



(10) **DE 10 2020 121 918 A1** 2021.03.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 121 918.0**

(22) Anmeldetag: **21.08.2020**

(43) Offenlegungstag: **04.03.2021**

(51) Int Cl.: **G01H 11/06** (2006.01)

G01H 3/00 (2006.01)

G01B 17/06 (2006.01)

G01B 17/08 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

G01N 29/06 (2006.01)

H04R 3/00 (2006.01)

H04R 19/04 (2006.01)

B81B 7/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2019-159761 **02.09.2019** **JP**

(71) Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Strehl Schübel-Hopf & Partner mbB
Patentanwälte European Patent Attorneys, 80538
München, DE

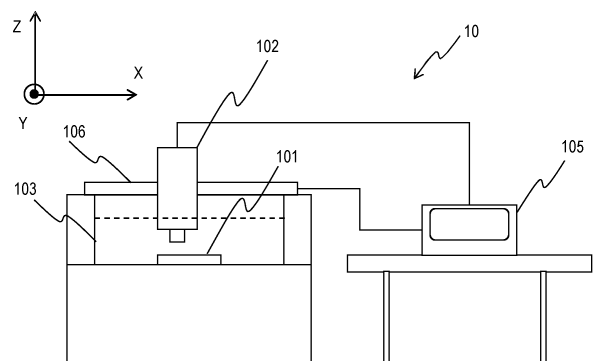
(72) Erfinder:
Takezaki, Taiichi, Tokyo, JP; Machida, Shuntaro,
Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Messung von Ultraschallwellen unter Verwendung eines kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlers**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Messen von Ultraschallwellen unter Verwendung eines kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlers wird offenbart. Das Verfahren umfasst das Messen einer Ultraschallwelle durch Anlegen einer Vorspannung an den kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler in jeder von einer Vielzahl von ersten Perioden und das Anlegen einer Spannung, die größer oder gleich 0 Volt und kleiner als die Vorspannung ist, an den kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler in einer zweiten Periode zwischen zwei ersten Perioden unter der Vielzahl von ersten Perioden.



Beschreibung**PRIORITÄTSANSPRUCH**

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der japanischen Patentanmeldung JP2019-159761, die am 2. September 2019 eingereicht wurde und deren Inhalt hiermit durch Verweis in diese Anmeldung aufgenommen wird.

HINTERGRUND

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung einer Ultraschallwelle unter Verwendung eines kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlers.

[0003] Bisher wurden als elektroakustisches Austauschelement für eine Sonde einer Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung piezoelektrische Keramiken wie z.B. PZT (Blei-Zirkonat-Titanat) verwendet. WO2006/109501 offenbart ein Testverfahren für piezoelektrische Elemente.

[0004] In den letzten Jahren hat ein CMUT-Wandler (kapazitiver mikrobearbeiteter Ultraschallwandler), der eine breitere Bandcharakteristik als piezoelektrische Keramiken aufweist, die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, und die Forschung und Entwicklung von CMUT-Wandlern wurde vorangetrieben. Ein kapazitiver mikrobearbeiteter Ultraschallwandler weist einen hohlen Abschnitt in einem Halbleitersubstrat auf, der von einer Isolierschicht bedeckt ist. Unter dem hohlen Abschnitt ist eine untere Elektrode angeordnet, und über dem hohlen Abschnitt ist eine Membran mit einer oberen Elektrode angeordnet.

[0005] Der kapazitive mikrobearbeitete Ultraschallwandler legt zwischen der unteren Elektrode und der oberen Elektrode eine Spannung an, um eine Potentialdifferenz zu erzeugen, wodurch in der Membran über dem hohlen Abschnitt eine elektrostatische Kraft erzeugt wird. Beim Senden von Ultraschallwellen versetzt der kapazitive mikrobearbeitete Ultraschallwandler die Membran in Schwingung, indem er eine Gleichstrom-Vorspannung anlegt, die mit einer Wechselstrom-Spannung überlagert wird und die auf die Membran einwirkende elektrostatische Kraft mit der Zeit verändert. Beim Empfangen von Ultraschallwellen wird die Vibration der Membran bei anliegender Gleichstrom-Vorspannung als Kapazitätsänderung zwischen der oberen Elektrode und der unteren Elektrode erkannt.

ZUSAMMENFASSUNG

[0006] Die Empfangsempfindlichkeit kann durch Erhöhen der Vorspannung am kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler verbessert werden. Doch wenn eine hohe Vorspannung kontinuierlich über ei-

nen längeren Zeitraum angelegt wird, nimmt die Empfangsempfindlichkeit eines kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlers stark ab. Daher besteht ein Bedarf an einer Technologie zur Erhöhung der Zuverlässigkeit bei gleichzeitiger Unterdrückung einer Abnahme der Empfangsempfindlichkeit von kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlern.

[0007] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Messen von Ultraschallwellen unter Verwendung eines kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlers, umfassend: Messen einer Ultraschallwelle durch Anlegen einer Vorspannung an den kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler in jeder von einer Vielzahl von ersten Perioden; und Anlegen einer Spannung, die größer oder gleich 0 Volt und kleiner als die Vorspannung ist, an den kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler in einer zweiten Periode zwischen zwei ersten Perioden unter der Vielzahl von ersten Perioden.

[0008] Einer repräsentativen Ausführungsform gemäß ist es möglich, eine Abnahme der Empfangsempfindlichkeit von kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlern zu unterdrücken.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Gesamtkonfiguration einer Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung zeigt;

Fig. 2 ist ein Blockschaltbild, das eine beispielhafte Hardware-Konfiguration der Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung zeigt.

Fig. 3 ist eine schematische Darstellung der Querschnittsstruktur eines Basis-CMUT-Wandlers;

Fig. 4 ist eine schematische Darstellung eines CMUT-Wandlers, der eine Ultraschallwelle empfängt;

Fig. 5 stellt die zeitliche Änderung der am CMUT-Wandler angelegten Gleichspannung dar;

Fig. 6 ist ein Graph, der eine Änderung der Empfangsempfindlichkeit zeigt, wenn die am CMUT-Wandler angelegte Spannung intermittierend reduziert wird, und eine Änderung der Empfangsempfindlichkeit, wenn die Gleichstrom-Vorspannung kontinuierlich angelegt wird;

Fig. 7 zeigt ein Beispiel einer zeitlichen Änderung der am CMUT-Wandler angelegten Gleichspannung, wobei die Periode B mit dem Austausch abzubildender Proben zusammenfällt;

Fig. 8 ist eine schematische Darstellung, die eine Beziehung zwischen einem durch die Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung erzeugen Ultra-

schallbild und der Trajektorie der Abbildungsposition veranschaulicht; und

Fig. 9 ist ein Ablaufplan, der ein Beispiel eines Verfahrens zur Ansteuerung des CMUT-Wandlers zeigt, das vom Ergebnis des Empfindlichkeitstests abhängig ist.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0009] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden Bezug nehmend auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es ist anzumerken, dass die Ausführungsformen lediglich Beispiele dafür sind, wie die vorliegende Erfindung ausgeführt werden kann, und den technischen Umfang der vorliegenden Erfindung nicht einschränken sollen. Mehrfachbeschreibungen werden der Klarheit der Beschreibung halber ausgelassen.

Ausführungsform 1

[0010] Ein Konfigurationsbeispiel einer Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung dieser Ausführungsform wird Bezug nehmend auf **Fig. 1** und **Fig. 2** erläutert. **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht, die eine Gesamtkonfiguration einer Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung zeigt. **Fig. 2** ist ein Blockschaltbild, das eine beispielhafte Hardware-Konfiguration der Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung zeigt. In **Fig. 1** und **Fig. 2** wird als Beispiel für eine Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung ein Ultraschallprüfgerät dargestellt.

[0011] Wie in **Fig. 1** dargestellt, umfasst eine Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung **10** einen abzubildenden Gegenstand **101**, eine Ultraschallsonde **102**, einen Wassertank **103**, eine Steuer- und Analysevorrichtung **105** und eine Abtasteinrichtung **106**. Der abzubildende Gegenstand **101** ist im Wassertank **103** enthalten. Die Abtasteinrichtung **106** bewegt die Ultraschallsonde **102** in der XY-Ebene entlang der X-Achse und der Y-Achse.

[0012] Die Ultraschallsonde **102** ist eine Vorrichtung, die Ultraschallwellen zum abzubildenden Gegenstand **101** sendet und vom diesem empfängt, und umfasst eine Ultraschallwandleranordnung, die aus einer Anzahl von zweidimensional angeordneten Ultraschallwandlern, einer akustischen Linse, die Ultraschallwellen von der Ultraschallwandleranordnung sammelt, einem Stützelement und dergleichen besteht. Der Ultraschallwandler dieser Ausführungsform ist ein CMUT-Wandler (kapazitiver mikrobearbeiteter Ultraschallwandler).

[0013] Die Steuer- und Analysevorrichtung **105** ist ein Beispiel für ein Steuergerät und ist derart mit der Ultraschallsonde **102** und der Abtasteinrichtung **106** verbunden, dass diese miteinander kommunizieren können, und die Steuer- und Analysevorrichtung

105 ist dazu konfiguriert, die Sonde **102** und die Abtasteinrichtung **106** zu steuern. Das heißt, die Steuer- und Analysevorrichtung **105** steuert die Abtasteinrichtung **106** und bewegt die Ultraschallsonde **102** in Richtungen entlang der X- und Y-Achse, um ein Bild des abzubildenden Gegenstands **101** zu erhalten. Die Steuer- und Analysevorrichtung **105** steuert die Ultraschallsonde **102** an und verarbeitet ein Signal (Echosignal) von der Ultraschallsonde **102**, die eine Ultraschallwelle empfängt, wodurch ein Ultraschallbild des abzubildenden Gegenstands **101** erzeugt wird.

[0014] **Fig. 1** stellt als Beispiel für die Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung eine reflektierende Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung dar. Die Ultraschallsonde **102** erzeugt Ultraschallwellen, sendet die Ultraschallwellen zum abzubildenden Gegenstand **101** und empfängt Ultraschallwellen, die vom abzubildenden Gegenstand **101** reflektiert wurden. Das Verfahren zur Ansteuerung des kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlers dieser Ausführungsform ist auf Ultraschall-Bildgebungsvorrichtungen verschiedenen Typs anwendbar.

[0015] Das Steuerverfahren dieser Ausführungsform ist zum Beispiel auf einen transmissiven Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung anwendbar. In einer transmissiven Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung sendet eine Ultraschallsonde keine Ultraschallwellen, sondern empfängt Ultraschallwellen, die von einem anderen Gerät gesendet wurden und den abzubildenden Gegenstand durchlaufen haben. Das Steuerverfahren dieser Ausführungsform ist auch auf eine Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung anwendbar, die keine Abtasteinrichtung aufweist, die die Ultraschallsonde **102** mechanisch bewegt, auf eine Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung, die dazu konfiguriert ist, den abzubildenden Gegenstand abzutasten, indem sie Ultraschallwandler wählt, um Ultraschallwellen sequentiell zu erzeugen, und dergleichen.

[0016] Das Steuerverfahren dieser Ausführungsform ist auch auf eine tragbare oder mobile Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung, ein Ultraschall-Diagnosegerät und dergleichen anwendbar. Wie oben beschrieben, ist das Steuerverfahren der vorliegenden Erfindung auf Ultraschallsonden jeden Typs anwendbar, die einen kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler verwenden.

[0017] In **Fig. 2** umfasst die Steuer- und Analysevorrichtung **105** eine Schnittstelle **151** zur Ultraschallsonde, einen Prozessor **152**, ein Speichergerät **153**, ein Eingabegerät **154**, ein Anzeigegerät **155**, ein Signalverarbeitungsgerät **156** und eine Schnittstelle **157** zur Abtasteinrichtung, die über einen Bus miteinander kommunizieren können.

[0018] Wie oben beschrieben, sendet die Ultraschallsonde **102** Ultraschallwellen zum abzubildenden Gegenstand **101** und empfängt Ultraschallwellen vom abzubildenden Gegenstand **101**. Die Ultraschallsonde **102** sendet Ultraschallwellen durch Wasser zum abzubildenden Gegenstand **101**. Das Echo vom abzubildenden Gegenstand **101** wird von der Ultraschallsonde **102** durch Wasser empfangen. Die Ultraschallsonde **102** ist zur Kommunikation elektrisch mit der Ultraschallsondenschnittstelle **151** verbunden. Die Ultraschallsondenschnittstelle **151** umfasst eine Sende/Empfangs-Trennschaltung, eine Sendeschaltung, eine Gleichstrom-Vorspannungsschaltung, eine Empfangsschaltung, eine Verzögerungsschaltung, eine Verstärkungsanpassungsschaltung, eine Filterschaltung, eine Analog-Digital-Schaltung und dergleichen.

[0019] Beim Senden von Ultraschallwellen sendet die Ultraschallsondenschnittstelle **151** ein Steuersignal (Steuerspannung), das aus einem Gleichstrom-Vorspannungssignal (Gleichstrom-Vorspannung) besteht, das mit einem Wechselstrom-Signal (Wechselstrom-Spannung) überlagert ist, zur Ultraschallsonde **102**. Beim Empfangen des Echos (Ultraschallwellen), das vom abzubildenden Gegenstand **101** reflektiert wird, empfängt die Ultraschallsondenschnittstelle **151** von der Ultraschallsonde **102** ein Messsignal (Echosignal), das dem Echo entspricht, das von der Ultraschallsonde **102** empfangen wurde, während das Gleichstrom-Vorspannungssignal anlag. Die Ultraschallsondenschnittstelle **151** führt am empfangenen Echosignal Verarbeitungen wie z.B. eine Verzögerung, Verstärkungsanpassung, Filterung, Analog-Digital-Wandlung und dergleichen durch.

[0020] Das Signalverarbeitungsgerät **156** ist dazu konfiguriert, am empfangenen Echosignal Verarbeitungen wie z.B. eine LOG-Komprimierung und Tiefenkorrektur durchzuführen, die zur Korrektur und Bilderzeugung erforderlich sind, und kann einen DSC (Digital Scan Converter), eine Farbdopplerschaltung, einen FFT-Analysator und dergleichen umfassen. Die Signalverarbeitung durch das Signalverarbeitungsgerät **156** kann teilweise durch Software, aber auch durch eine ASIC (anwendungsspezifische integrierte Schaltung) und ein FPGA (programmierbares Logikgatter) durchgeführt werden.

[0021] Das Anzeigegerät **155** zeigt Bilder an, die durch das Signalverarbeitungsgerät **156** erzeugt werden. Das Anzeigegerät **155** zeigt auch eine grafische Benutzeroberfläche an, die Bedieninformation für den Benutzer anzeigt. Das Eingabegerät **154** ist ein Gerät, mit welchem Benutzer Daten (einschließlich Befehle) eingeben, wie zum Beispiel ein Trackball, eine Tastatur und eine Maus.

[0022] Der Prozessor **152** steuert andere Komponenten der Steuer- und Analysevorrichtung **105**. Zum

Beispiel erzeugt der Prozessor **152** ein Steuersignal, das über die Abtasteinrichtungsschnittstelle **157** an die Ultraschallsonde **102** ausgegeben wird. Der Prozessor **152** steuert die Abtasteinrichtung **106** und bewegt die Ultraschallsonde **102** über die Abtasteinrichtungsschnittstelle **157** in eine gewünschte Position.

[0023] Der Prozessor **152** kann aus einer Signalverarbeitungseinheit oder einer Vielzahl von Verarbeitungseinheiten bestehen und kann eine Signalverarbeitungseinheit oder eine Vielzahl von Rechneinheiten oder eine Vielzahl von Verarbeitungskernen umfassen. Der Prozessor **152** kann eine oder mehrere Zentraleinheit(en), einen Mikroprozessor, einen Mikrocomputer, einen Mikrocontroller, einen digitalen Signalprozessor, eine Zustandsmaschine, eine Logikschaltung, eine Grafikverarbeitungseinheit, ein Chip-on-System und/oder eine Einheit umfassen, die auf der Basis eines Steuerbefehls Signale verarbeitet.

[0024] Das Speichergerät **153** speichert Befehls-codes, die vom Prozessor **152** ausgeführt werden, Information, die zur Signalverarbeitung und Steuerung benötigt wird, Parameter und Verarbeitungsergebnisse. Das Speichergerät **153** kann ein oder mehrere flüchtige Speichergerät(e) und/oder ein oder mehrere nichtflüchtige Speichergerät(e) umfassen. Das flüchtige Speichergerät und das nichtflüchtige Speichergerät können einen Datenträger zum Speichern von Daten umfassen.

[0025] Die Grundstruktur und Arbeitsweise eines CMUT-Wandlers werden nun Bezug nehmend auf **Fig. 3** erläutert. **Fig. 3** ist eine schematische Darstellung einer Querschnittsstruktur eines Basis-CMUT-Wandlers **200**. Ein Substrat **201** weist eine Isolierschicht **204A** auf, die darauf gebildet ist, und auf der Isolierschicht **204A** ist eine untere Elektrode **202** gebildet. Oberhalb der unteren Elektrode **202** ist ein hohler Abschnitt **203** ausgebildet, der von einer Isolierschicht **204B** umgeben ist. Ein Teil der Isolierschicht **204B** über dem hohlen Abschnitt **203** und der oberen Elektrode **205** bildet eine Membran **206**.

[0026] Die Isolierschichten **204A** und **204B** sind aus Si_xO_y (Siliziumoxid), Si_xN_y (Siliziumnitrid), $\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ (Siliziumoxynitrid), Hf_xO_y (Hafniumoxid), Y-dotiertem Hf_xO_y (mit Yttrium dotiertes Hafniumoxid), Si-dotiertem Hf_xO_y (mit Silizium dotiertes Hafniumoxid), $\text{La}_x\text{Ta}_y\text{O}_z$ (Lanthanoxid + Tantaloxid) und dergleichen hergestellt. Ihre Dicke liegt zum Beispiel in einem Bereich von 10 nm bis 5000 nm.

[0027] Die Höhe des hohlen Abschnitts **203** liegt zum Beispiel in einem Bereich von 10 nm bis 5000 nm. Die Planarform des hohlen Abschnitts **203** kann eine beliebige Form wie z.B. ein Viereck, ein Kreis oder ein Vieleck sein. Die Planargröße des hohlen Abschnitts **203** variiert abhängig vom Frequenzband

der Membran **206**, ist jedoch so eingestellt, dass die Länge einer Seite im Bereich von etwa 100 nm bis 1.000.000 nm liegt, wenn die Planarform des hohlen Abschnitts **203** zum Beispiel ein Viereck ist.

[0028] Die untere Elektrode **202** und die obere Elektrode **205** können aus einem Metall oder aus einem Halbleiter bestehen, das mit einer hochdichten Verunreinigung dotiert ist, und Beispiele dafür schließen W, Ti, TiN, Al, Cr, Pt, At, Si, Poly-Si und amorphes Si ein.

[0029] Beim Senden von Ultraschallwellen überlagert die Steuer- und Analysevorrichtung **105** eine Gleichstrom-Vorspannung zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202** mit einer Wechselstrom-Spannung. Dadurch wirkt zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202** eine elektrostatische Kraft, die bewirkt, dass die Membran **206** mit der Frequenz der angelegten Wechselspannung vibriert, wodurch Ultraschallwellen erzeugt werden. Durch Anlegen einer Wechselspannung, deren Frequenz in der Nähe der Resonanzfrequenz der Membran **206** liegt, können Ultraschallwellen effizienter erzeugt werden.

[0030] Beim Empfangen von Ultraschallwellen legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202** eine Gleichstrom-Vorspannung an. Eine konstante Gleichspannung der Gleichstrom-Vorspannung wird an die Membran **206** angelegt, um eine elektrostatische Kraft zu erzeugen, und die Membran **206** vibriert aufgrund des Drucks der Ultraschallwellen, die die Oberfläche der Membran **206** erreichen. Dadurch verändert sich der Abstand zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202**, und es ist möglich, Ultraschallwellen zu messen, indem die Kapazitätsänderung in eine Spannungsänderung umgewandelt wird. Auch bei diesem Prozess können Ultraschallwellen, deren Frequenz in der Nähe der Resonanzfrequenz der Membran **206** liegt, effizienter empfangen werden.

[0031] Fig. 4 ist eine schematische Darstellung eines CMUT-Wandlers **200**, der eine Ultraschallwelle **211** empfängt. Eine Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} liegt zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202** an. Obwohl dies in Fig. 4 nicht dargestellt ist, erzeugt die Gleichstromvorspannung V_{dc} eine elektrostatische Anziehungskraft zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202**, und der Abstand zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202** wird durch das Verhältnis zwischen der Abstoßungskraft der Membran **206** und der elektrostatischen Anziehungskraft bestimmt.

[0032] In einem Zustand, in welchem die Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} anliegt, ist d_0 der äqui-

valente Abstand im Vakuum zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202**, und E ist die elektrische Feldstärke zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202**. Die Ultraschallwellen-Empfangsempfindlichkeit des CMUT-Wandlers **200** ist proportional zu d_0/E . Das heißt, um die Empfangsempfindlichkeit zu erhöhen, ist es notwendig, eine höhere Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} anzulegen.

[0033] Wenn eine hohe Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} jedoch kontinuierlich an den CMUT-Wandler **200** angelegt wird, nimmt die Empfangsempfindlichkeit des CMUT-Wandlers **200** allmählich ab. Es wird angenommen, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass Elektronen aufgrund der Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} in die Isolierschicht eingedrungen sind. Die Elektronen in der Isolierschicht schwächen die elektrische Feldstärke zwischen der oberen Elektrode **205** und der unteren Elektrode **202**.

[0034] Wenn das Anlegen der Spannung an den CMUT-Wandler **200** unterbrochen wird, verbessert sich die Empfangsempfindlichkeit. Es wird angenommen, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass Elektronen aus der Isolierschicht zu den Elektroden zurückkehren. Wenn eine hohe Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} jedoch über einen langen Zeitraum hinweg kontinuierlich an den CMUT-Wandler **200** angelegt wird, bleibt die Empfangsempfindlichkeit auf einem niedrigen Niveau. Es wird angenommen, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass Elektronen aufgrund ihres Energieniveaus in der Isolierschicht eingefangen sind.

[0035] Die Steuer- und Analysevorrichtung **105** dieser Ausführungsform unterdrückt eine Abnahme der Empfangsempfindlichkeit des CMUT-Wandlers **200**, indem er die Gleichspannung, die während der Messung von Ultraschallwellen mit der Ultraschallsonde **102** an den CMUT-Wandler **200** angelegt wird, an geeigneten Zeitpunkten reduziert. Fig. 5 veranschaulicht die zeitliche Änderung der Gleichspannung, die an den CMUT-Wandler **200** angelegt wird. Eine Periode A301 alterniert mit einer Periode B302. Der Steuermodus A des CMUT-Wandlers **200** in der Periode A301 unterscheidet sich vom Steuermodus B des CMUT-Wandlers **200** in der Periode B302.

[0036] In der Periode A301 (Steuermodus A) legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** die Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} an den CMUT-Wandler **200** an. Die Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} ist größer als 0 Volt. In der Periode A301 misst die Steuer- und Analysevorrichtung **105** mit der Ultraschallsonde **102** das Echo des abzubildenden Gegenstands **101** und erzeugt ein Bild des abzubildenden Gegenstands **101**.

[0037] In dem Beispiel, das in Fig. 5 dargestellt ist, wird sowohl beim Senden als auch beim Empfangen

gen die gleiche Gleichstrom-Vorspannung an den CMUT-Wandler **200** angelegt. Beim Senden einer Ultraschallwelle wird die Gleichstrom-Vorspannung mit einer Wechselstrom-Spannung überlagert. Die Gleichstrom-Vorspannung beim Senden und Empfangen kann verschieden sein. In einer transmissiven Ultraschall-Bildgebungs Vorrichtung führt der CMUT-Wandler **200** in der Periode A301 nur den Empfang durch, und daher wird nur die Gleichstrom-Vorspannung angelegt.

[0038] In der Periode B302 (Steuermodus B) unterbricht die Steuer- und Analysevorrichtung **105** die Messung von Ultraschallwellen mit der Ultraschallsonde **102**. In der Periode B302 legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** eine Spannung, die größer oder gleich 0 Volt, jedoch nicht größer als die Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} ist, an den CMUT-Wandler **200** an. Im Beispiel von **Fig. 5** werden in der Periode B302 0 Volt an den CMUT-Wandler **200** angelegt.

[0039] Hier weist die Spannung eine Richtung (Polarität) auf. Wenn eine Spannung größer als 0 Volt angelegt wird, ist die Polarität der Spannung (Richtung der Spannung oder des elektrischen Felds) dieselbe wie die Polarität in der Periode A301. Wenn das Potential der oberen Elektrode **205** zum Beispiel in der Periode A301 höher ist als das Potential der unteren Elektrode **202**, ist das Potential der oberen Elektrode **205** in der Periode B302 größer oder gleich dem Potential der unteren Elektrode **202**.

[0040] Wenn eine Spannung, die in der Periode B302 an den CMUT-Wandler **200** angelegt wird, niedriger gemacht wird als die Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} in der Periode A301, können Elektronen, die in der Isolierschicht eingefangen sind, leichter aus der Isolierschicht zu den Elektroden entweichen. Dadurch kann die Empfindlichkeit des CMUT-Wandlers **200**, die während der Periode A301 abgenommen hat, wiederhergestellt werden, was dazu beiträgt, zu verhindern, dass die Empfindlichkeit des CMUT-Wandlers **200** ständig niedrig ist. Mit 0 Volt lässt sich die größte Wirkung erreichen.

[0041] Die Spannung, die während der Periode B302 an den CMUT-Wandler **200** angelegt wird, ist 0 Volt oder eine Spannung mit derselben Polarität wie die Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} in der Periode A301, und daher kann die Stromquellschaltung, die eine Spannung an den CMUT-Wandler **200** anlegt, im Vergleich zu dem Fall, in welchem eine Spannung mit entgegengesetzter Polarität angelegt wird, eine einfachere Konfiguration haben.

[0042] In dem Beispiel, das in **Fig. 5** dargestellt ist, ist die Periode A301 länger als die Periode B302. Daher unterscheidet sich die Zeit, die benötigt wird, um mit der Ultraschallsonde **102** Ultraschallwellen zu messen und aus gemessenen Ultraschallwellen ein

Bild zu erzeugen, kaum von dem Fall, in welchem keine Periode B302 auftritt. Die Periode A301 dauert Minuten oder Stunden lang, doch die Periode B302 dauert Sekunden lang.

[0043] In dem Beispiel, das in **Fig. 5** dargestellt ist, ist die Länge der sich wiederholenden Perioden A301 gleich, und auch die Länge der Perioden B302 ist gleich. In anderen Beispielen kann ein Teil oder die Gesamtheit der Perioden A301 unterschiedlich lang sein, und ein Teil oder die Gesamtheit der Perioden B302 kann unterschiedlich lang sein. Der Maximalwert der Periode B302 ist kleiner als der Minimalwert der Periode A301. Der Maximalwert der Periode B302 kann auch größer als der Minimalwert der Periode A301 sein.

[0044] In der Periode B302 schließt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** zum Beispiel die obere Elektrode **205** und die untere Elektrode **205** kurz, um 0 Volt anzulegen. Alternativ dazu kann die Steuer- und Analysevorrichtung **105** an die obere Elektrode **205** und die untere Elektrode **202** die gleiche konstante Spannung von einer Leitung mit konstantem Potential (wie z.B. eine Masseleitung oder Stromquellenleitung) anlegen.

[0045] Im Beispiel von **Fig. 5** bleibt eine Vorspannung in der Periode A301 konstant, und im Beispiel von **Fig. 5** bleibt eine Spannung in der Periode B302 konstant. Dies erleichtert die Ansteuerung des CMUT-Wandlers **200**. In anderen Beispielen kann die Vorspannung zum Beispiel in der Periode A301 größer als 0 Volt sein und abhängig von der Abbildungsposition variieren, solange sie die gleiche Polarität hat. Auch die Spannung in der Periode B302 kann variieren. In der Konfiguration, in welcher die Vorspannung während der Periode A301 variiert und/oder die angelegte Spannung während der Periode **A302** variiert, ist der Maximalwert der angelegten Spannung während der Periode B302 kleiner als der Minimalwert der Vorspannung während der Periode A301.

[0046] Im Beispiel von **Fig. 5** alterniert die Periode A301 mit der Periode B302. Dies ermöglicht es, eine Abnahme der Empfangsempfindlichkeit des CMUT-Wandlers **200** wirksamer zu unterdrücken. In anderen Beispielen kann die Periode B302 nach einer Vielzahl von Perioden A301 eingefügt werden, und die Häufigkeit, mit welcher die Periode B302 zwischen zwei aufeinanderfolgenden Perioden A301 eingefügt wird, muss nicht gleichbleibend sein. Wie oben beschrieben, ist es durch jeweiliges Einfügen einer Periode B302 zwischen zwei aufeinanderfolgenden Perioden A301 möglich, eine Abnahme in der Empfangsempfindlichkeit des CMUT-Wandlers **200** wirksamer zu unterdrücken. Die Häufigkeit der Periode B302 ist nach Wunsch einstellbar. Zum Beispiel kann die Periode B302 während der Betriebszeit

der Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung **10** nur einmal auftreten.

[0047] In der Periode B302 kann die Steuer- und Analysevorrichtung **105** eine Vorspannung größer als 0 Volt anlegen und Ultraschallwellen mit der Ultraschallsonde **102** messen. In dieser Konfiguration ist der Maximalwert der Spannung, die während der Periode B302 angelegt wird, kleiner als der Minimalwert der Spannung, die während der Periode A301 angelegt wird.

[0048] Fig. 6 ist ein Graph, der eine Änderung der Empfangsempfindlichkeit zeigt, wenn die an den CMUT-Wandler **200** angelegte Spannung intermittierend reduziert wird, und eine Änderung der Empfangsempfindlichkeit, wenn die Gleichstrom-Vorspannung kontinuierlich angelegt wird. Im Graphen von Fig. 6 zeigt die Linie **321** eine zeitliche Änderung der Empfangsempfindlichkeit an, wenn die Gleichstrom-Vorspannung in der Periode A301 60 Volt ist, die Länge der Periode A301 20 Minuten beträgt, die Spannung in der Periode B302 0 Volt ist, und die Länge der Periode B302 10 Sekunden beträgt. Die Linie **322** zeigt eine zeitliche Änderung der Empfangsempfindlichkeit an, wenn die Gleichstrom-Vorspannung von 60 Volt kontinuierlich angelegt wird. Wie in Fig. 6 gezeigt, ist es durch intermittierendes Reduzieren der an den CMUT-Wandler **200** angelegten Spannung möglich, eine Abnahme der Empfangsempfindlichkeit zu unterdrücken.

Ausführungsform 2

[0049] Als nächstes wird ein Anwendungsbeispiel der Periode A und der Periode B erläutert. Fig. 7 zeigt ein Beispiel einer zeitlichen Änderung der an den CMUT-Wandler **200** angelegten Gleichspannung, wobei die Periode B mit dem Austausch von abzubildenden Proben zusammenfällt. Die abzubildenden Proben (zu messende Objekte) sind zum Beispiel Proben eines zu prüfenden Industrieprodukts. Wie in Fig. 7 dargestellt, legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** in der Periode A301-1 die Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} an den CMUT-Wandler **200** an, misst die Ultraschallwellen von der Probe 1 und erzeugt ein Bild.

[0050] In der Periode B302-1, die auf die Periode A301-1 folgt, legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** 0 Volt an den CMUT-Wandler **200** an. Während der Periode B302-1 wird die abzubildende Probe von Probe 1 auf Probe 2 gewechselt. In der Periode A301-2, die auf die Periode B302-1 folgt, legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** die Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} an den CMUT-Wandler **200** an, misst Ultraschallwellen von der Probe 2 und erzeugt ein Bild.

[0051] In der Periode B302-2, die auf die Periode A301-2 folgt, legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** 0 Volt an den CMUT-Wandler **200** an. Während der Periode B302-2 wird die abzubildende Probe von Probe 2 auf Probe 3 gewechselt. In der Periode A301-3, die auf die Periode B302-2 folgt, legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** die Gleichstrom-Vorspannung V_{dc} an den CMUT-Wandler **200** an, misst Ultraschallwellen von der Probe 3 und erzeugt ein Bild.

[0052] Die Steuer- und Analysevorrichtung **105** ist in der Lage, zeitgleich mit dem Austausch von abzubildenden Proben automatisch vom Periode A-Steuermodus in den Periode B-Steuermodus umzuschalten und den Periode A-Steuermodus einem Befehl vom Eingabegerät **154** entsprechend in den Periode B-Steuermodus umschalten.

[0053] Wie oben beschrieben, ist es durch Reduzieren der an den CMUT-Wandler **200** angelegten Spannung während des Austauschs von abzubildenden Proben möglich, eine Abnahme der Empfangsempfindlichkeit des CMUT-Wandlers **200** zu unterdrücken, ohne die Bildgebungszeit zu beeinflussen. Solch eine Konfiguration der Periode A und der Periode B ist zum Beispiel auf ein Ultraschall-Diagnosegerät anwendbar. Die Steuer- und Analysevorrichtung **105** legt während einer Periode, in welcher zum Beispiel ein Patient als abzubildender Gegenstand durch einen anderen Patienten ersetzt wird, 0 Volt an den CMUT-Wandler **200** an.

[0054] Als nächstes wird ein weiteres Anwendungsbeispiel der Periode A und der Periode B erläutert. In dem Beispiel, das im Folgenden beschrieben wird, ist der Abtastvorgang des abzubildenden Gegenstands **101** mit der Periode A und der Periode B synchronisiert. Fig. 8 ist eine schematische Darstellung, die eine Beziehung zwischen einem durch die Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung **10** erzeugten Ultraschallbild und der Trajektorie der Abbildungsposition (Ultraschallsonde **102**) veranschaulicht.

[0055] Die Steuer- und Analysevorrichtung **105** kann die Abtasteinrichtung **106** steuern und die Ultraschallsonde **102** mit hoher Genauigkeit entlang einer Ebene bewegen. Die Steuer- und Analysevorrichtung **105** bewegt die Ultraschallsonde **102** in einer selben Ebene, misst Ultraschallwellen an verschiedenen Positionen und verarbeitet die Empfangssignale der Ultraschallsonde **102**, wodurch ein Graustufenbild erzeugt wird. Im Beispiel von Fig. 8 umfasst das Ultraschallbild einen Bereich **405**, in welchem die Bildgebung abgeschlossen ist, und einen Bereich **406**, in welchem die Bildgebung noch nicht erfolgt ist. Der Bereich **405**, in welchem die Bildgebung abgeschlossen ist, enthält das Bild **410** des abzubildenden Gegenstands.

[0056] Im Beispiel von **Fig. 8** führt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** während der Periode A401 eine Zeilenabtastung durch und wechselt während der Periode B402 zwischen Abtastzeilen. Die Periode A401 alterniert mit der Periode B402.

[0057] Das heißt, in der Periode A401 bewegt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** die Ultraschallsonde **102** entlang der X-Achse und misst Ultraschallwellen. Die Steuer- und Analysevorrichtung **105** legt während der Periode A401 eine Gleichstrom-Vorspannung zur Messung von Ultraschallwellen an, und in einer reflektierenden Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** zum Senden von Ultraschallwellen außerdem eine überlagerte Spannung aus einer Gleichstrom-Vorspannung und einer Wechselstrom-Spannung an. Im Beispiel von **Fig. 8** sind die Bewegungsrichtungen in aufeinanderfolgenden Perioden A401 entgegengesetzt zueinander.

[0058] In der Periode B402 legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** eine niedrigere Spannung, wie z.B. 0 Volt, an den CMUT-Wandler **200** an, während er den Ultraschallprüfkopf **102** in eine Richtung entlang der Y-Achse bewegt. In der Periode B402 wird keine Ultraschallwellenmessung durchgeführt. Wenn die Steuer- und Analysevorrichtung einen Zeilenwechsel von einer Abtastzeile zu einer anderen durchführt, ist es wie oben beschrieben durch Anlegen einer niedrigen Spannung an den CMUT-Wandler **200** möglich, eine Abnahme der Empfangsempfindlichkeit des CMUT-Wandlers **200** zu unterdrücken, ohne die Bildgebungszeit zu beeinflussen.

Ausführungsform 3

[0059] Als nächstes wird ein Beispiel eines Steuerverfahrens für einen CMUT-Wandler **200** (Ultraschallsonde **102**) erläutert, das vom Empfindlichkeitstest des CMUT-Wandlers **200** abhängig ist. In dem Beispiel, das im Folgenden beschrieben wird, führt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** den Empfindlichkeitstest am CMUT-Wandler **200** (Ultraschallsonde **102**) nach dem Ansteuern mit niedriger Spannung in der Periode B durch. Wenn die Empfindlichkeit kleiner ist als ein vorbestimmter Schwellenwert, legt die Steuer- und Analysevorrichtung **105** vor dem Start der Messung in der Periode A eine vorbestimmte Zeit lang eine niedrige Spannung an den CMUT-Wandler **200** an. Dies ermöglicht es, ein gewünschtes Empfindlichkeitsniveau des CMUT-Wandlers **200** (Ultraschallsonde **102**) aufrechtzuerhalten.

[0060] **Fig. 9** ist ein Ablaufplan, der ein Beispiel des Steuerverfahrens für einen CMUT-Wandler **200** zeigt, das vom Ergebnis des Empfindlichkeitstests abhängig ist. **Fig. 9** veranschaulicht ein Beispiel, in welchem zwei abzubildende Gegenstände einer Bild-

gebung unterzogen werden. Der Prozessor **152** der Steuer- und Analysevorrichtung **105** führt am ersten abzubildenden Gegenstand die Operation der Periode A durch, um ein Ultraschallbild des ersten abzubildenden Gegenstands zu erzeugen, und führt dann die Operation der Periode B durch (**S101**). Nach der Periode B führt der Prozessor **152** einen Empfindlichkeitstest des CMUT-Wandlers **200** (Ultraschallprüfkopf **102**) durch (**S102**).

[0061] Beim Empfindlichkeitstest in einer reflektierenden Ultraschallwellen-Bildgebungsvorrichtung werden Ultraschallwellen zum Beispiel von einem vorbestimmten reflektierenden Körper mit der Ultraschallsonde **102** gemessen. Beim Empfindlichkeitstest in einer transmissiven Ultraschallwellen-Bildgebungsvorrichtung werden zum Beispiel Ultraschallwellen aus einem Ultraschallwellengenerator, die keinen abzubildenden Gegenstand durchlaufen haben, direkt von der Ultraschallsonde **102** gemessen. Alternativ dazu können Ultraschallwellen von einem Ultraschallwellengenerator, die einen durchlässigen Körper durchlaufen haben, mit der Ultraschallsonde **102** gemessen werden.

[0062] Der Prozessor **152** vergleicht das Ergebnis des Empfindlichkeitstests mit einem vorbestimmten Schwellenwert, der im Voraus im Speichergerät **153** gespeichert wurde (**S103**). Wenn das Testergebnis den Schwellenwert nicht übersteigt (**S103**: NEIN), führt der Prozessor **152** vor dem Start der Messung des zweiten abzubildenden Gegenstands (**S104**) den Periode B-Steuermodus des CMUT-Wandlers **200** durch. Nach der Periode B kehrt der Prozessor **152** zu Schritt **S102** zurück und führt den Empfindlichkeitstest durch.

[0063] Wenn das Ergebnis des Empfindlichkeitstests den Schwellenwert übersteigt (**S103**: JA), startet der Prozessor **152** einen Bildgebungsprozess am zweiten abzubildenden Gegenstand. Das heißt, der Prozessor **152** führt die Operation der Periode A am zweiten abzubildenden Gegenstand durch, um ein Ultraschallbild des zweiten abzubildenden Gegenstands zu erzeugen, und führt dann die Operation der Periode B durch (**S105**).

[0064] Nach der Periode B in Schritt **S105** führt der Prozessor **152** den Empfindlichkeitstest am CMUT-Wandler **200** (Ultraschallprüfkopf **102**) durch (**S106**). Der Prozessor **152** vergleicht das Ergebnis des Empfindlichkeitstests mit einem vorbestimmten Schwellenwert (**S107**). Wenn das Testergebnis den Schwellenwert nicht übersteigt (**S107**: NEIN), führt der Prozessor **152** vor dem Start der Messung des nächsten abzubildenden Gegenstands (**S108**) den Periode B-Steuermodus des CMUT-Wandlers **200** durch. Nach der Periode B kehrt der Prozessor **152** zu Schritt **S106** zurück und führt den Empfindlichkeitstest durch.

[0065] In Schritt **S104** und **S108** kann die Dauer des Anlegens der niedrigen Spannung der Dauer des Anlegens der niedrigen Spannung in Schritt **S101** und **S105** entsprechen oder sich von dieser unterscheiden. Der Prozessor **152** kann die Dauer von Schritt **S104** und **S108** zum Beispiel auf der Basis der Ergebnisse des Empfindlichkeitstests bestimmen. Eine Beziehung zwischen dem Testergebnis und der Dauer ist im Voraus festgelegt.

Datenleitungen in den Produkten dar. Es kann davon ausgegangen werden, dass nahezu alle Komponenten tatsächlich miteinander verbunden sind.

[0066] Die Spannung, die in Schritt **S104** und **S108** angelegt wird, kann der Spannung entsprechen, die in der Periode B von Schritt **S101** und **S105** angelegt wird, oder sich von dieser unterscheiden. Der Prozessor **152** kann die Spannung, die in Schritt **S104** und **S108** angelegt wird, auf der Basis der Ergebnisse des Empfindlichkeitstests bestimmen. Eine Beziehung zwischen dem Testergebnis und der angelegten Spannung ist im Voraus festgelegt.

[0067] Die Bestimmung von Schritt **S103** und **S107** kann von einem Bediener vorgenommen werden. Zum Beispiel zeigt der Prozessor **152** in Schritt **S103** das Ergebnis des Empfindlichkeitstests im Anzeigerät **155** an, und der Prozessor **152** fährt einem Befehl des Bedieners entsprechend mit Schritt **S104** oder **S105** fort. Gleiches gilt für Schritt **S107**. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die obigen Ausführungsformen beschränkt und schließt verschiedene Modifikationen ein. Zum Beispiel können die obigen Ausführungsformen zum leichteren Verständnis der vorliegenden Erfindung im Detail beschrieben worden sein und sind nicht auf jene beschränkt, die alle beschriebenen Konfigurationen aufweisen. Ein Teil der Konfiguration einer Ausführungsform kann durch eine Konfiguration einer anderen Ausführungsform ersetzt werden; die Konfiguration einer Ausführungsform kann in die Konfiguration einer anderen Ausführungsform integriert werden. Ein Teil der Konfiguration jeder Ausführungsform kann hinzugefügt, gestrichen oder durch den einer anderen Konfiguration ersetzt werden.

[0068] Die obigen Konfigurationen, Funktionen und Prozessoren können alle oder teilweise durch Hardware implementiert werden: Zum Beispiel durch Entwurf einer integrierten Schaltung. Die oben beschriebenen Konfigurationen und Funktionen können durch Software implementiert werden, was bedeutet, dass ein Prozessor Programme ausführt, die die Funktionen realisieren. Die Information von Programmen, Tabellen und Dateien zur Implementierung der Funktionen kann in einem Speichergerät wie z.B. einem Speicher, einer Festplatte oder einem Halbleiterlaufwerk (SSD) oder einem Speichermedium wie einer IC-Karte, einer SD-Karte gespeichert sein.

[0069] Die Zeichnungen stellen Steuer- und Datenleitungen dar, die zur Erläuterung als notwendig erachtet wurden, stellen jedoch nicht alle Steuer- und

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2019159761 [0001]
- WO 2006/109501 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen einer Ultraschallwelle unter Verwendung eines kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlers, umfassend:

Messen einer Ultraschallwelle durch Anlegen einer Vorspannung an den kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler in jeder von einer Vielzahl von ersten Perioden; und

Anlegen einer Spannung, die größer oder gleich 0 Volt und kleiner als die Vorspannung ist, an den kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler in einer zweiten Periode, die zwischen zwei ersten Perioden unter der Vielzahl von ersten Perioden auftritt.

2. Messverfahren nach Anspruch 1, wobei die Messung einer Ultraschallwelle in der zweiten Periode unterbrochen wird, und wobei eine Dauer jeder der ersten Perioden länger ist als die der zweiten Periode.

3. Messverfahren nach Anspruch 1, wobei eine Spannung, die an den kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler angelegt wird, während der zweiten Periode auf 0 Volt gehalten wird.

4. Messverfahren nach Anspruch 1, wobei eine Spannung, die an den kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler angelegt wird, in einer Vielzahl von zweiten Perioden größer oder gleich 0 Volt und kleiner als die Vorspannung ist, und wobei jede von der Vielzahl von zweiten Perioden zwischen zwei aufeinanderfolgenden ersten Perioden unter der Vielzahl von ersten Perioden eingefügt wird.

5. Messverfahren nach Anspruch 4, wobei die ersten Perioden mit den zweiten Perioden alternieren.

6. Messverfahren nach Anspruch 4, wobei eine Dauer der Vielzahl von ersten Perioden gleichbleibend ist und eine Dauer der Vielzahl von zweiten Perioden gleichbleibend ist.

7. Messverfahren nach Anspruch 4, wobei ein zu messender Gegenstand in jeder der zweiten Perioden ausgetauscht wird.

8. Messverfahren nach Anspruch 4, wobei in jeder der zweiten Perioden ein Zeilenwechsel von einer Abtastzeile zu einer anderen durchgeführt wird.

9. Messverfahren nach Anspruch 1, außerdem umfassend:

Durchführen eines Empfindlichkeitstests am kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler nach der zweiten Periode, und

Anlegen einer Spannung, die größer oder gleich 0 Volt und kleiner als die Vorspannung ist, an den kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler vor Beginn einer ersten Periode, die auf die zweite Periode

folgt, wenn die Empfindlichkeit, die als Ergebnis des Tests erhalten wird, kleiner als ein Schwellenwert ist.

10. Ultraschall-Bildgebungsvorrichtung, umfassend:

eine Ultraschallsonde mit einer Vielzahl von kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandlern; und eine Steuereinheit, die die Ultraschallsonde steuert, wobei die Steuereinheit dazu konfiguriert ist:

durch Anlegen einer Vorspannung an die kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler in jeder von einer Vielzahl von ersten Perioden eine Ultraschallwelle zu messen und ein Bild eines Gegenstands zu erzeugen; und

in einer zweiten Periode zwischen zwei ersten Perioden unter der Vielzahl von ersten Perioden eine Spannung an die kapazitiven mikrobearbeiteten Ultraschallwandler anzulegen, die größer oder gleich 0 Volt und kleiner als die Vorspannung ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

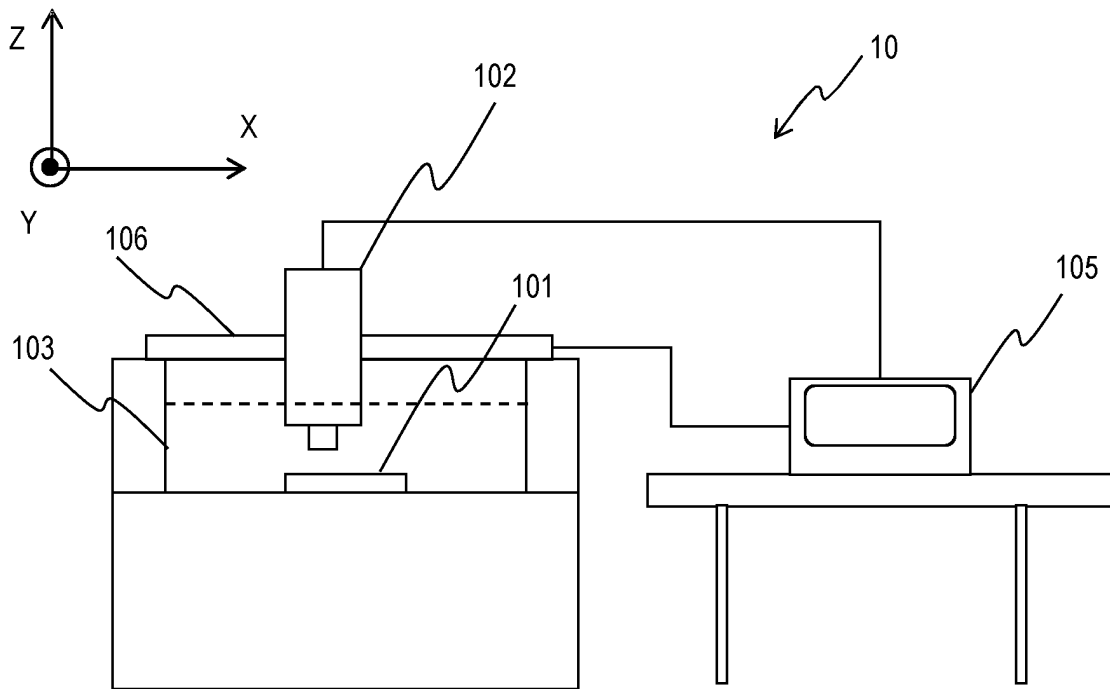


FIG. 1

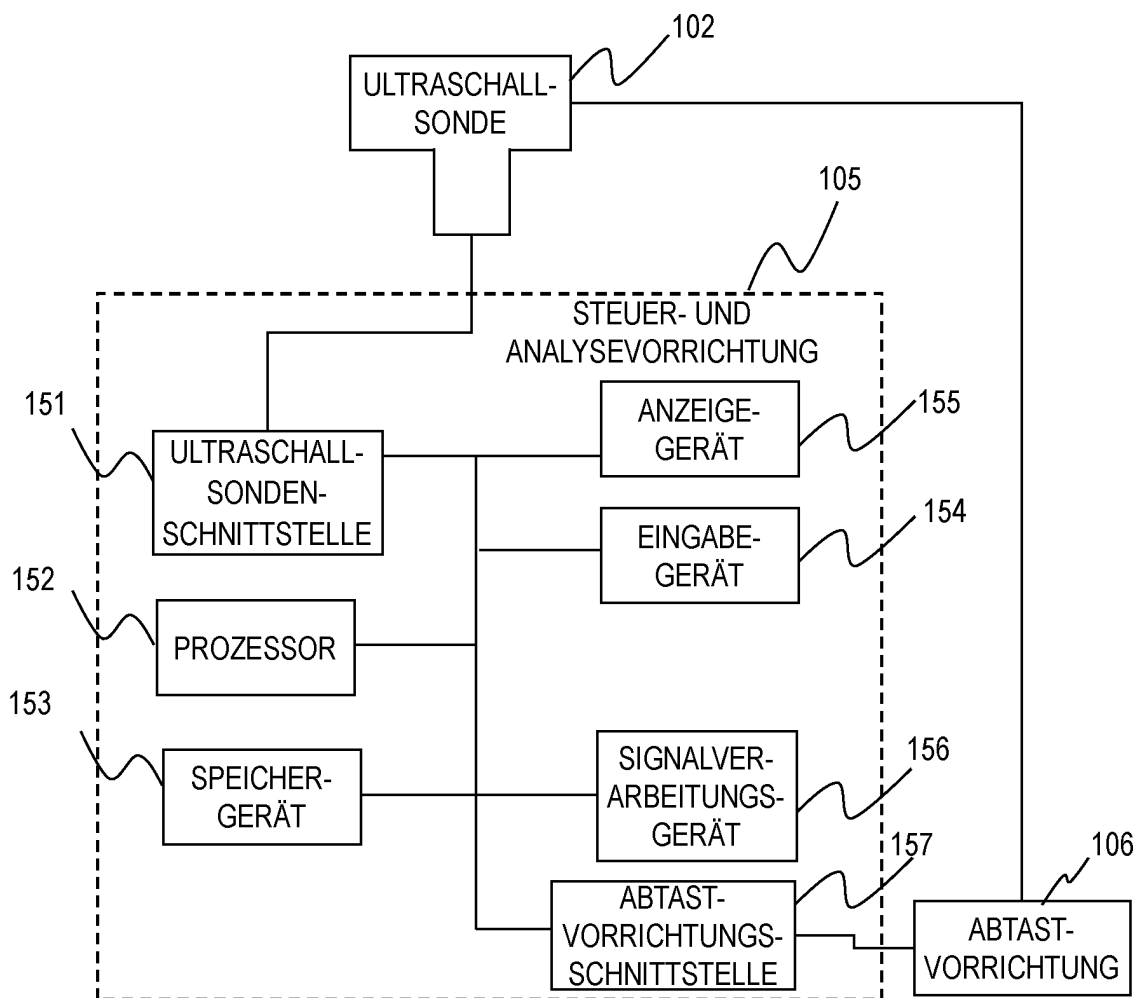


FIG. 2

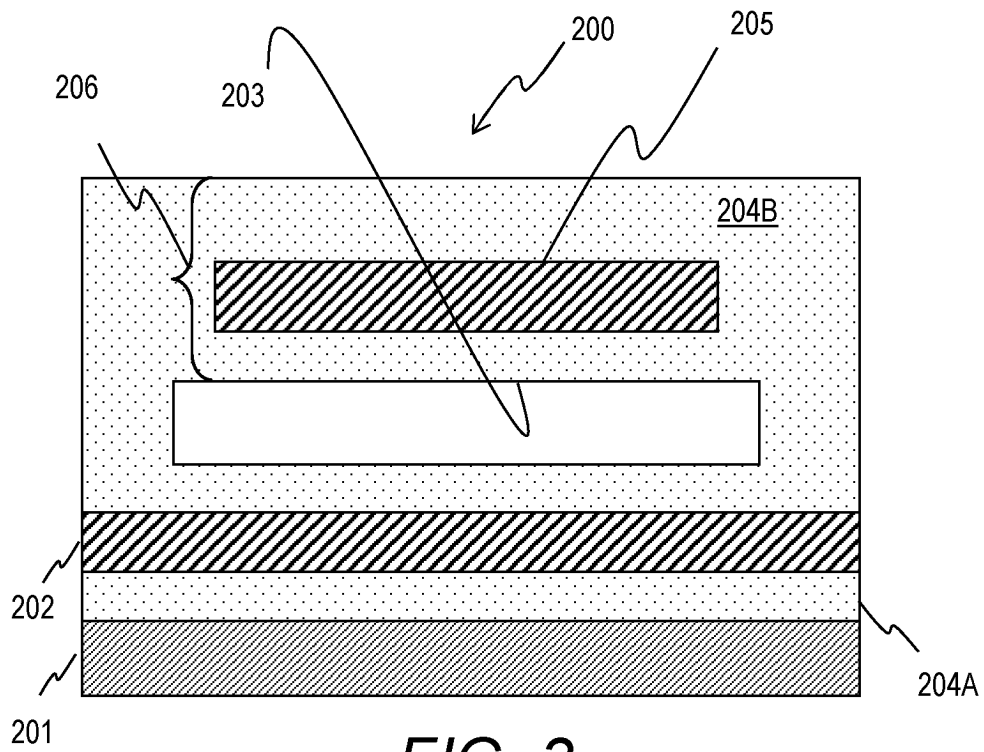


FIG. 3

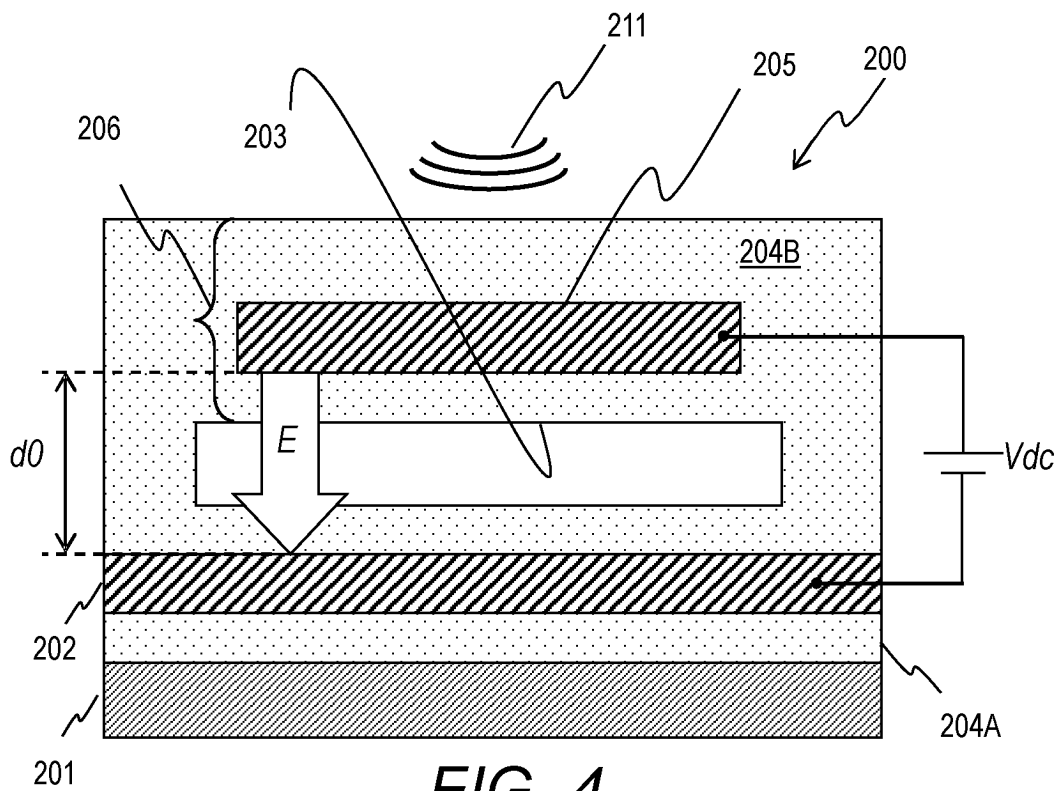


FIG. 4

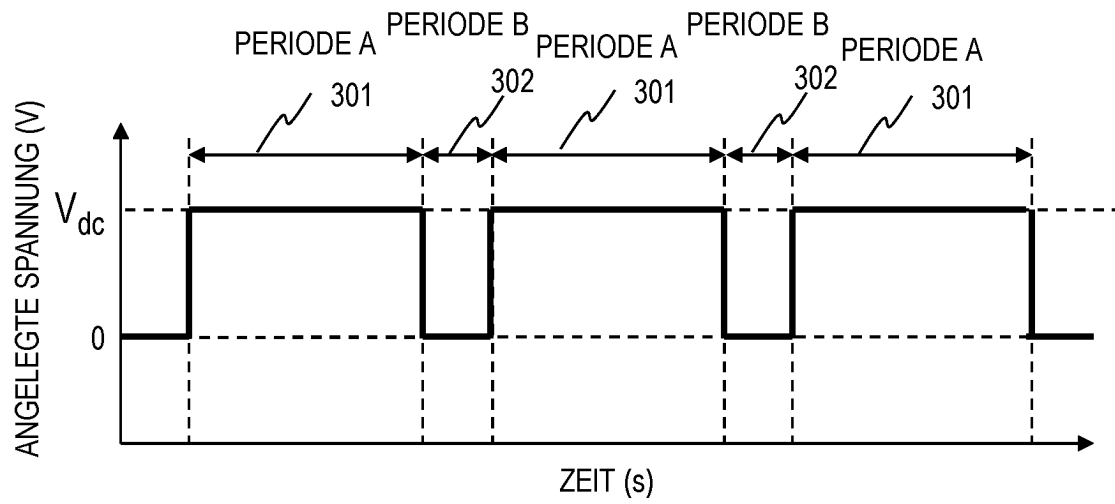


FIG. 5

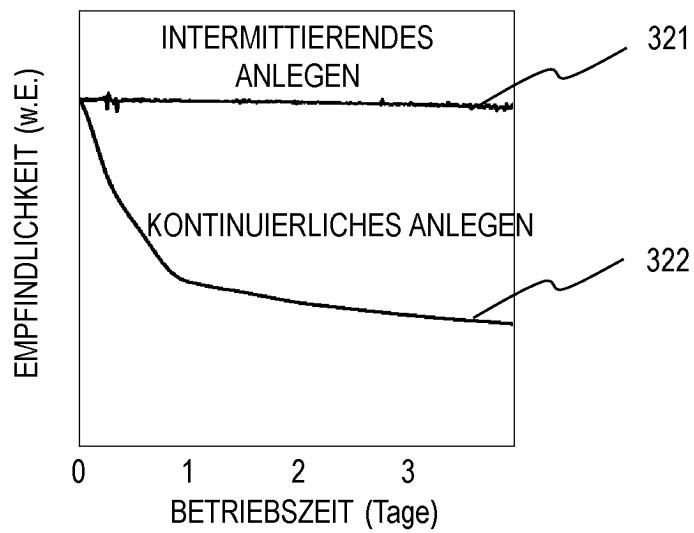


FIG. 6

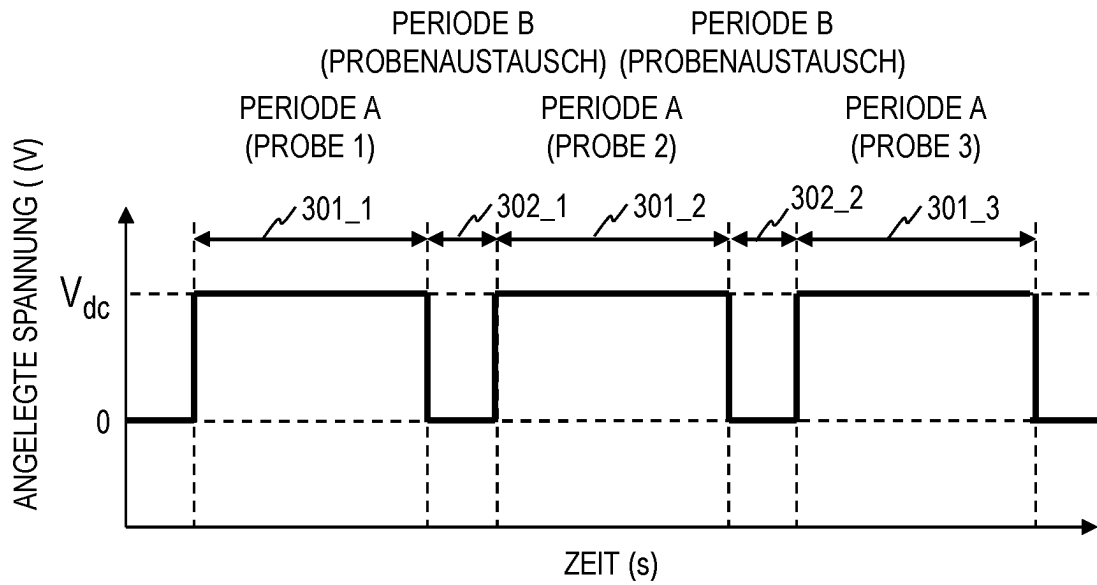


FIG. 7

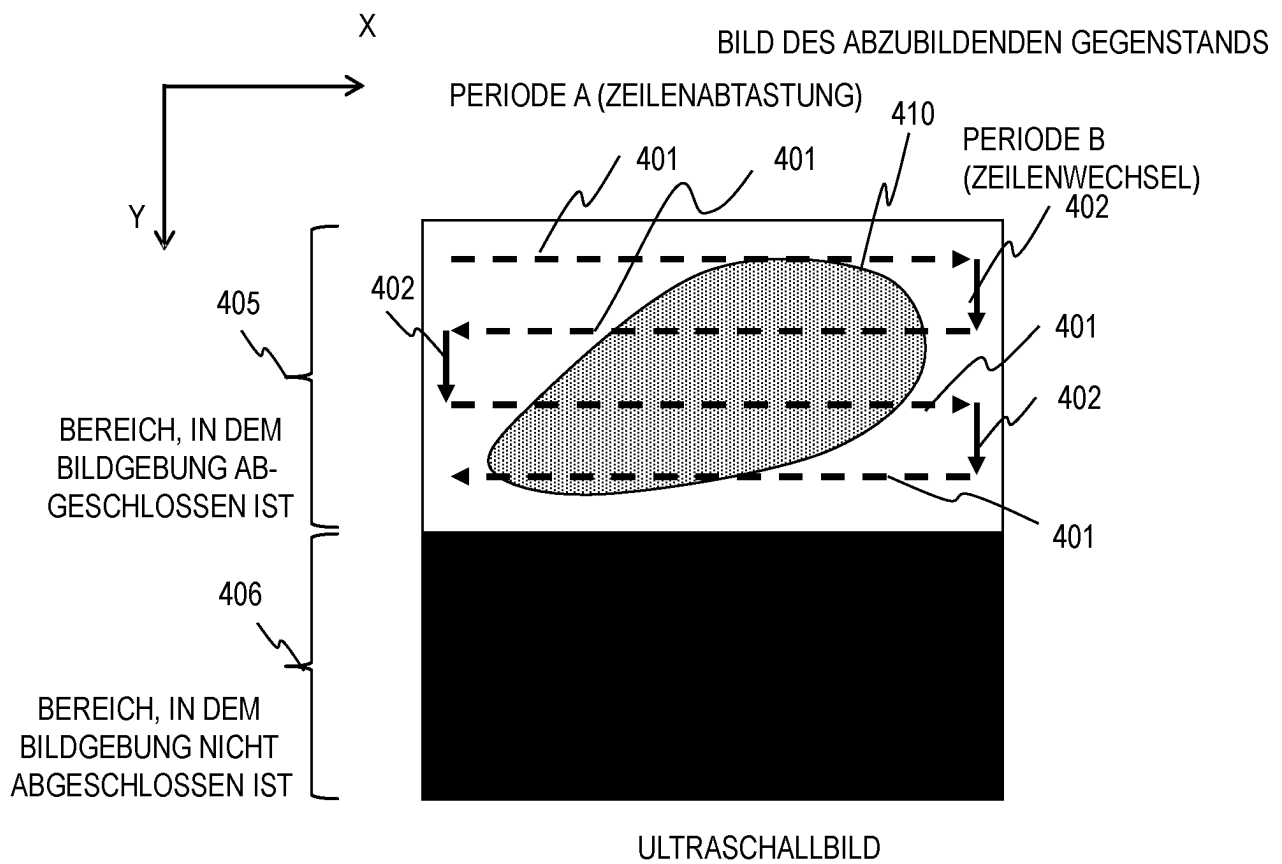


FIG. 8

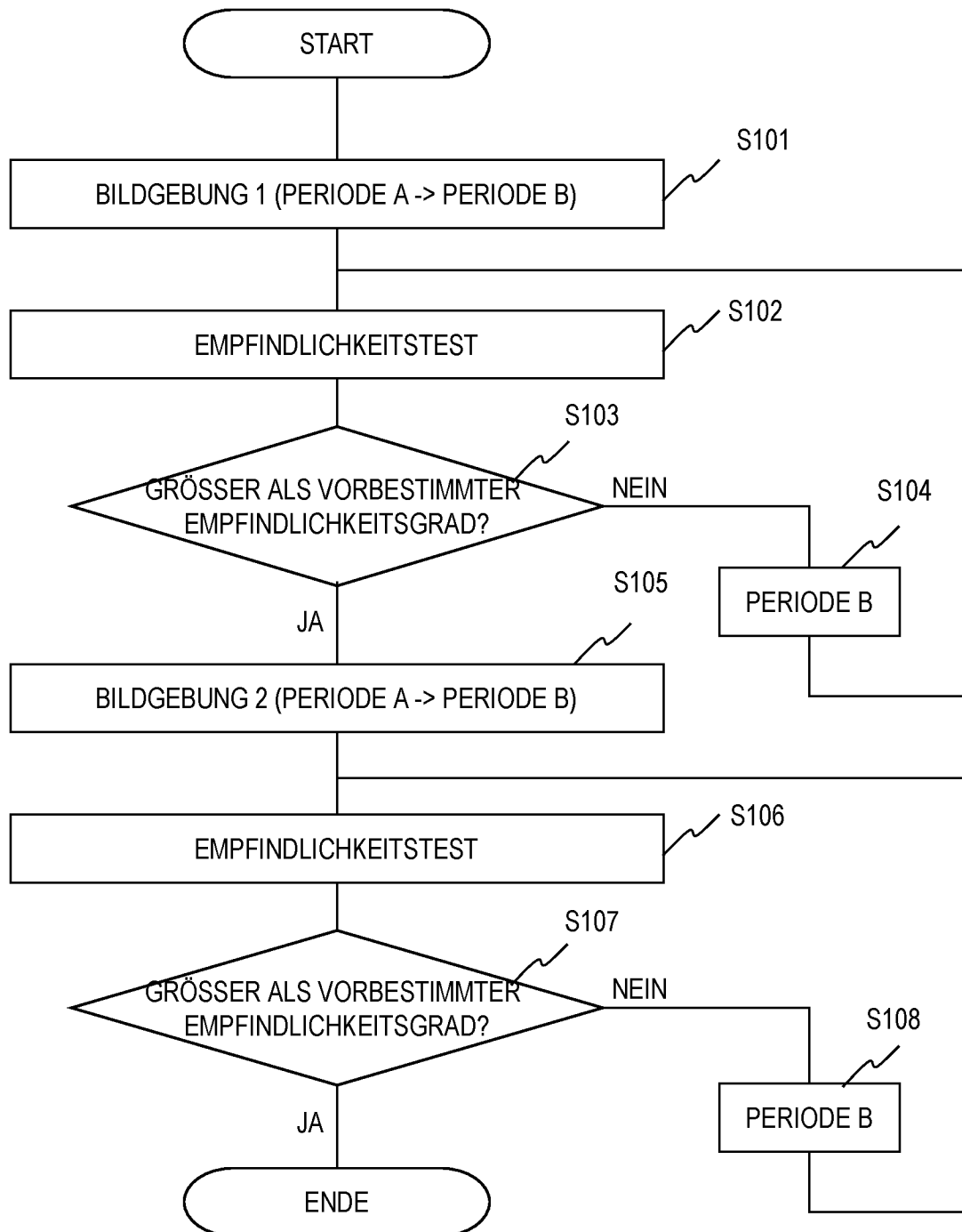


FIG. 9