungsbeispielen wird das A/D-Wandlertaktsignal relativ zu dem Taktsignal, das an den Multiplexer **26** geliefert wird, abgestimmt, oder eine Gruppe oder Untergruppen von Empfangsschaltungen **14** werden verwendet, um die Phase eines Taktsignals, das mehr als einen Multiplexer **26** gemeinsam ist, relativ zu einem anderen Taktsignal, das mehr als einem A/D-Wandler **44** gemeinsam ist, zu bestimmen. Die adaptive Takteinstellungen vereinfachen die Multiplexsteuerschaltung und Schnittstelle zwischen der Empfangsschaltung **14** und der Sonde **18**. Eine Taktleitung oder ein Kabel **22** ist ohne zusätzliche oder separate Phasenlageinformation bereitgestellt. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden separate Takt- und Phasensignale an die Sondensteuerung **28** geliefert.

[0050] Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird die Verarbeitung durch die Empfangsschaltung **14** geändert oder ist als Funktion des Testsignals durch den Analyseprozessor **52** einstellbar. Der Analyseprozessor **50** wählt beispielsweise Koeffizienten von einer Nachschlagtabelle aus, oder berechnet Koeffizienten zur Verwendung durch den digitalen Equalizer **46**. Der digitale Equalizer liefert einen Symbolabgleich oder entfernt Zwischensymbolinterferenzen. Der Analyseprozessor **50** vergleicht ein bekanntes oder gespeichertes Testsignal mit dem empfangenen Testsignal. Differenzen zwischen dem empfangenen Testsignal und dem gespeicherten Testsignal werden zur Auswahl der Koeffizienten verwendet. Die Koeffizienten werden derart ausgewählt, dass die Empfangssignale unverzerrt sind, oder dass Zwischensymbolinterferenzen entfernt oder reduziert sind. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden Ergebnisse von mehr als einem Analyseprozessor **50** verwendet, um Koeffizienten zur Verwendung mit dem digitalen Equalizer **46** auszuwählen.

[0051] Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Empfangsschaltung **14** einen Sendeempfangsschalter auf. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen, die im folgenden diskutiert werden, ist kein Sende- und Empfangsschalter bereitgestellt.

[0052] **Fig. 2** zeigt ein Flussdiagramm gemäß einem Ausführungsbeispiel für den Betrieb des Systems **10** gemäß **Fig. 1**. In Schritt **70** wird eine von verschiedenen möglichen Sonden **18, 20** mit einer Basisinheit **12** verbunden. Eine der Sonden **18, 20** wird ausgewählt und an den Anschluß **32** angeschlossen. Beispielsweise wünscht ein Benutzer eine dreidimensionale Herzabbildung, so dass eine zweidimensionale Anordnung von Elementen in der Sonde **18**, die mit einem Zeitmultiplexen in Zusammenhang steht, verbunden wird.

[0053] Für Sonden, die mit einem Multiplexen in Zusammenhang stehen, wird ein Testsignal in Schritt **72** übertragen. Das Multiplexen oder das Verarbeiten wird in Antwort auf das Testsignal angepaßt. Für multiplex freie Daten ist Schritt **72** optional oder nicht bereitgestellt. Das Testsignal wird in Antwort auf die Verbindung der Sonde **18** gesendet, in Antwort auf

Steuersignale von der Empfangsschaltung **14**, in Antwort auf eine Benutzereingabe, automatisch oder periodisch. Ein Testsignal wird beispielsweise als Teil eines Anfangskalibrierprozesses oder periodisch in dem Header des ersten Zeitschlitzes oder eines anderen Zeitschlitzes jedes Rahmens in der Zeitmultiplexinformation gesendet. Das empfangene Testsignal wird mit einem erwarteten Testsignal verglichen. In Antwort auf den Vergleich werden Equalizerkoeffizienten (Entzerrerkoeffizienten) oder eine andere Verarbeitung der Empfangsschaltung angepaßt oder geändert. Zusätzlich oder alternativ wird die Zeitgebung des Testsignals identifiziert und auswählbare Verzögerungen für die Synchronisation des A/D-Wandlers **44** mit dem Multiplexer **26** bestimmt.

[0054] In Schritt **74** ist die Empfangsschaltung **14** konfiguriert, um unterschiedliche Charakteristiken als eine Funktion des Typs der Sonde oder des Formats der von der Sonde **18, 20** empfangenen Daten, die mit der Empfangsschaltung **14** verbunden ist, aufzuweisen. Wenn das Datenformat den mehreren Elementen entspricht, beispielsweise zeitmultigeplexe Daten, wird die Information in Antwort auf eine verschiedene Impedanz, Gewinn, Filterung, Entzerrung, A/D-Wandlung oder anderen Prozessen verarbeitet als Daten, als für Daten, die mit einem einzelnen Element in Zusammenhang stehen oder frei von Zwischenschaltkreisen in der Sonde **20** sind. Irgendeine oder eine Kombination von zwei oder mehreren verschiedenen Eigenschaften kann als Funktion des Datenformats geändert werden. Zusätzliche oder unterschiedliche Charakteristiken können auch oder alternativ geändert werden. Schritt **74** kann vor oder nach Schritt **72** durchgeführt werden.

[0055] Die analoge Information wird dann digitalisiert. Für eine Zeitmultiplexinformation wird der A/D-Wandler **44** mit der gemultiplexten Information synchronisiert. Die gemultiplexte Information wird dann für eine Strahlformation oder für andere Bildverarbeitungen degemultiplext.

SENDE- UND EMPFANGSISOLATION

[0056] Ein Transducerelement **24** kann verwendet werden, um den Sendekanal vom Empfangskanal in jeder der Sonden **18, 20**, wie oben diskutiert, oder einer anderen Sonde zur Verwendung mit verschiedenen Empfangsschaltungen, zu isolieren. Obwohl für Einzelelemententransducer von Nutzen, sind lineare Anordnungen, oder andere Anordnungen mit begrenzten oder keinen Sende- oder Empfangsschaltkreisen innerhalb der Sonde, die ein Transducerelement **24** zur Isolation des Sende- und Empfangskanals verwenden, insbesondere für mehrdimensionale Transduceranordnungen von Nutzen, bei denen mindestens ein Teil der Sende- und/oder Empfangsschaltkreise innerhalb der Sonde gebildet ist, wie oben für die Zeitmultiplexsonde **18** diskutiert. Eine vollbesetzte mehrdimensionale Transduceranordnung erfordert eine große Anzahl von Sende- und

Empfangskanälen. Durch das Anordnen von Sende- und Empfangsschaltungen innerhalb der Sonde und durch Bereitstellen eines Multiplexers, wird die Anzahl an Kabeln **22** oder Kanälen von der Sonde **18** zu der Basiseinheit **12** minimiert. Die Sende- und Empfangsschaltung existiert dann jedoch auf kleinem Raum, wodurch es schwierig wird, die Empfangsschaltungen von den hohen Spannungen der Sende- schaltungen zu isolieren. Hochspannungsschalter, beispielsweise Schalter, die einer 200 Volt Rückwärtsspannung standhalten, sind schwierig mit anderen Empfangsschaltungen zu integrieren, beispielsweise einem Multiplexer. Das Hochspannungssende-/Empfang-Schalten wird durch das Transducerelement ersetzt, um den Sendekanal vom Empfangskanal zu isolieren.

[0057] **Fig. 3** zeigt ein Transducerelement **24** zur Isolation oder Separation eines Sendewegs **62** und eines Empfangswegs **64**. Eine direkte Verbindung zwischen dem Sendeweg **62** und dem Empfangsweg **64** wird vermieden. Das Element **24** isoliert die Wege **62**, **64**, um eine Hochspannungsübertragung zu ermöglichen, ohne den Empfangsweg **64** der Hochspannung zu unterziehen. In diesem Ausführungsbeispiel sind Hochspannungsvorrichtungen als Teil des Sendewegs **62** gebildet, jedoch nicht als Teil des Empfangswegs **64**. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen sind Hochspannungsvorrichtungen auf dem Empfangsweg **64** gebildet.

[0058] Das Element **24** weist eines von einer Mehrzahl von Elementen in einer mehrdimensionalen oder linearen Anordnung auf. Eine 1,5-dimensionale oder 2-dimensionale Anordnung kann als mehrdimensionale Anordnungen eines $N \times M$ Gitters von Elementen dargestellt werden, wenn N und M größer als 1 sind. Für mehrdimensionale Anordnungen können die Elemente klein sein oder eine hohe Impedanz aufweisen, verglichen mit Elementen **24** einer linearen Anordnung. Parasitäre Lasten, die mit einem Kabel **22** in Zusammenhang stehen, fehlen ebenfalls oder sind zur Verwendung mit einem Multiplexer und der Sonde **18** reduziert. Im Vergleich zu einer geringeren Impedanz können ein kleinerer Sendeimpulsgeber und sehr wenig Energie aufnehmende Vorverstärker für die hohe Elementenimpedanz verwendet werden.

[0059] Das Element **24** weist zwei Elektroden **80** und **82** auf. Die Elektroden **80** und **82** befinden sich auf gegenüberliegenden Seiten des Elements **24**, beispielsweise oben und unten auf dem Element in einer Reichweitenrichtung. Die Elektrode **80** weist keine elektrische Verbindung mit der Elektrode **82** auf. Separate Signalverläufe enthalten die Elektroden **80** und **82** oder sind mit diesen verbunden. Jedes Element **24** ist mit zwei oder mehreren separaten Signalverläufen für damit in Zusammenhang stehende separate Elektroden **80**, **82** verbunden. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen teilen sich zwei oder mehrere Elektroden den gleichen Signalverlauf. Eine Elektrode **80** verbindet den Sendeweg **62** und die an-

dere Elektrode **82** verbindet den Empfangsweg **64**. Das Element **24** ist frei von einer elektrischen Verbindung direkt mit Masse, wie beispielsweise durch eine Elektrode gebildet, die direkt mit Masse verbunden ist.

[0060] Der Sendeweg **82** ist mit der Elektrode **80** zum Anlegen einer Sendewellenform an das Element **24** verbunden. Der Sendeweg **62** enthält mindestens einen Signalverlauf zu dem Element **24** innerhalb der Sonde **18**. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen sind zusätzliche Sendeschaltkreise, beispielsweise ein Wellenformgenerator **84**, ein Schaltertreiber **87** und eine Steuerung **88** in dem Sendeweg **62** und innerhalb der Sonde **18** integriert. Gemäß alternativem Ausführungsbeispielen sind die Steuerung **88**, der Treiber **87**, der Wellenformgenerator **84** oder Kombinationen davon außerhalb der Sonde **18** angeordnet, beispielsweise innerhalb der Basiseinheit **12**.

[0061] Der Wellenformgenerator **84** enthält einen oder mehrere Hochspannungstransistoren, beispielsweise FET-Transistoren, zur Erzeugung von unipolaren, bipolaren oder sinusförmigen Wellenformen. Ein Ausführungsbeispiel eines Sendewellenformgenerators **84** zur Erzeugung einer unipolaren Wellenform ist in **Fig. 4** gezeigt. Zwei Hochspannungstransistoren **86**, beispielsweise CMOS FET Transistoren, die mindestens 200 Volt standhalten können, sind in Reihe zwischen eine Spannungsquelle und Masse geschaltet. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist ein Transistor einen PFET auf und der andere Transistor einen NFET. Die Transistoren **86** dienen dazu, eine unipolare Wellenform an die Elektrode **80** auf eine hohe Spannung (High-Pegel) und Masse zu steuern. Da der Sendewellenformgenerator **84** eine Schaltermodusvorrichtung aufweist, ist der Leistungsverlust minimal. Diese Schaltung für jedes Element **24** verwendet ungefähr 0,2 mm² des DIE-Bereichs. Für eine zweidimensionale Anordnung von 1536 Elementen werden ungefähr 307 mm² des DIE-Bereichs verwendet. Andere Integrationsformate können geliefert werden, beispielsweise das Bilden von Gruppen von Hochspannungs-FET-Transistoren in kleineren ASIC (Application Specific Integrated Circuits)-Bauelementen. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden andere Vorrichtungen, beispielsweise D/A-Wandler zur Wellenformerzeugung verwendet.

[0062] **Fig. 5** zeigt ein Netzwerk von Transistoren **86** zur Erzeugung einer bipolaren Wellenform. Vier Transistoren **86** erlauben die Erzeugung einer bipolaren Wellenform, die mit einer positiven Spannung, einer negativen Spannung oder einer Nullspannung endet. Drei Transistoren **86** können verwendet werden, wenn die bipolare Wellenform in der Lage ist, nur bei einer Polarität zu enden, beispielsweise als positive Spannung. Von den Transistoren können Q1 und Q2 gemäß den **Fig. 4** und **5** eine integrale Rückwärtsdiode von dem Drain-Anschluß zum Source-Anschluß aufweisen, jedoch verhindern die Transistoren Q3 und Q4 die Rückwärtsdiodenkonfigurati-

on, um eine Verbindung durch die Dioden zu verhindern. Andere Konfiguration und Netzwerke von Transistoren **86** können verwendet werden.

[0063] Jeder der Transistoren **86** ist mit einer Referenzspannung verbunden, beispielsweise einer positiven Spannung, einer negativen Spannung oder Masse. Wie in **Fig. 4** gezeigt, ist ein Transistor **86** mit Masse verbunden und der andere Transistor **86** ist mit einer positiven Spannung oder einer negativen Spannung verbunden. Wie in **Fig. 5** gezeigt, sind zwei Transistoren **86** mit Masse verbunden, ein Transistor ist mit einer positiven Spannung verbunden und der andere Transistor ist mit einer negativen Spannung verbunden.

[0064] Der Treiber **87** weist einen Transistor auf oder einen FET-Treiber zur Steuerung des Betriebs des Wellenformgenerators **84**. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen können andere Treiberbauteile verwendet werden. Der Treiber **87** ist als Teil eines ASIC-Bauelements integriert ausgebildet, kann jedoch separate Vorrichtungen oder einen allgemeinen Prozessor aufweisen. Der Treiber **87** ist betreibbar, um Spannungsänderungen für den Betrieb der Transistoren **86** zu liefern. Beispielsweise wird der Transistor Q2 gemäß **Fig. 4** durch Anlegen eines 10 Volt oder 0 Volt Signals von dem Treiber **87** angesteuert. Der Transistor Q1 wird durch Anlegen eines 200 Volt oder 190 Volt Signals von dem Treiber **87** gesteuert.

[0065] Die Steuerung **83** weist einen allgemeinen Prozessor, analoge Komponenten, digitale Komponenten, ein ASIC-Bauelement oder Kombinationen davon auf, um einen oder mehrere Treiber **87**, die mit einem oder mehreren Elementen **24** in Zusammenhang stehen, zu steuern. Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Steuerung **88** auf dem gleichen ASIC wie der Treiber **87** integriert gebildet, kann jedoch eine separate Vorrichtung sein. Die Steuerung **88** gibt binäre Signale aus, um den Betrieb des Treibers **87** und den Wellenformgenerator **84** zu steuern. Gemäß einem Ausführungsbeispiel extrapoliert die Steuerung **88** Sendekonfigurationen oder Wellenformparameter oder wählt diese aus, für die Gesamtanordnung oder für eine Nebenanordnung, basierend auf einfachen Steuersignalen, die von außerhalb der Sonde **18** geliefert werden. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen ist die Steuerung **88** außerhalb der Sonde angeordnet.

[0066] Der Empfangsweg **64** weist zumindestens einen einzelnen Signalverlauf auf, der mit der Elektrode **82** verbunden ist, auf einer dem Sendeweg **62** gegenüberliegenden Seite des Elements **24**. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen weist der Empfangsweg **64** eine oder mehrere Dioden **90**, **92**, einen Vorverstärker **94** und einen Multiplexer **96** auf. Darüber hinaus können andere oder weniger Schaltungen als Teil des Empfangsweges **64** gebildet sein, beispielsweise ein Filter. Die Elektronik braucht kein explizites Filter in der Sonde aufweisen, wenn das Transducer-element selbst ausreichend ist und/oder die natürli-

che Tiefpaßantwort des Verstärkers ausreichend ist, um das Empfangssignal zu filtern. Der Empfangsweg ist innerhalb der Sonde **18** mit dem Element **24** gebildet. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen ist kein Multiplexer gebildet und der Vorverstärker **94** ist in der Basiseinheit **12** von der Sonde **18** getrennt oder in der Sonde **18** ausgebildet. Ein Kabel **22** verbindet den Empfangsweg **64** mit der Basiseinheit **12**. [0067] Die Dioden **90** und **92** weisen Schottky-Dioden und andere Hochstrom-Niederspannungsdiodenvorrichtungen auf. Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die Dioden **90** und **92** frei von einem Ruheenergieverlust. Jede der Dioden **90** und **92** ist mit einer entgegengesetzten oder unterschiedlichen Polarität mit Masse verbunden. Die Dioden **90** und **92** weisen eine Klemmdiode auf, um Spannungsschwingungen auf dem Empfangsweg **64** an der Elektrode **82** zu begrenzen. Beispielsweise begrenzen die Dioden **90** und **92** Spannungsübergänge auf zwischen plus/minus 0,2 bis 0,7 Volt. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden Transistoren oder andere Vorrichtungen zur Begrenzung der Spannung an der Elektrode **82** verwendet.

[0068] Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die Dioden **90** und **92** in einem ASIC-Bauelement mit Vorverstärkern und Multiplexerschaltungen **94** und **96** integriert ausgebildet. Andere Integrationsformate können verwendet werden, beispielsweise diskrete Diodenanordnungen und separate Vorverstärker/Multiplexer-Schaltungen in kleineren ASIC-Bauelementen.

[0069] Der Vorverstärker **94** weist einen oder mehrere Transistoren auf, um ein Signal von der Elektrode **82** zu verstärken. Ein Differenzial-BJT-Paar mit Stromausgängen wird beispielsweise gebildet, indem ein 7-Volt-BiCMOS-Prozeß oder ein anderer Transistorprozeß verwendet werden. Die Verwendung von 20 µA pro Kanal mit einer 5-Volt-Versorgung erlaubt einen Verbrauch von 0,1 Milliwatt pro Kanal. Andere Vorverstärker mit anderem Leistungsverbrauch und anderen Komponenten und Charakteristiken können verwendet werden. Der Vorverstärker **94** kann alternativ oder zusätzlich einen Zeit- oder Tiefengewinnsteuerungsverstärker (time- oder depth gain control) oder ein Filter aufweisen. Für einen Zeitgewinnsteuerungsverstärker, der in der Sonde **18** integriert ausgebildet ist, kann eine wenig energieverbrauchende Vorrichtung verwendet werden, um einen Teil, jedoch nicht die gesamte Zeitgewinnkompensation vorzunehmen. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen wird ein größerer oder mehr Energie verbrauchender variabler Verstärker gebildet.

[0070] Der Multiplexer **95** weist ein Netzwerk von Schaltern auf, beispielsweise Transistoren und analoge Abtast- und Halteschaltungen zum Multiplexen der Signale einer Mehrzahl von Sendewegen **64** auf ein Kabel **22**. Beispielsweise ist der Multiplexer **96** ein 8:1 Multiplexer, um Signale von acht unterschiedlichen Elementen **24** in einen Rahmen von analoger Information zu multiplexen. Gemäß einem Ausführungs-

rungsbeispiel ist der Multiplexer **96** betreibbar, um 12 MSPS für jeden Empfangsweg **64** für insgesamt 96 MSPS für acht Empfangswege **64** zu liefern. Die Schaltung des Empfangsweges **64** ist frei von Hochspannungsvorrichtungen und kann in ein ASIC-Bauelement oder eine andere allgemeine Schaltung in einem kleinen Raum innerhalb der Sonde **18** integriert ausgebildet werden.

[0071] Das Verbinden des Sendeweges **62** und des Empfangsweges **64** mit gegenüberliegenden Elektroden **80** und **82** isoliert jeweils die Hochspannungen und Hochspannungsvorrichtungen des Sendeweges **62** von den Niederspannungsvorrichtungen des Empfangsweges **64**. **Fig. 6** zeigt ein Flussdiagramm gemäß einem Ausführungsbeispiel zum Senden und Empfangen unter Verwendung des Elements **24** gemäß **Fig. 3**. In Schritt **100** wird eine Hochspannungsendewellenform an das Transducerelement **24** geliefert und die Spannung im Empfangsweg **64** wird in Schritt **102** begrenzt. Anschließend wird die Spannung auf dem Sendeweg **62** in **106** begrenzt und Echosignale werden auf dem Empfangsweg **64** in Schritt **104** empfangen.

[0072] Der Sende- und Empfangsbetrieb des Elements **24** ist frei von Schaltern, um zwischen dem Sendeweg **62** und dem Empfangsweg **64** auszuwählen. In Antwort auf Steuersignale von der Steuerung **88** veranlaßt die Treiberschaltung **86**, den Wellenformgenerator **84** dazu, eine Hochspannung (beispielsweise 200 Volt) Sendewellenform in Schritt **100** zu erzeugen. Wenn der Wellenformgenerator **84** innerhalb der Sonde **18** positioniert ist, wird die Sendewellenform innerhalb der Sonde **18** erzeugt. Die Sendewellenform wird an eine Elektrode **80** des Elements **24** angelegt. Die Spannung der anderen Elektrode ist begrenzt und dient in Schritt **102** im wesentlichen als Masse oder DC Referenz. Die Dioden **90** und **92** klemmen die Spannung des Empfangsweges **64**, der mit der Elektrode **82** verbunden ist, innerhalb eines kleinen Spannungsbereichs, verglichen mit der Hochspannung der Sendewellenform. In Antwort darauf erzeugt das Element **24** ein akustisches Signal aufgrund der Potentialdifferenz über den Elektroden **80** und **82**. Das Element **24** isoliert auch den Sendeweg **62** vom Empfangsweg **64**, wodurch ohne Hochspannungsschalten eine Beschädigung des Empfangsschaltkreises verhindert wird.

[0073] Für einen nachfolgenden Empfangsbetrieb im Schritt **104** wird die Spannung am Sendeweg **62** begrenzt. Gemäß einem Ausführungsbeispiel verbindet ein Transistor **86** des Wellenformgenerators **84** eine Masse- oder Referenzspannung mit der Elektrode **80**. Beispielsweise wird Q2 des Wellenformgenerators **84**, wie in **Fig. 4** gezeigt, "ein"-geschaltet, um die Elektrode **80** zu erden. Gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel wird eine andere Referenzspannung, beispielsweise eine positive Spannung, die an Q1 angelegt wird, mit der Elektrode **80** verbunden, um die Spannungsschwingung oder -änderung an der Elektrode **80** zu begrenzen. Wenn die Spannung

des Sendeweges und der damit in Verbindung stehenden Elektrode in Schritt **106** begrenzt wird, werden elektrische Signale an der Elektrode **82** in Antwort auf akustische Echosignale erzeugt, die von dem Element **24** in Schritt **104** empfangen worden sind. Da die empfangenen elektrischen Signale klein sind, beispielsweise kleiner als 0,2 Volt, verhindern die Dioden **90** und **92** die Einführung von Rauschen in das Empfangssignal oder das Abschneiden des Empfangssignal. Das Empfangssignal wird verstärkt, gefiltert, gemultiplext oder anderweitig verarbeitet, für eine Übertragung über das Kabel **22** an die Basiseinheit **12**. Der Verstärker **94** führt beispielsweise eine Vorverstärkung der Signale durch und stellt den Gewinn der elektrischen Signale als Funktion der Zeit ein. Der Multiplexer **96** multiplext die elektrischen Signale mit anderen elektrischen Signalen in Antwort auf unterschiedliche Transducerelemente **24**. Die gleiche Verarbeitung wird für Empfangskanäle **64**, die mit anderen Elementen **24** in Verbindung stehen, wiederholt. Die Sende- und Empfangsoperationen werden durchgeführt, ohne Auswahl zwischen dem Sende- und Empfangsweg, zur Verbindung mit einer Elektrode. Jede der Sende- und Empfangswege **62** und **64** dient dazu, eine Elektrode **80**, **82** mit Masse zu verbinden, oder jeweils auf einer Referenzspannung während des Empfangens und des Sendens zu halten.

[0074] Durch Verwendung des Wellenformgenerators **84**, wie in **Fig. 4** gezeigt, können unipolare Wellenformen erzeugt werden, die entweder bei der Nullspannung oder einer positiven Spannung enden. Der Unipolarwellenformgenerator **84** kann bei einem positiven oder bei einem Null Spannungszustand enden, ohne die Schaltung zu zerstören. Ein alternatives Ausführungsbeispiel kann eine Unipolarwellenformzeugung zwischen Null und einer negativen Spannung erlauben, indem die NMOS- und PMOS-Vorrichtungen vertauscht werden und eine negative Energieversorgung verwendet wird. In jedem Fall wird eine Niederimpedanzbedingung gebildet, wenn die unipolare Sendewellenform bei 0 Volt oder einer anderen Spannung endet.

[0075] **Fig. 7** zeigt zwei spiegelsymmetrische unipolare Wellenformen **108** und **110**. Die erste unipolare Wellenform **108** beginnt bei einem Niederzustand (Low) oder Nullspannungspegel, weist einen positiven Spannungsimpuls auf, kehrt zu einem Nullspannungspegel zurück und endet dann bei einem High-Zustand oder positiven Spannungspegel. Die nachfolgende unipolare Wellenform **110** beginnt bei einem High-Zustand oder bei einer positiven Spannung und endet bei einem Low-Zustand oder einer Nullspannung. Da eine Wellenform bei einer höheren Spannung beginnt und bei einer geringeren Spannung endet, und die andere Wellenform **108** bei der niedrigeren Spannung beginnt und bei der höheren Spannung endet, mit der gleichen Anzahl an Zyklen, summieren sich die zwei Wellenformen im wesentlichen auf einen Nullwert. Im wesentlichen deshalb,

aufgrund von Differenzen in der Anstiegs- und Abfallzeit der Transistoren **86** und aufgrund anderer Differenzen in Eigenschaften, die Sendewellenformen verwenden, beginnend bei unterschiedlichen Spannungen. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen ist der High-Zustand eine Nullspannung und der Low-Zustand ist eine negative Spannung.

[0076] Die Spiegelsymmetriefähigkeit des Unipolarwellenformgenerators **84** erlaubt ein Abbilden der Gewebe-Harmonischen oder anderen Harmonischen unter Verwendung der Phaseninversion mit Unipolarwellenformen. Da sich akustische Energie, die auf Sendewellen reagiert, innerhalb des Gewebes ausbreitet und streut, wird eine Energie bei zweiten Harmonischen oder bei anderen Harmonischen der Grundsendefrequenz erzeugt. Die Empfangssignale, die auf jede der Unipolarwellenformen antworten, enthalten Information bei den Grundfrequenzen sowie bei den harmonischen Frequenzen. Wenn die Empfangssignale, die auf die phaseninvertierten Sendeunipolarwellenformen reagieren, kombiniert oder addiert werden, wird Information bei den Grundfrequenzen gelöscht, wodurch Information bei den harmonischen Frequenzen verbleibt.

[0077] Harmonisches Abbilden in Antwort auf eine Phaseninversion der Sendewellenformen wird bereitgestellt, indem einfache Unipolarwellenformen verwendet werden. Die Transistoren **86**, die zur Erzeugung der Unipolarwellenform verwendet werden, sind ausgelegt, um Fehlabbildungen der Anstiegszeit und der Abstiegszeit zu vermeiden, wodurch die Summe an harmonischer Information, die durch den Wellenformgenerator **84** eingebracht wird, minimiert wird. Das Material des Elements **24** hat eine hochpolige Spannung gemäß einem Ausführungsbeispiel, um Operationsdifferenzen oder Empfangsfehlabweichungen aufgrund der Anfangserzeugung bei zwei unterschiedlichen DC-Vorspannungspunkten (beispielsweise 0 und +V) zu minimieren. Das Senden eines phaseninvertierten unipolaren Impulses kann mit Systemen verwendet werden, die einen Übertragungskanal innerhalb der Basiseinheit oder innerhalb der Sonde aufweisen, und mit Systemen, die Sende- und Empfangsschaltkreise verwenden.

SENDEIMPULSGEBER MIT EMPFANGSVORSTÄRKERKOPPLUNG

[0078] Ein Sendeimpulsgeber, der mit einem Empfangsvorverstärker ohne einem bestimmten Sende- und Empfangs-Routingschaltkreisen verbunden ist, kann in jeder der Sonden **18**, **20**, wie oben diskutiert, oder in einer anderen Sonde zur Verwendung mit unterschiedlichen Empfangsschaltkreisen verwendet werden. Obwohl nützlich für einzelne Transducerelemente, lineare Anordnungen oder Anordnungen mit begrenztem oder keinem Sende- oder Empfangsschaltkreis innerhalb der Sonde, ist die Verwendung des Sendeimpulsgebers, der direkt mit dem Empfangsschaltkreis verbunden ist, insbesondere nützlich

für mehrdimensionale Transduceranordnungen mit mindestens einem Teil der Sende- und/oder Empfangsschaltung, die innerhalb der Sonde angeordnet ist, wie beispielsweise im vorangegangenen für die Zeitmultiplexsonde **18** diskutiert worden ist. Eine vollständig besetzte mehrdimensionale Transduceranordnung erfordert eine große Anzahl von Sende- und Empfangskanälen. Durch Platzieren der Sende- oder Empfangsschaltung innerhalb der Sonde und durch Bereitstellen eines Multiplexverfahrens kann die Anzahl an Kabeln **22** oder Kanälen von der Sonde **18** zur Basiseinheit **12** minimiert werden. Die Sende- und Empfangsschaltung befindet sich dann jedoch in einem kleinen Raum, der eine Isolation der Empfangsschaltungen von den Hochspannungen der Sendeschaltungen erschwert. Hochspannungsschalter, beispielsweise Schalter, die einer Rückwärts-Spannung von 200 Volt standhalten können, sind schwierig mit anderen Empfangsschaltungen zu integrieren, beispielsweise mit einem Multiplexer. Hochspannungssende- und -empfangsschaltungen wird ersetzt durch den Sendeimpulsgeber, der direkt mit der Empfangsschaltung verbunden ist, um die Hochspannungssendevorrichtungen von den Niederspannungsempfangsvorrichtungen zu isolieren.

[0079] **Fig. 12** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Sendeimpulsgebers **300** mit einer verbundenen Empfangsschaltung. Das Hochspannungssenden erfolgt derart, dass die Empfangsschaltung keiner Hochspannung unterzogen wird, aufgrund des Diodenklemmens der Empfangsvorverstärkereingänge. Der Sendeimpulsgeber **300** weist einen Quadruplex oder eine H-Brücke von Schaltern oder Transistoren **86** um ein Transducerelement **24** herum auf. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden unterschiedliche Transistoren oder andere Typen von Schaltern für einen oder mehrere oder alle Transistoren **86** verwendet. Zwei der Transistoren **86** (beispielsweise Q2 und Q4) sind von verschiedenen Elektroden **80**, **82** des Transducerelements **24** mit der Energiequelle **302** verbunden. Zwei andere Transistoren **86** (beispielsweise Q1 und Q3) sind von unterschiedlichen Elektroden **80**, **82** mit unterschiedlichen Eingängen des Differenzempfangsvorverstärkers **94** verbunden. Die Transistoren **86**, die beide eine Verbindung mit der Energiequelle **302** oder verschiedenen Energiequellen aufweisen, sind gemäß einem Ausführungsbeispiel abgestimmte Transistoren **86**. Die Transistoren **86**, die beide in Verbindung mit dem Empfangsvorverstärker **94** sind, sind ebenfalls abgestimmte Transistoren **86**. Die Transistoren Q2 und Q4 sind beispielsweise P-Kanal Hochspannungs-FET, PNP-Hochspannungsbipolar- oder andere Transistoren oder Schalter mit einer Spannungsfestigkeit von mindestens 100 Volt, und die Transistoren Q1 und Q3 sind N-Kanal Hochspannungs-FET, NPN-Hochspannungsbipolar- oder andere Transistoren oder Schalter mit einer Spannungsfestigkeit von mindestens 100 Volt. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden keine abgestimmten Paare

von Transistoren **86** verwendet, beispielsweise die Verwendung von PFET- und NFET-Transistoren. Für eine gegebene Peak-to-Peak Ansteuerungsspannung, verwendet die H-Brückenkonfiguration (Quadruplexor) Transistoren mit der halben Durchbruchspannung. Dies hat einen erheblichen Vorteil dahingehend, dass die Transistoren billiger oder einfacher herzustellen sind, oder mit der gleichen Durchbruchspannung eine doppelte Peak-to-Peak Ansteuerung liefern kann.

[0080] Das Transducerelement **24** ist eines der Elemente **24**, die hier beschrieben worden sind. In ähnlicher Weise sind die oben beschriebenen zwei Elektroden **80** und **82** elektrisch getrennt. Die Elektroden **80** und **82** verbinden die Transistoren **86** des Sendeimpulsgebers **300**, wie gezeigt. Das Element **24** hat keinerlei direkte elektrische Verbindung mit Masse, wie beispielsweise durch eine Elektrode, die direkt mit Masse verbunden ist.

[0081] Zwei Klemmdioden, die jeweils ein Paar von Dioden **90**, **92** aufweisen (beispielsweise Schottky-Dioden oder andere Hochstrom, Niederspannungs-Diodenvorrichtungen), sind ebenfalls zwischen die Differenzeingänge des Empfangsverstärkers **94** und Masse geschaltet. Jede der Dioden **90** und **92** ist mit einer entgegengesetzten oder verschiedenen Polaritäten mit Masse verbunden. Die Dioden **90** und **92** weisen eine Diodenklemme auf, um Spannungsschwingungen an jedem der Eingänge des Empfangsverstärkers **94** zu begrenzen. Die Dioden **90** und **92** begrenzen beispielsweise Spannungsübergänge auf zwischen plus/minus 0,2 bis 0,7 Volt, jedoch können höhere Grenzen, beispielsweise 1 oder 2 Volt aufgrund unterschiedlicher Diodentypen oder des Ansteuerstroms bereitgestellt werden. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden Transistoren oder andere Vorrichtungen verwendet, um die Spannung an der Elektrode **82** zu begrenzen.

[0082] Der Vorverstärker **94** weist einen Niederspannungsvorverstärker auf, beispielsweise einen oder mehrere Transistoren zum Verstärken eines Signals von der Elektrode **82**, die durch einen Niederspannungs-IC-Prozeß hergestellt worden ist. Eine Differenzial-BJT-Paar mit Stromausgängen wird beispielsweise bereitgestellt, indem ein 7 Volt BiCMOS-Prozeß oder ein anderer Transistorprozeß verwendet wird. Die Verwendung von 20 µA pro Kanal mit einer 5 Volt-Versorgung erlaubt einen Verbrauch 0,1 Milliwatt pro Kanal. Differenzverstärker können durch relativ niedrige Spannungsversorgungen vorgespannt und ohne große Kondensatoren sein, wodurch der Vorverstärker **94** gemäß diesem Ausführungsbeispiel leichter zu integrieren ist. Andere Vorverstärker können unterschiedlichen Leistungsverbrauch aufweisen und in Zusammenhang stehende Komponenten und Charakteristiken können verwendet werden. Der Vorverstärker **94** kann alternativ oder zusätzlich einen "time- oder depth-gain control amplifizier" oder einen Filter aufweisen. Für einen Zeitgewinnsterverstärker, der in der Sonde **18** inte-

griert ausgebildet ist, kann eine Niederleistungsvorrichtung zur Lieferung eines Teils der Zeitgewinnkompensation verwendet werden. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen ist ein größerer und mehr Leistung verbrauchender variabler Verstärker gebildet.

[0083] Die Treiber **87** weisen einen Transistor oder FET-Treiber auf, jedoch können andere Treiber verwendet werden zur Steuerung des Betriebs der Transistoren **86**. Die Treiber **87** sind betreibbar, um Spannungsänderungen zum Betrieb der Transistoren **86** zu liefern. Beispielsweise werden die Transistoren **86** Q1 und Q3 durch Anlegen eines 10 Volt oder 0 Volt Signals von den in Zusammenhang stehenden Treibern **87** gesteuert. Die Transistoren **86** Q2 und Q4 werden durch Anlegen eines 200 Volt oder 190 Volt Signals von den in Zusammenhang stehenden Treibern **87** gesteuert. Eine Steuerung **88**, wie oben beschrieben, steuert den Betrieb der Treiber **87**.

[0084] Während das Element **24** die Sendeschaltungen nicht von den Empfangsschaltungen isolieren kann, erlaubt die Anordnung des Sendeimpulsgeber **300** eine separate Integration der Hochspannungssendevorrichtungen und der Niederspannungsempfangsvorrichtungen, beispielsweise durch die Transistoren **86**, die Treiber **87** und/oder die Steuerung **88** für ein oder für mehrere Elemente **24** in einem ASIC-Bauelement und Dioden **90**, **92**, Empfangsverstärker **94** und/oder Multiplexer **26** für ein oder mehrere Elemente **24** in dem gleichen oder in einem unterschiedlichen ASIC-Bauelement. Andere Integrationsformate können gebildet sein, beispielsweise diskrete Diodenanordnungen oder Gruppen von Hochspannungs-FET-Transistoren in kleineren ASIC-Bauelementen.

[0085] Die Energiequelle **302** enthält eine positive Gleichstromspannungsquelle. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen weist die Energiequelle **302** unterschiedliche Quellen mit gleichen oder unterschiedlichen Eigenschaften für die verbundenen Transistoren **86** auf (beispielsweise Q2 und Q4). Gemäß einem noch anderen alternativen Ausführungsbeispiel ist die Energiequelle **302** eine negative Spannungsquelle und/oder ein amplitudenmoduliertes oder alternierendes Leistungssignal wird von der Energiequelle **302** geliefert.

[0086] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist der Ausgang des Empfangsverstärkers **94** mit einem Multiplexer verbunden. Der Empfangsverstärker **94** und der Multiplexer sind in einer Sonde positioniert und mit einem Kabel verbunden. Die Sonde ist von einer Basiseinheit getrennt gebildet. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen ist der Empfangsverstärker **94** innerhalb der Basiseinheit und innerhalb der Sonde mit einer Verbindung mit dem Kabel, frei von einem Multiplexer.

[0087] Durch Bilden einer H-Brücke von Transistoren **86**, die mit beiden Elektroden **80** und **82** verbunden sind, kann ein gleicher Sendeimpulsgeber **300** betreibbar sein, um entweder bipolare oder unipolare

Sendewellenformen zu bilden. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen sind zwei Transistoren **86**, beispielsweise Q1 und Q2 ohne die anderen zwei Transistoren **86** gebildet, um nur unipolare Sendewellenformen zu bilden. Eine der Elektroden **80**, **82** ist geerdet. Gemäß noch anderen alternativen Ausführungsbeispielen sind zusätzliche, unterschiedliche oder weniger Komponenten und Verbindungen gebildet. Verbunden heißt in diesem Fall sowohl direkte Verbindungen als auch Verbindungen mit Zwischenkomponenten.

[0088] Wenn einige oder alle Komponenten gemäß **Fig. 12** in der Sonde gebildet sind, weist die Sonde ein Erdung oder elektrostatisches Schild auf. Das elektrostatische Schild liefert einen geringen Blattwiderstand, um den Patienten vor jeglicher elektrischer Ladung, die an die Elektroden geliefert wird, zu schützen. Eine Abgleichschicht, die zwischen jeder Elektrode **80**, **82** und dem Patienten angeordnet ist, isoliert die Elektroden **80**, **82** elektrisch von dem Patienten.

[0089] Der Sendeimpulsgeber **300**, der gemäß **Fig. 12** verbunden ist, erzeugt bipolare Sendewellenformen, wie beispielsweise in **Fig. 13** gezeigt. Während des Sendebetriebs verbindet das Transducerelement **24** in schaltbarer Weise die Eingänge des Empfangsverstärkers **94** an die Energiequelle **302**. Die Verbindungen werden abwechselnd gebildet. Alle Transistoren **86** alternieren zwischen leitfähigem und nicht leitfähigem Zustand während der Sendeoperation. Beispielsweise wird ein erster Nullspannungszustand durch Verbinden der Elektroden **80** und **82** mit den Eingängen des Empfangsverstärkers **94** gebildet, und durch Trennen der Elektroden **80** und **82** von der Energiequelle **302** (beispielsweise Q1 und Q3 sind ein und Q2 und Q4 sind aus). Eine positive Spannung wird durch Verbinden der Energiequelle **302** mit einer positiven Elektrode **82** gebildet und durch Trennen der positiven Elektrode **82** von dem in Zusammenhang stehenden Eingang des Empfangsverstärkers **94** (beispielsweise Q1 und Q4 sind ein, und Q2 und Q3 sind aus). Die Diodenklemme, die mit dem Transistor **86** Q1 verbunden ist, begrenzt die Spannung der negativen Elektrode **80** zur Erzeugung der Sendewellenform durch eine Spannungsdifferenz über dem Element **24**. Eine negative Spannung wird gebildet, indem die Verbindungen für die positive Spannung umgekehrt werden (beispielsweise Q1 und Q4 sind aus, und Q2 und Q3 sind ein). Die Diodenklemme, die mit dem Transistor **86** Q3 verbunden ist, begrenzt die Spannung der positiven Elektrode **82** zur Erzeugung der Sendewellenform durch eine Spannungsdifferenz über dem Element **24**. Die Diodenklemmen begrenzen die Spannung, die durch den Empfangsverstärker **94** gebildet wird, wodurch die Verwendung von Niederspannungskomponenten in dem Empfangsverstärker **94** erlaubt wird.

[0090] Wenn die Transistoren **86** abgestimmte Paare von Transistoren aufweisen, wird eine im wesentli-

chen symmetrische Sendewellenform erzeugt. Das Treiben der Sendewellenform auf eine Nullspannung, eine positive oder negative Spannung erfolgt im wesentlichen durch identische Paare von Transistoren. Da beide Elektroden **80** und **82** verwendet werden, um die Sendewellenform zu erzeugen, kann eine Niederspannungsleistungsquelle **302** verwendet werden, um nur eine Elektrode **80**, **82** anzusteuern. Die Transistordurchschlagsspannungen werden ebenfalls um einen Faktor zwei reduziert.

[0091] Eine symmetrische Sendewellenform minimiert die Bandbreite der gesendeten Wellenform. Weniger Energie wird bei der zweiten oder bei anderen harmonischen Frequenzen durch eine symmetrische Wellenform übertragen, als bei einer nichtsymmetrischen Wellenform. Für das Abbilden (Imaging) bei den Harmonischen der Sendefrequenz, wird die Übertragung der Energie der Harmonischen reduziert oder verhindert. Die Ausbreitung und die Reflexion der Energie, um die harmonische Information von Gewebe oder von Kontrastmitteln zu erzeugen, wird besser isoliert, indem die Übertragung der Energie bei gleichen oder ähnlichen Frequenzen minimiert wird. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel folgt die harmonische Abbildung (Harmonic-Imaging) durch Verwendung von Phasendifferenzen zwischen den Sendewellenformen. Durch Bilden einer exakten Zeitgebung werden unterschiedliche Sendeimpulse mit verschiedenen Phasen erzeugt. Die empfangene Energie wird summiert, um Information bei den Grundsensdefrequenzen zu beseitigen und Information bei den geraden harmonischen Frequenzen (beispielsweise der zweiten) aufrecht zu erhalten. Andere Kombinationen der Sendephase und Empfangskombination können verwendet werden, um Information bei einer oder bei mehreren Grund- und/oder harmonischen Frequenzbändern zu isolieren.

[0092] Da die Spannung die an die Elektroden **80** und **82** angelegt ist, durch die Diodenklemmen auf einer niedrigen Spannung gehalten werden kann, kann der Sendeimpulsgeber **300** auf eine im wesentlichen Nullsendespannung fahren. Bipolare Wellenformen mit mindestens einem Teil der Wellenform, die im wesentlichen eine Nullspannung ist, können verwendet werden, beispielsweise für Pulsbreitenmodulation, wie in der US 5,833,614 beschrieben, deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme Bestandteil wird.

[0093] Für den Empfangsbetrieb wird die Energiequelle **302** von den Elektroden **80** und **82** getrennt. Aufgrund der Diodenklemmen sind die Eingangssignale des Empfangsverstärkers **94** auf die Vorwärtsspannungen der Dioden **90**, **92** begrenzt. Die Empfangssignale sind normalerweise kleiner als die Vorwärtsspannungen der Dioden **90**, **92**, so dass Differenzempfangssignale in den Empfangsverstärker **94** eingegeben werden, indem die Elektroden **80**, **82** mit den Eingängen des Empfangsverstärker **94** verbunden werden. Das Empfangssignal wird verstärkt, gefiltert, gemultiplext oder anderweitig verarbeitet, für

eine Übertragung über das Kabel **22** an die Basiseinheit **12**. Der Sendebetrieb und der Empfangsbetrieb des Elements **24** ist frei von Schaltern zur Auswahl zwischen getrennten Sende- und Empfangswegen.

MEHRDIMENSIONALE TRANSDUCER

[0094] Verschiedene Transistoren können mit irgendeinem dem Sende- und Empfangswege, Sonden und Empfangsschaltungen, wie oben diskutiert, verwendet werden. Einige derartige mehrdimensionale Transduceranordnungen für ein voll abgetastete Verwendung mit Zeitmultiplexen und einer elementenbasierten Isolation für den Sende- und Empfangsweg, sind in den **Fig. 8 bis 11** gezeigt. Das Zeitmultiplexen reduziert die Kanalanzahl oder die Anzahl von Kabeln **22**, ohne die Strahlformung, die von der Basiseinheit **12** durchgeführt wird, zu begrenzen. Separate Signalverläufe oder die Verbindung von gegenüberliegenden Dioden **80** und **82** mit dem Sendeweg und dem Empfangsweg erlauben die Integration der Sendeschaltung und der Empfangsschaltung in die Sonde **18** ohne leistungsverbrauchendes Sende- und Empfangsschalten. Verschiedene Gesichtspunkte der mehrdimensionalen Transducer können unabhängig von anderen Aspekten der hier beschriebenen Ausführungsbeispiele verwendet werden, beispielsweise die Verwendung eines bestimmten Elementabstandes ohne Zeitmultiplexen oder eine andere Integration der Schaltkreise in die Sonde **18**.

[0095] **Fig. 8** zeigt eine zweidimensionale Anordnung **200** von Elementen **24**. Die Elemente **24** sind in einem Gitter entlang der Elevationsrichtung und der Azimutrichtung beabstandet. Eine andere oder die gleiche Anzahl von Elementen **24** kann entlang der Elevationsrichtung gebildet sein, als entlang der Azimutrichtung. Eine Mehrzahl von Elementen **24** ist in Spalten **204** entlang der Azimutrichtung angeordnet. Die Elemente **24** haben einen Abstand entlang der Azimutrichtung. Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird ein halber Wellenlängenabstand verwendet. Vom Zentrum eines Elements bis zum Zentrum eines benachbarten Elements **24** entlang der Azimutrichtung ist ein Abstand von der Hälfte einer Wellenlänge gebildet. In einer Anordnung, die für den Betrieb bei 2,5 MHz ausgelegt ist, beträgt der Abstand **300** Mikrometer. Andere Abstände können verwendet werden.

[0096] Die Elemente **24** sind in Reihen **202** entlang der Elevationsrichtung angeordnet. Der Abstand entlang der Elevationsrichtung ist größer als der Abstand entlang der Azimutrichtung. Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist der Abstand entlang der Azimutrichtung $2/3$ oder weniger, beispielsweise die Hälfte des Abstandes entlang der Elevationsrichtung. Für eine 2,5 MHz Mittenfrequenz der Anordnung gemäß dem oben genannten Beispiel, beträgt der Abstand in Elevationsrichtung **600** Mikrometer oder eine Wellenlänge. Für große Abstände kann jedes individuelle Element unterteilt (sub-diced) sein, für eine

korrekte Operation oder um ein gewünschtes Verhältnis der Breite zur Dicke des Elements **24** aufrecht zu erhalten. In dem oben genannten Beispiel sind die Elemente **24** entlang der Elevationsrichtung unterteilt, beispielsweise indem ein "dicing"-Schnitt gebildet wird, der sich ungefähr 90 Prozent in das PZT-Material erstreckt, im Zentrum jeder Anordnung, jedoch nicht entlang der Azimutrichtung unterteilt ist. Andere Unterteilungstiefen können verwendet werden.

[0097] **Fig. 8** zeigt 32 Elemente **24**. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen können andere Anzahlen an Elemente verwendet werden, beispielsweise 1.536 Elemente in 64 in Azimutrichtung beabstandeten Reihen **202** und **24** in Elevationsrichtung beabstandeten Spalten **204**, oder 2.048 Elemente in 64 in Azimutrichtung beabstandeten Reihen **202** und **32** in Elevationsrichtung beabstandeten Spalten **204**.

[0098] **Fig. 9** zeigt eine Sonde **18**, die die Anordnung **200** integriert. Die Sonde **18** enthält die Anordnung **200**, flexible Schaltungsmaterialien oder Signalverläufe **206**, **208**, eine Mehrzahl von Schaltungsplatinen **210**, einen Kondensator **212** und ein Bündel von Kabeln **22**. Diese Komponenten sind innerhalb einer Plastikabdeckung oder anderen ergonomisch geformten Sondenabdeckung oder einem Gehäuse untergebracht. Unterschiedliche, weniger oder mehr Komponenten können in der Sonde **18** enthalten sein.

[0099] Die flexiblen Schaltungen **206**, **208** enthalten Kapton oder andere flexible, dünne, elektrisch isolierende Materialien mit aufgebrachten Signalverläufen, auf einer oder auf zwei Seiten. Die flexible Schaltung wird hier verwendet, um jedes beliebige flexible oder nicht-starre Material mit einem oder mit mehreren elektrischen Anschlüssen zu beschreiben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist das flexible Schaltungsmaterial $50\ \mu\text{m}$ dick. Separate flexible Schaltungsmaterialien **206** und **208** sind für separate Sende- und Empfangswege gebildet. Beispielsweise liefert die flexible Schaltung **206** Elektroden und Verläufe von einer Seite der Elemente **24** der Einordnung **200**, und die andere flexible Schaltung **208** enthält Elektroden und Wege von einer gegenüberliegenden oder anderen Seite der Elemente **204** der Anordnung **200**.

[0100] **Fig. 10** zeigt einen Elevationsquerschnitt der Anordnung **200** und die in Zusammenhang stehenden Anschlüsse der zwei flexiblen Schaltungen **206** und **208**. Die Anordnung **200** ist entlang der Elevationsrichtung in vier Module **222** unterteilt. Darüber hinaus kann die Anordnung **200** entlang der Elevationsrichtung in verschiedengroße oder weniger Module **222** unterteilt werden. Beispielsweise können nur ein, zwei, drei oder mehrere Module verwendet werden. Jedes Modul weist ein Paar von flexiblen Schaltungen **206** und **208** auf. Jedes Modul **222** weist eine Mehrzahl von Schichten entlang der Bereichsrichtung auf, beispielsweise eine erste Abgleichschicht **218**, eine erste Elektroden-schicht oben auf

dem Element **24**, das aus der ersten flexiblen Schaltung **208** gebildet ist, eine zweite Abgleichschicht **216**, eine Elementenschicht oder piezoelektrische (PZT) Schicht **214**, eine zweite Elektrode auf einer Bodenseite der piezoelektrischen Schicht **214**, die durch die zweite flexible Schaltung **208** und ein Verstärkungsmaterial **220** gebildet ist. Zusätzlich können verschiedene oder weniger Schichten in einem oder mehreren oder in allen Modulen **222** gebildet werden. Beispielsweise können nur eine oder drei oder mehrere Abgleichschichten **216**, **218** verwendet werden, oder beide Abgleichschichten **216** und **218** sind auf einer oberen Seite der oberen Elektrode und der flexiblen Schaltung **208** angeordnet.

[0101] Die zwei unterschiedlichen flexiblen Schaltungen **208** und **206** sind entlang einer oder entlang zwei Seiten der Module von dem PZT-Material oder der Schicht **214** in Richtung und entlang des Verstärkungsmaterials **220** gefaltet. Separate Signalverläufe sind für jedes der Elemente **24** auf beiden Seiten oder oben und unten auf den Elementen **24** gebildet. Separate Signalverläufe sind auf der flexiblen Schaltung **206** für jedes der Elemente **24** gebildet, und separate Signalverläufe sind auf der flexiblen Schaltung **208** für jedes der Elemente **24** gebildet. Jedes der Elemente **24** ist unabhängig mit den separaten Signalverläufen oben und unten entlang der Bereichsrichtung des Elements **24** verbunden. Separate Signalverläufe erlauben eine elementbasierte Isolation der Sende- und Empfangswege. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen ist eine gemeinsame Masse mit einer Mehrzahl von Elementen **24** verbunden.

[0102] Das Verstärkungsmaterial **220** jedes Moduls **222** ist von dem anderen Verstärkungsmaterial **220** des anderen Moduls **222** durch zwei oder vier Schichten von flexibler Schaltung **206**, **208** getrennt. Die PZT-Schicht **214** von dem Modul **222** ist durch eine oder durch zwei flexible Schaltungsschichten **208** von der PZT-Schicht **214** des anderen Moduls **222** getrennt. Die Breite der PZT-Schicht **214** ist größer als die Breite des Verstärkungsmaterials **220**, um unterschiedliche Dicken aufgrund der unterschiedlichen Anzahl von flexiblen Schaltungen **206**, **208** zu berücksichtigen. Durch Verwendung eines dünnen flexiblen Schaltungsmaterials werden nachteilige akustische Effekte verhindert, indem die Separation zwischen den Elementen **24** der unterschiedlichen Module **222** minimiert wird.

[0103] Erneut bezugnehmend auf **Fig. 9** sind die flexiblen Schaltungen **208** und **206** derart gezeigt, dass sie eine zunehmende Breite von der Anordnung der Elemente **200** weg aufweisen. Eine Vergrößerung der Breite erlaubt eine größere Separation der Signalverläufe von individuellen Elementen **24**. Die größere Separation liefert eine geringere kapazitive Kopplung zwischen den Signalverläufen.

[0104] **Fig. 9** zeigt eine Mehrzahl von gedruckten Leiterplatten **210**, beispielsweise sieben gedruckte Leiter-Platten **210**. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen kann eine einzelne Leiterplatte **210**, eine

andere Anzahl von Leiterplatten **210** oder gar keine Leiterplatte in der Sonde **18** verwendet werden. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weisen sechs Leiterplatten **210** Sende- und Empfangsschaltkreise auf, beispielsweise in der Sonde integriert ausgebildete Schaltkreise, wie oben diskutiert. Jede Sende- und Empfangsleiterplatte **210** ist mit einem von sechs in Elevationsrichtung beabstandeten Modulen **222** verbunden. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen ist eine Leiterplatte **210** mit Elementen **24** in verschiedenen Modulen **222** verbunden, oder Elemente **24** in einem gleichen Module **222** sind mit verschiedenen Leiterplatten **210** verbunden. Eine siebte Leiterplatte enthält eine Steuerlogikleiterplatte. Die Steuerlogikleiterplatte stellt eine Schnittstelle mit der Basiseinheit **12** dar, um die Sende- und Empfangsschaltkreise zu betreiben. Die gedruckten Leiterplatten **210** und andere Komponenten der Sonde **18** haben eine Größe, so dass sie in den Griff der Sonde **18** passen. Die Sonde **18** ist ausgelegt, um von einem Benutzer ergonomisch gehandhabt werden zu können, beispielsweise kleiner als 4 Inch im Durchmesser, oder zur Bereitstellung eines Handgriffs.

[0105] Gemäß einem Ausführungsbeispiel weisen die Leiterplatten einen oder mehrere Multiplexer auf. Beispielsweise ist eine Mehrzahl von acht zu eins Multiplexern zum Multiplexen von Signalen von den Elementen **24** auf 192 Systemkanäle oder Kabel **22** gebildet. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen können wenige oder mehr Multiplexer zur Verwendung mit weniger oder mehreren Kabeln **22** oder Systemkanälen gebildet sein. Beispielsweise ist eine Anordnung **200** mit 64 Reihen **202** und 32 Spalten **204** mit Multiplexern versehen, zur Übertragung von zeitgemultiplexter Information auf 256 Kabeln **22**. Durch das Bilden des Multiplexers in der Sonde **18** mit der Anordnung **200** werden weniger Kabel **22** und entsprechende Systemkanäle oder Signalleitungen gebildet, als Elemente **24** der Anordnung **200** vorhanden sind. Beispielsweise ist das Produkt aus der Anzahl an Elementen entlang der Elevationsrichtung und der Anzahl der Elemente entlang der Azimutrichtung größer als die Anzahl an Kabeln **22**.

[0106] Die Leiterplatten **210** sind mit den flexiblen Schaltungen **206** und **208** verbunden, indem bereits bekannte oder später entwickelte Anschlüsse oder Verbindungen verwendet werden. Die Verwendung von zwei oder von mehreren separaten Signalverläufen für jedes Element **24** liefert elektrische Verbindungen für doppelt so viele Elemente **24**. Die Anschlüsse sind an den flexiblen Schaltungen **206**, **208** angebracht, vor der Herstellung der Anordnung. Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird eine Ballgitteranordnung (BGA) (Ball Grid Array) oder eine andere Matrix aus Beulen oder anderen Strukturen zur Verlotung mit den Verläufen auf den flexiblen Schaltungen **206** und **208** bereitgestellt. BGA-Anschlüsse vom Small Pitch Matrix Typ können verwendet werden. Beispielsweise verbindet die BGA die Empfangswegsignalverläufe mit dem Multiplexer und der Multiplexer

wird dann mit den gedruckten Leiterplatten verbunden, wodurch die Anzahl an Verbindungen mit den gedruckten Leiterplatten reduziert wird. Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel sind die Sende- oder Empfangsschaltungen abgesetzt oder anderweitig auf der flexiblen Schaltung gebildet, wodurch weniger Verbindungen von den flexiblen Schaltungen **206**, **208** zu den gedruckten Leiterplatten **210** erforderlich sind. Gemäß einem noch anderen Ausführungsbeispiel ist ein direktes Anbringen, beispielsweise eine Wire Bond Jumping-Verbindung oder andere Zwischenverbindungen, zwischen der flexiblen Schaltung und den gedruckten Leiterplatten, geschaffen.

[0107] Die Fig. 11A und B zeigen Schritte eines Herstellungsprozesses der Anordnung **200**. Fig. 11A zeigt drei Module der Elemente **24**. Jedes Modul **222** hat mindestens zwei Reihen und zwei Spalten von Elementen **24** in einer $N \times M$ -Anordnung. Die PZT-Schicht **214** jedes Moduls **222** und die in Zusammenhang stehenden flexiblen Schaltungen **208**, **206** sind unabhängig für jedes Modul **222** gediced (beispielsweise in Würfel geschnitten). Das Zerschneiden umfaßt ein Schneiden (Dicing) entlang der Azimut- oder Elevationsrichtung, um die Elemente **24** zu bilden. Durch das Dicing der Elektroden oder der flexiblen Schaltungen **208**, **206** separat für jedes Modul **222** kann jedes Modul **222** separat getestet werden. Ein separates Testen erlaubt das Entfernen eines fehlerhaften Moduls **222** vor einem endgültigen Zusammenbauen. Kapazitätstests oder akustische Tests können beispielsweise für jedes Element **24** jedes Moduls **222** durchgeführt werden.

[0108] Jedes der separat einem Dicing unterzogenen Module **222** ist gemäß Fig. 10 ausgebildet. Der Herstellungsprozeß kann verschiedene Abweichungen und eine unterschiedliche Reihenfolge für das Zusammenbauen aufweisen. Gemäß einem Ausführungsbeispiel werden eine erste Abgleichschicht **216**, eine Platte aus einer piezoelektrischen Schicht **214** und eine flexible Schaltung **206**, die am Boden der piezoelektrischen Schicht **214** gebildet ist, oben auf die Verstärkungsschicht **220** gestapelt. Eine Präzisionsbestückung mit Stiften und damit in Zusammenhang stehende Öffnungen oder Vorlagen können für das Ausrichten dieser Schichten verwendet werden. Die bodenflexible Schaltung **206** hat Signalverläufe auf beiden Seiten zur Verbindung mit unterschiedlichen Elementen **24**. Die ausgerichteten Schichten werden dann gebonded oder miteinander verklebt.

[0109] Nach dem Bonden wird die Bodenschicht des flexiblen Schaltungsmaterials **206** entlang der Seiten der Verstärkungsschicht **220** unter der Schicht der piezoelektrischen Schicht **214** gefaltet. Die Breite der Verstärkungsschicht **220** ist schmaler als die Breite der piezoelektrischen Schicht **214**, und zwar um ungefähr die Breite einer oder zweier Schichten der flexiblen Schaltung **206**. Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird die flexible Schaltung **206** auf zwei Seiten der Verstärkungsschicht **220** gefaltet, kann je-

doch auch nur auf eine Seite gefaltet werden. Die bodenflexible Schicht **206** wird eng an das Verstärkungsmaterial gebonded, indem das Teilmodul **222** durch einen teflonbeschichteten oder anderen Rahmen mit Bondmaterial oder Kleber platziert wird. Alternativ wird die bodenflexible Schaltung **206** an die Seiten des Moduls **222** gebonded, während eines späteren Schritts des Bondens der oberen flexiblen Schaltung **208**.

[0110] Die erste Abgleichschicht **216** und die piezoelektrische Schicht **214** werden entlang der Azimutrichtung einem Dicing unterzogen, also geschnitten. Beispielsweise werden sechs Hauptschnittkerben (Hauptdicing-Kerben) gebildet, die sich in das flexible Schaltungsmaterial **206** erstrecken, jedoch nicht hindurch. Nebenschnittkerben (Nebendicing-Kerben) können ebenfalls entlang der Azimutrichtung gebildet werden. Die Nebendicing-Kerben erstrecken sich ungefähr 90 % in die piezoelektrische Schicht **214** hinein. Andere Schnitttiefen (Dicing-Tiefen) können verwendet werden. Zum Auffüllen der Kerben kann Epoxid, Silikon oder ein anderes Material verwendet werden. Ein Kerbenfüllmaterial mit einer höheren akustischen Impedanz kann dann verwendet werden, da nur die piezoelektrische Schicht **214** und die erste Abgleichschicht **216** in Azimutrichtung geschnitten sind. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen kann eine andere Schicht in Azimutrichtung geschnitten sein, und eine geringere akustische Impedanz kann für das Kerbenfüllmaterial verwendet werden. Gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel kann überhaupt kein Füllmaterial für die Kerbe verwendet werden.

[0111] Die Oberfläche der ersten Abgleichschicht **216** ist geebnet oder anderweitig verarbeitet, um überstehendes restliches Kerbenauffüllmaterial zu entfernen, falls dies erforderlich ist. Die obere flexible Schaltung **208** und die zweite Abgleichschicht **218** sind zueinander ausgerichtet und gebonded, indem Stifte und Löcher oder Vorlagen verwendet werden. Die gebondete obere flexible Schaltung **208** wird dann an die Bodenabgleichschicht **216** gebonded. In alternativen Ausführungsbeispielen können die obere flexible Schaltung **208** und die obere Abgleichschicht **218** ausgerichtet und an die Bodenabgleichschicht **216** auf dem Modul **222** gebonded sein, als eine Operation, die mit dem Auffüllen der Kerben in Zusammenhang steht.

[0112] Die Position der oberen flexiblen Schaltung **208** und die entsprechenden Signalverläufe relativ zu der unteren flexiblen Schaltung **206**, und die entsprechenden Signalverläufe liegen innerhalb einer Toleranz, die ausreichend ist, um separate Signalverläufe für jedes Element **24** zu erlauben. Beispielsweise erlaubt eine Toleranz von plus oder minus 50 µm einen Schnittbereich (Dicing-Bereich) von 100 µm zwischen jeden der Elemente **24** entlang der Elevationsrichtung ohne nachteiliges Abschneiden eines Signalverlaufs. Andere Toleranzen und Abstände sind möglich. Das Ausrichten erfolgt unter Verwendung

von Präzisionsstiften und Löchern, Vorlagen oder durch eine optische Ausrichtung. Durch das Bereitstellen von Signalverläufen auf flexiblen Schaltungen **206**, **208** auf beiden Seiten des Moduls **222** werden weniger dichte Signalverläufe gebildet, wodurch größere Schnittfenster (Dicing-Fenster) erlaubt werden. In alternativen Ausführungsbeispielen wird eine größere Dichte der Signalverläufe bereitgestellt, und die flexiblen Schaltungen **208** und **206** sind auf einer Seite des Moduls **222** gebildet.

[0113] Die obere flexible Schaltung **208** ist entlang einer oder zwei Seiten der piezoelektrischen Schicht **214** und der Verstärkungsschicht **220** gefaltet. Die flexible Schaltung **208** erstreckt sich von der piezoelektrischen Schicht **214** in Richtung des Verstärkungsmaterials **220**. Wenn Signalverläufe auf einer oberen Seite oder auf einer nach außen weisenden Seite der unteren flexiblen Schaltung **206** und auf einem Boden oder einer nach innen weisenden Seite der oberen flexiblen Schaltung **208** bereitgestellt sind, wird eine Isolationsschicht zwischen den zwei flexiblen Schaltungen **206** und **208** hinzugegeben. Beispielsweise wird vor oder während des Zusammenbauens eine 25 µm oder eine andere Dicke aufweisende Teflonschicht oder ein anderes elektrisch nicht leitendes Material für eine oder für beide flexible Schaltungsschichten **206** verwendet. Die obere flexible Schaltung **208** wird dann an die Seiten der Module **222** gebondet, indem sie durch einen Rahmen mit einer Teflonbeschichtung oder einer anderen Beschichtung hindurch verläuft. Beide flexible Schaltungen und die entsprechenden Elektroden werden an das Modul **222** gebondet.

[0114] Das Modul **222** wird dann in Elevationsrichtung geschnitten (Dicing), beispielsweise zur Bildung von 64 Spalten **204** von Elementen **24**. Das Dicing erstreckt sich durch beide flexiblen Schaltungen **206** und **208** und die piezoelektrische Schicht **214** in die Verstärkungsschicht **220** hinein. Gemäß einem Ausführungsbeispiel werden keine Nebendicingkerben gebildet, jedoch können solche verwendet werden. Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird die obere flexible Schaltung **208** mit einem Mikroskop in Bezug auf eine optische Ausrichtung der Dicing-Säge überprüft. Die Elevationsschnitte (Dices) in Kombination mit den früheren Azimutchnitten definieren die Elemente **24**. Die Elevationsschnitte können für jedes der Module **222** gleichzeitig oder zu unterschiedlichen Zeitpunkten gebildet werden. Das Dicing resultiert in einer oberen und unteren separaten Elektrode und in entsprechende Signalverläufe für jedes der Elemente **24**, ohne eine Grundebene, die allen Elementen gemeinsam ist. In alternativen Ausführungsbeispielen wird eine Grundebene mit nur einem separaten Signalverlauf für jedes Element **24** verwendet.

[0115] Die separat geschnittenen Module **222** werden ausgerichtet, wie in Fig. 11B gezeigt. Die Module **222** sind benachbart zueinander entlang der Elevationsrichtung oder Azimutrichtung angeordnet, um eine größere Anordnung **200** von Elementen **24** zu

bilden. Jedes der Module **222** ist von einem anderen Modul **222** durch eine oder durch mehrere flexible Schaltungen **206**, **208** getrennt. Gemäß einem Ausführungsbeispiel repräsentiert jedes der Module **222** 64 in Azimutrichtung beabstandete Reihen **202** und vier oder sechs in Elevationsrichtung beabstandete Spalten **204** von Elementen **24**. Durch Ausrichten von vier oder sechs Modulen **222** in Elevationsrichtung und Azimutrichtung wird ein 64 × 24 Gitter von Elementen **24** gebildet. Eine andere Anzahl von Modulen, eine andere Größe oder eine andere Anzahl von Elementengittern können verwendet werden, mit oder ohne Separation der Module **222** durch flexible Schaltungen **206**, **208**.

[0116] Die obere flexible Schaltung **208** hat Signalverläufe, die auf einer Bodenseite gebildet sind, so dass die flexible Schaltung **208** die Signalverläufe von einem Modul **222** von den Signalverläufen des anderen Moduls **222** elektrisch isoliert. In alternativen Ausführungsbeispielen ist ein Isolatormaterial, beispielsweise zusätzlich Kapton oder ein anderes Material, zwischen den zwei Modulen **200** zur elektrischen Isolation der Signalverläufe angeordnet.

[0117] Vor der Ausrichtung wird jedes der Module **222** durch einen teflonbeschichteten Rahmen oder einen anderen Rahmen mit Kleber oder einem anderen Bondmaterial gedrückt/gepreßt. Durch das Pressen werden die flexiblen Schaltungen **206** und **108** eng entlang der Seiten der Module **222** angepresst, um jegliche Separation zwischen den Modulen zu minimieren.

[0118] Die Module **222** sind innerhalb eines Rahmens **224** angeordnet. Der Rahmen weist ein Graphitmaterial, ein anderes leitfähiges Material oder ein anderes nicht leitfähiges Material auf. Die vier Module **222** sind in den Rahmen **224** presseingepaßt oder innerhalb des Rahmens **224** positionierbar. Wenn die Module **222** innerhalb des Rahmens **224** positioniert sind, beträgt der Platz zwischen der PZT-Schicht **214** der Module **222** etwa 50–150 Mikrometer, jedoch kann auch eine andere Beabstandung verwendet werden. Der Abstand ist das Ergebnis des flexiblen Schaltungsmaterials zwischen den piezoelektrischen Schichten **214** jedes Moduls **222**. Ein 50–150 Mikrometer Abstand ist 0–100 Mikrometer größer als eine normale Kerbenbreite. Andere relative Breiten können verwendet werden. Das Minimieren des Abstandes zwischen den Modulen **222** minimiert die Strahlbreite in Elevationsrichtung oder die Elevationspunktspreizfunktion. Der Rahmen **224** richtet die Module **222** in beide Richtungen aus, kann jedoch weniger Toleranz in der Azimutrichtung aufweisen. Eine Ausrichtung mit größeren Toleranzen kann durch ein manuelles optisches Ausrichten, durch eine Stift- und Lochausrichtung oder eine Präzisionsherstellung des Rahmens **224** als Vorlage gebildet werden.

[0119] Nachdem die Module **222** innerhalb des Rahmens **224** ausgerichtet sind, werden die Kerben von dem getrennten Dicing mit Silikon oder einem anderen Kerbenfüllmaterial aufgefüllt. Das Kerbenfüllm-

aterial dient auch zum Bonden der Module **222** aneinander und an den Rahmen **224**. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden die Kerben der Module **222** vor dem Ausrichten gefüllt. Gemäß alternativen Ausführungsbeispielen werden keine Kerbfüllungen verwendet. Eine Schutzschicht aus Linsenmaterial oder einem anderen fokussierenden oder nicht fokussierenden akustischen transparenten Material ist über oder um die Anordnung **200** herum gebildet. Ein bei hoher Temperatur oder bei Raumtemperatur vulkanisiertes Silikon kann beispielsweise über die Anordnung **208** gebildet werden. Wenn die Anordnung **200** vollständig abgetastet (bestückt) ist, liefert die zusätzliche Schutzschicht keinen Fokus oder begrenzten Fokus.

[0120] Die flexiblen Schaltungen **206**, **208** und die entsprechenden Signalverläufe sind mit gedruckten Leiterplatten oder Multiplexern verbunden. Die Ausgangssignale der Multiplexer sind mit Kabeln **22** verbunden. Die Kabel verbinden die Elemente **24** der Anordnung **200** elektrisch mit der Basiseinheit **12**.

[0121] In alternativen Ausführungsbeispielen sind verschiedene mehrdimensionale Anordnungen gebildet, mit einem Multiplexer, der in der Sonde **18** integriert ausgebildet ist und/oder einer Isolation für den Sendeweg und dem Empfangsweg durch das Transducerelement **24**. Das Multiplexen, beispielsweise ein Zeitmultiplexen, erlaubt ein Multiplexen von mehreren Kanälen auf einen einzelnen Kanal. Das Ausmaß des Multiplexens, die gewünschte Bandbreite, die Mittenfrequenz und die Taktrate bestimmen das verwendete Multiplexverfahren. Ein System mit einer 40 MHz Taktrate kann beispielsweise einen Transducer mit bis zu 25 MHz Mittenfrequenz verwenden, unter der Annahme, dass die Nyquist-Abtastrate (Nyquist sampling rate) das bis zu 1,6-fache der Mittenfrequenz ist. Durch Multiplexen kann die Mittenfrequenz reduziert werden, um die Anzahl von Systemkanälen oder Kabeln **22** zu reduzieren. In dem oben genannten Beispiel erlaubt ein 2:1 Multiplexer die Verwendung eines Transducers bis zu einer 12,5 MHz Mittenfrequenz mit einer 120%-Bandbreite, verdoppelt jedoch die Anzahl der Elemente **24**, die ein Kabel **22** verwenden. Ein 3:1 Multiplexer erlaubt die Verwendung eines Transducer bis zu einer 8,3 MHz Mittenfrequenz 4:1 erlaubt 6,3 MHz, 5:1 erlaubt 5,0 MHz, 6:1 erlaubt 4,2 MHz, 7:1 erlaubt 3,6 MHz und 8:1 erlaubt 2,5 MHz. Höhere Taktraten erlauben entweder mehr Multiplexing oder Transducer mit größerer Mittenfrequenz.

[0122] Einige mehrdimensionale Anordnungen liefern eine Mehrzahl von Transducerelementen, die mit N Elementen entlang einer ersten Richtung angeordnet sind, wobei N größer als Eins ist, und mit M Elementen entlang einer zweiten Richtung, wobei M größer als Eins und ungleich N ist. Beispielsweise haben eine Multi-PZT-Schichtlinearanordnung, eine 1,5D-, I-Strahl-, +-Strahl- oder andere Anordnungen der Elemente **24** unterschiedliche Verteilungen der Elemente **24**. Eine Sonde nimmt die Anordnung **200** der Ele-

mente **24** auf. Ein Multiplexer innerhalb der Sonde und mit mindestens zwei der Mehrzahl der Transducerelemente **24** verbunden, erlaubt eine größere Anzahl von Elementen **24** mit einer geringeren Anzahl von Systemkanälen oder Kabeln **22**, die mit der Basiseinheit **12** verbunden sind.

[0123] Das Multiplexer erlaubt eine höhere Auflösung für 1,5-dimensionale Transduceranordnungen, beispielsweise Anordnungen mit zwei oder mehreren Elevationsreihen von 96 Elementen **24** in Azimutrichtung. Mit 2:1 Zeitdomainmultiplexing verwendet beispielsweise eine 1,5D-Anordnung mit drei oder vier Reihen von 96 Elementen **192** Systemkanäle oder Kabel **22** bei bis zu 12,5 MHz. Mit 7:1 Multiplexing von sieben Segmenten oder Reihen von 96 Elementen **24** kann die Anordnung bei bis zu 3,6 MHz mit 192 Systemkanälen oder Kabeln **22** in einem 40 MHz Taktratsystem arbeiten.

[0124] Eine plano-konkaver Transducer mit isolierten linken und rechten elevationsöffnungsbeabstandeten Elementen **24** kann ebenfalls von Multiplexing profitieren. Siehe beispielsweise die Anordnungen, die in der US 6,043,589 beschrieben sind, deren Offenbarung durch Bezugnahme hiermit Bestandteil der Anmeldung wird. Zwei oder mehrere segmentierte Anordnungen arbeiten bei einer höheren Mittenfrequenz und/oder mit mehreren Elementen, indem Signale von einem oder von mehreren Elementen mit Signalen von anderen Elementen multigeplext werden.

[0125] Die Transducer, die als zwei oder mehrere separate oder linear kreuzende oder gekrümmte lineare Anordnungen konfiguriert sind, können ebenfalls von Multiplexen profitieren. Eine erste lineare Anordnung ist entlang einer Richtung positioniert und eine zweite lineare Anordnung ist entlang der zweiten Richtung oder nicht parallel zu der ersten Anordnung positioniert. Verschieden I-Strahl-, +-Strahl- oder andere Anordnungen, die in der US 6,014,473 offenbart sind, deren Offenbarung durch Bezugnahme hiermit integriert wird, verwenden beispielsweise ein Multiplexen, um eine größere Anzahl von Elementen mit der gleichen Anzahl von oder mit weniger Kabeln **22** zu verbinden. In diesem Beispiel wird eine lineare Anordnung für das Abbilden verwendet, und eine oder mehrere andere orthogonale Anordnungen liefern eine Trackinginformation. Durch Multiplexen wird die Bildauflösung weniger beeinträchtigt, indem Systemkanäle oder Kabel für Trackinganordnungen (tracking arrays) verwendet werden. Beispielsweise verwenden ein Abbildungsarray (Imaging-Array) und zwei Tracking Arrays jeweils 192 Elemente **24** mit 3:1 Multiplexing für 192 Kabel **22**. Andere Verteilungen der Elemente **24** innerhalb der Anordnungen können verwendet werden.

[0126] Bi-Schicht- oder Mehrschichttransduceranordnungen können ebenfalls von Multiplexing profitieren. Zwei oder mehrere Schichten von PZT innerhalb einer linearen oder einer anderen Anordnung von Elementen **24** werden für harmonisches Abbilden (Harmonic-Imaging). Eine oder mehrere eindi-

mensionale Anordnungen von Elementen **24** entlang der Azimutrichtung haben Schichten von Elementen **24** oder PZT entlang der Bereichsrichtung. Beispielsweise verwenden die Anordnungen, die in der US 10/076,688 (eingereicht am 14. Februar 2002) oder 5,957,851 offenbart sind mehrere Schichten von Elementen **24**, die durch Elektroden getrennt sind. Das Multiplexing erlaubt eine größere Anzahl von separat adressierbaren PZT-Schichten und/oder Elementen **24**. Die relative Phasenlage einer Schicht zu einer anderen Schicht berücksichtigt entweder eine Grundoperation oder harmonische Operation.

[0127] Eine Quadratgitterstruktur von Elementen als eine zweidimensionale Anordnung oder eine einzelne lineare Anordnung können ebenfalls von Multiplexing profitieren. Das Multiplexing erlaubt mehr Elemente mit weniger Systemkanälen oder Kabeln **22**. Multiplexing liefert höher Auflösungen und/oder ein schnelleres Abtasten für zwei- oder dreidimensionales Imaging.

[0128] Obwohl die Erfindung durch Bezugnahme auf verschiedene Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist es selbstverständlich, dass Änderungen und Modifikationen vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Es ist folglich beabsichtigt, dass die oben genannte detaillierte Beschreibung als ein Beispiel eines gegenwärtigen bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung verstanden werden soll und die Erfindung nicht definiert. Dies geschieht nur in den folgenden Ansprüchen, einschließlich aller Äquivalente, die den Schutzbereich dieser Erfindung definieren sollen.

Patentansprüche

1. Ultraschallsendeimpulsgebersystem mit Empfangskopplung, welches System aufweist: ein Transducerelement (**24**); eine Energiequelle (**302**); einen Verstärker (**94**); einen ersten Schalter (**86**), der mit dem Transducerelement (**24**) und einem ersten Eingang des Verstärkers (**94**) verbunden ist; und einen zweiten Schalter (**86**), der mit dem Transducerelement (**24**) und der Energiequelle (**302**) verbunden ist.
2. System nach Anspruch 1, bei dem der erste und der zweite Schalter (**86**) mit der gleichen Elektrode (**80**) des Transducerelements (**24**) verbunden sind.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Transducerelement (**24**) und der erste und der zweite Schalter (**86**) in einer Sonde (**20**) positioniert sind, und ferner mit einem Kabel (**22**), das zwischen die Sonde (**20**) und eine Basiseinheit (**12**) geschaltet werden kann.
4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Transducerelement (**24**) und der Verstärker (**94**) in einer Sonde (**20**) positioniert sind, und ferner mit einem Kabel (**22**), das die Sonde (**20**) und eine Basiseinheit (**12**) verbinden kann.
5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, ferner mit einem Multiplexer (**96**), der mit einem Ausgang des Verstärkers (**94**) und dem Kabel (**22**) verbunden ist, wobei der Multiplexer (**96**) in der Sonde (**20**) positioniert ist, die separat von der Basiseinheit (**12**) gebildet ist.
6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem mindestens zwei Dioden (**90**), (**92**) elektrisch mit dem ersten Schalter (**86**) und dem ersten Eingang des Verstärkers (**94**) verbunden sind, wobei die zwei Dioden (**90**), (**92**) eine Klemmdiode bilden.
7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ferner mit: einem dritten Schalter (**86**), der mit dem Transducerelement (**24**) und einem zweiten Eingang des Verstärkers (**94**) verbunden ist; und einem vierten Schalter (**86**), der mit dem Transducerelement (**24**) und der Energiequelle (**302**) verbunden ist.
8. System nach Anspruch 7, bei dem der erste, der zweite, der dritte und der vierte Schalter (**86**) eine H-Brücke von Transistoren um das Transducerelement (**24**) herum aufweist, wobei der erste und der zweite Schalter (**86**) mit einer ersten Elektrode (**80**) des Transducerelements (**24**) und der dritte und vierte Schalter (**86**) mit einer zweiten Elektrode (**82**) des Transducerelements (**24**) verbunden sind, und die zweite Elektrode (**82**) von der ersten Elektrode (**80**) verschieden ist.
9. System nach Anspruch 7 oder 8, ferner mit einer ersten und zweiten Klemmdiode, die mit dem ersten und dem zweiten Eingang des Verstärkers (**94**) jeweils verbunden sind, wobei der Verstärker (**94**) einen Differenzverstärker aufweist.
10. System nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem der erste und der dritte Schalter (**86**) leitend sind, und der zweite und vierte Schalter (**86**) nicht leitend sind, um eine im wesentlichen Nullspannung an das Transducerelement (**24**) zu liefern, wobei der erste und der vierte Schalter (**86**) leitend sind und der zweite und der dritte Schalter (**86**) nicht leitend sind, um eine positive Spannung an das Transducerelement (**24**) zu liefern, und der zweite und der dritte Schalter (**86**) leitend und der erste und der vierte Schalter (**86**) nicht leitend sind, um eine negative Spannung an das Transducerelement (**24**) zu liefern.
11. System nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der erste Schalter (**86**) leitend und der zweite

Schalter (86) nicht leitend sind, während des Empfangsbetriebs, und der erste und der zweite Schalter (86) zwischen einem leitenden und einem nicht leitenden Zustand während des Sendebetriebs alternieren.

12. System nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem das System keinen Schalter (86) aufweist, der betreibbar ist, um zwischen einem Sendeweg und einem Empfangsweg auszuwählen.

13. System nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem alle Elektroden des Transducerelements (24) nicht direkt mit Masse verbunden sind.

14. System nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem der Verstärker (94) einen Niederspannungsverstärker aufweist.

15. System nach Anspruch 9, bei dem der erste und der zweite Schalter (86) Hochspannungsschalter in einem ersten ASIC-Bauteil und die erste und zweite Klemmdiode und der Verstärker (94) Niederspannungsvorrichtungen in dem ersten ASIC-Bauteil aufweisen.

16. System nach einem der Ansprüche 7 bis 15, bei dem der erste und der dritte Schalter (86) erste abgestimmte Schalter und der zweite und vierte Schalter (86) zweite abgestimmte Schalter aufweisen.

17. Verfahren zur Verwendung eines Ultraschallsendeimpulsgebersystems mit Empfangskopplung, welches Verfahren aufweist:

- (a) schaltbares Verbinden des Transducerelements (24) mit einem ersten Eingang eines Verstärkers (94) mit einem ersten Schalter (86); und
- (b) schaltbares Verbinden einer Energiequelle (302) mit dem Transducerelement (24) mit einem zweiten Schalter (86);
- (c) alternierendes Ausführen der Schritte (a) und (b) während eines Sendebetriebs; und
- (d) Trennen der Energiequelle (302) mit dem zweiten Schalter (86) und Verbinden des Transducerelements (24) mit dem ersten Eingang mit dem ersten Schalter (86) während des Empfangsbetriebs.

18. Verfahren nach Anspruch 17, ferner mit:
(e) Begrenzen einer Spannung am Transducerelement (24) während der Schritte (a) und (d) mit einer Diodenklemme.

19. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem die Schritte (a) und (b) durchführbar sind, um mit einer ersten Elektrode (80) des Transducerelements (24) zu verbinden; ferner mit
(e) schaltbares Verbinden des Transducerelements (24) mit einem zweiten Eingang des Verstärkers (94) mit einem dritten Schalter (86);

(f) schaltbares Verbinden der Energiequelle (302) mit einer zweiten Elektrode (82) des Transducerelements (24) mit einem vierten Schalter (86), wobei die zweite Elektrode (82) von der ersten Elektrode (80) verschieden ist; und

(g) abwechselndes Ausführen der Schritte (e) und (f) während eines Sendebetriebs; wobei der Schritt (d) einen Schritt (i) aufweist, um die Energiequelle (302) mit dem zweiten und vierten Schalter (86) zu trennen und einen Schritt (ii), um die erste Elektrode (80) mit dem ersten Eingang mit dem ersten Schalter (86) zu verbinden, und um die zweite Elektrode (82) mit dem zweiten Eingang mit dem dritten Schalter (86) zu verbinden, während des Empfangsbetriebs.

20. Ultraschallimpulsgebersystem mit Empfangskopplung, welches System aufweist:

ein Transducerelement (24), das eine erste und eine zweite Elektrode (80, 82) auf gegenüberliegenden Seiten eines Transducermaterials aufweist; eine H-Brücke von Transistoren (86), wobei ein erster und ein zweiter Transistor (86) der H-Brücke mit der ersten Elektrode (80) und ein dritter und vierter Transistor (86) der H-Brücke mit der zweiten Elektrode (82) verbunden sind;

einen Differenzempfangsverstärker (94), der mit dem ersten und dritten Transistor (86) verbunden ist; und eine erste und zweite Diodenklemme, die mit dem ersten und dritten Transistor (86) jeweils verbunden sind.

21. System nach Anspruch 20, bei dem der erste und der zweite Schalter (86) mit einer ersten Elektrode (30) des Transducerelements (24) verbunden sind, und eine zweite Elektrode (82) des Transducerelements (24) mit Masse verbunden ist.

22. Ultraschallsystem für ein medizinisches Diagnoseimaging, welches System aufweist:

einen Transducer, der mindestens ein Element (24) aufweist;
einen Empfangsstrahlformer, der einen Verstärker (94) aufweist, wobei der Empfangsstrahlformer mit dem Transducer verbunden ist;
einem Sendestrahlformer, der eine Energiequelle (302) aufweist, einen ersten Schalter (86), der mit dem mindestens einem Transducerelement (24) und einem ersten Eingang des Verstärkers (94) verbunden ist, und einen zweiten Schalter (86), der mit mindestens einem Transducerelement (24) und der Energiequelle (302) verbunden ist; und
einem Bildprozessor (16), der mit dem Empfangsstrahlformer verbunden ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

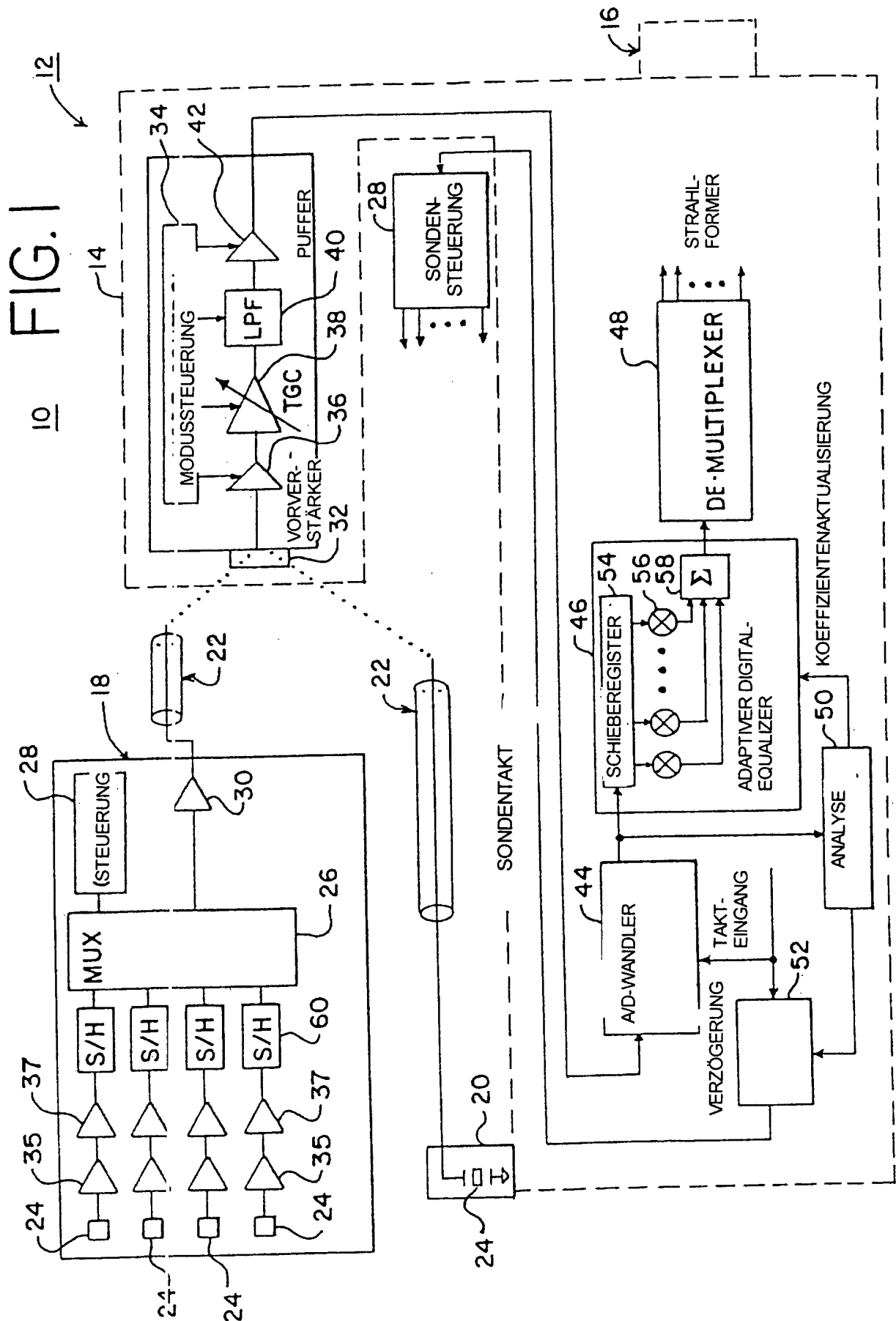


FIG.2

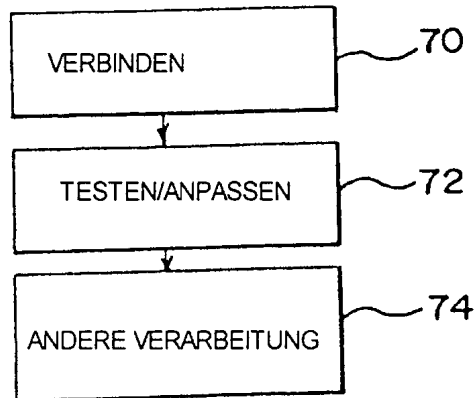


FIG.3

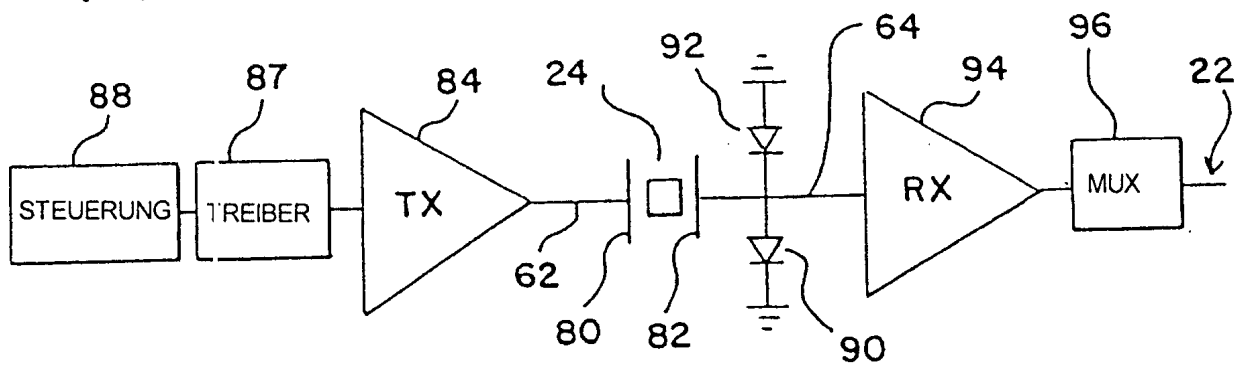


FIG.4

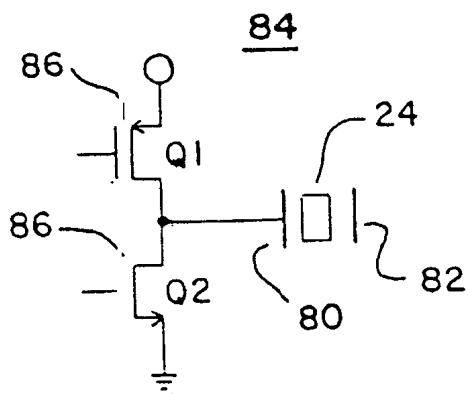


FIG.5

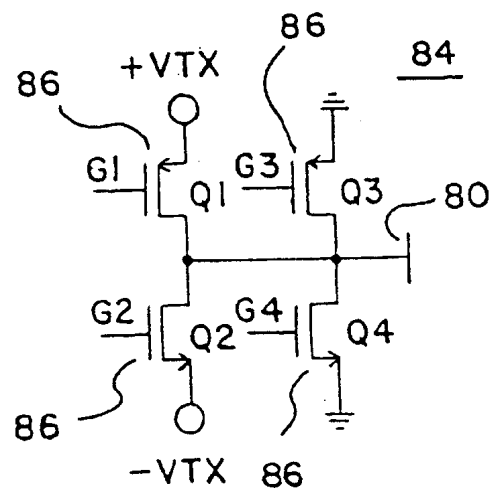


FIG.6

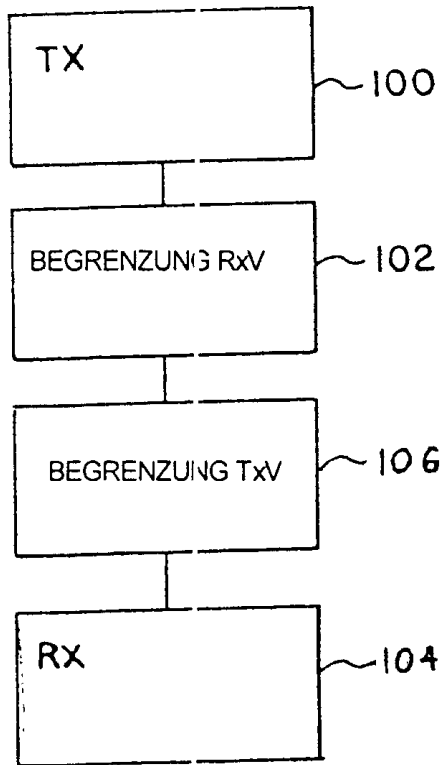


FIG.7

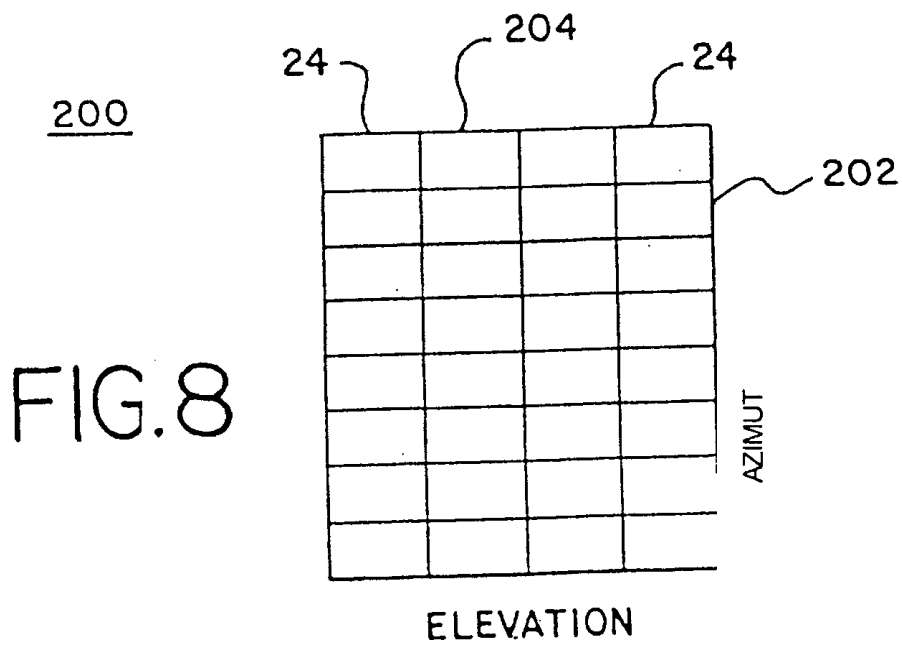
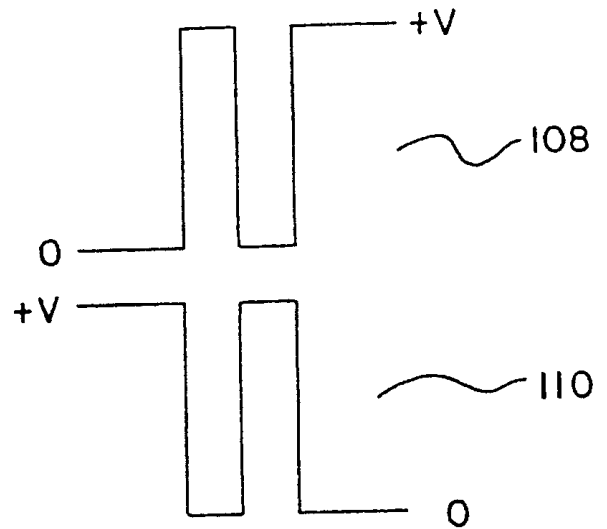


FIG.8

FIG. IIA

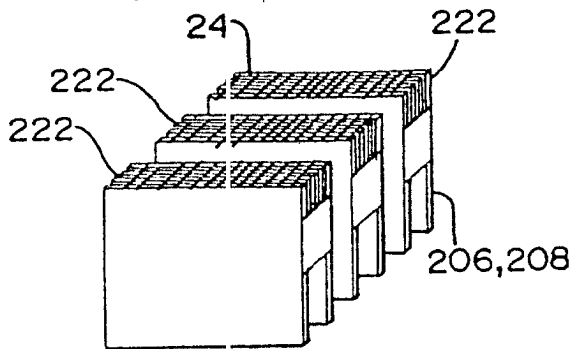


FIG. IIB

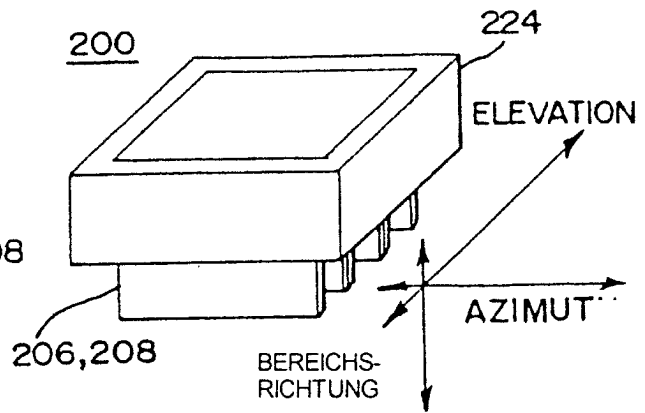


FIG. 9

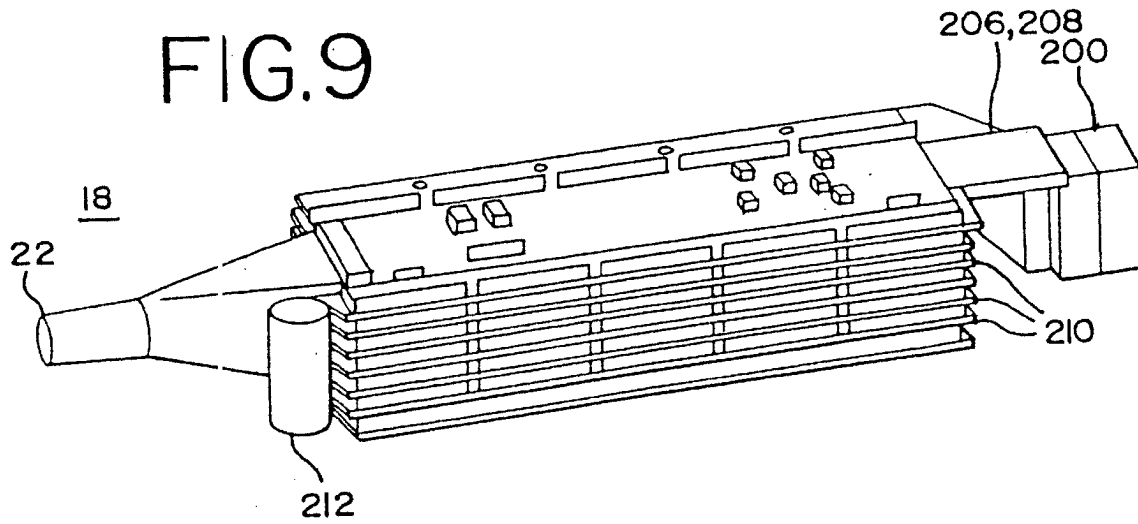


FIG. 10

