



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 029 662 B4 2007.03.08**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 029 662.6**
 (22) Anmeldetag: **18.06.2004**
 (43) Offenlegungstag: **27.04.2006**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **08.03.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F15B 15/28 (2006.01)**
G01S 15/00 (2006.01)

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

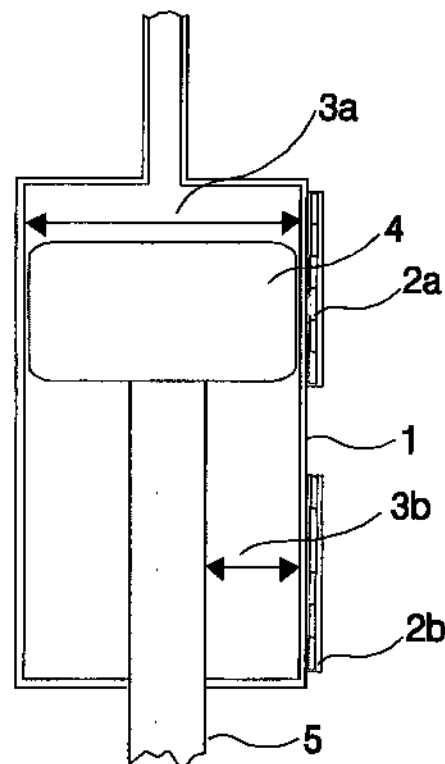
(73) Patentinhaber:
Jäger, Frank-Michael, 04416 Markkleeberg, DE

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 42 01 464 A1
DE 33 35 421 A1
US 54 63 596 A
EP 01 82 140 A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Überwachung von Hydraulikzylindern**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Überwachung der Position eines in einem druckbeaufschlagten Zylinder bewegbaren Kolbens mittels außerhalb des Zylinders angebrachter Ultraschallsensoren für den Impuls-Echo-Betrieb dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsensoren in Segmente unterteilt sind, auf der der Zylinderwand zugewandten Seite anformbare Flächen besitzen, und vollflächig an der Zylinderwand anliegen und mit wenigstens einem Multiplexer verbunden sind, und in einer kodierten Folge in Bewegungsrichtung des Kolben angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung der Position eines in einem druckbeaufschlagten Zylinder bewegbaren Kolbens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine derartige Vorrichtung ist z. B. aus der US 5463 596 17 bekannt.

Stand der Technik

[0002] Ein solches Messsystem wird beispielsweise für Druckspeicher (auch Energiespeicher) genutzt. Diese werden zum Beispiel bei Umformmaschinen benutzt.

[0003] Aber auch an herkömmlichen Hydraulikzylindern sind Positionsbestimmungen und Überwachungen der Endlagen notwendig.

[0004] Bisher gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen physikalischen Lösungen für dieses Problem. Einige Lösungen erfordern zusätzliche Anbauten, wie Messstangen, deren Bewegung erfasst wird (optisch, induktiv oder resistiv).

[0005] Magnetfeldsensoren auf dem Hydraulikzylinder erfordern aber zum Teil Umbauten am Kolben für zusätzliche Magnete. Es sind Systeme bekannt, die die Stellung des Kolbens überwachen und zur Erzielung der Wiederholgenauigkeit den Zylinder durchfahren müssen.

[0006] Mechanische Endlagenschalter mit Schaltstange und Permanentmagnet erlauben nur eine maximale Kolbengeschwindigkeit bis etwa 0,5 m/s.

[0007] Darüber hinaus gibt es noch Vorrichtungen, welche die Kolbenposition kontinuierlich anzeigen.

[0008] Dazu werden Seilzugmesssysteme mit Drehpotentiometern oder Magnetklappen verbunden.

[0009] Auch hier gelten die Beschränkungen bezüglich der Kolbengeschwindigkeit.

[0010] Neuere Positionsmesssysteme erfassen die Position des Kolbens mit Ultraschall-Messsystemen. Derartige Systeme müssen meist in den Zylinderboden eingeschraubt werden.

[0011] Durch spezielle Impedanzanpassungen für den Einsatz in Hydraulikölen werden die Ultraschallwandler für diese Systeme optimiert.

[0012] Die Zuverlässigkeit dieser System wird durch die Temperaturabhängigkeit stark eingeschränkt. Die Ultraschallgeschwindigkeit ist stark temperaturabhängig. Über den Einsatztemperaturbereich können

Fehler bis zu 30% oder mehr auftreten. So ändert zum Beispiel eine Ölart ihre Schallgeschwindigkeit von 1550 m/s bei -20°C auf 1250 m/s bei $+80^{\circ}\text{C}$. Weiterhin ist die Viskosität des Hydrauliköles auch stark temperaturabhängig. Die erhöhte Viskosität bewirkt wiederum eine erhöhte Dämpfung der Ultraschallwellen. Damit wird bei tiefen Temperaturen die Reichweite dieser Systeme eingeschränkt.

[0013] Zur Minimierung des Temperaturfehlers werden mehrere Maßnahmen vorgeschlagen.

[0014] So können Referenzmessstrecken mit in das Hydrauliköl eingebaut werden. Dazu wird ein fest mit dem Sensor verbundener Referenzreflektor in den Hydraulikkolben eingebaut.

[0015] Andere Ultraschallmesssysteme verwenden einen zweiten Ultraschallsensor zur Kompensation. Auch mit einer zusätzlichen Temperaturmessung wird versucht diese Fehlermöglichkeit zu minimieren.

[0016] Der oben genannte Temperaturfehler der Ultraschallmessung ist aber bei schnell bewegten Hydrauliksystemen nur einer von mehreren Mängeln. Bedingt durch die Laufzeit der Ultraschallimpulse ergibt sich ein zusätzlicher Fehler für die genaue Positionierung der Hydraulikkolben.

[0017] Nachfolgend wird an einem Beispiel dieser grundsätzliche Mängel näher beschrieben.

[0018] Gegeben sei ein Hydraulikzylinder oder auch ein Hydrospeicher mit einer Kolbengeschwindigkeit von 3,5 m/s und einer Fahrlänge des Kolbens vom Ultraschallsensor bis zum Messpunkt von 2,5 Metern. Das reflektierte Signal würde bei einer Öltemperatur von ca. 80°C und einer Ultraschallgeschwindigkeit von 1250 m/s eine Zeit von 4 Millisekunden vom Aussenden bis zum Empfang benötigen. Wenn die Wiederholfrequenz der Sendesignale zwischen 10 Hz und 100 Hz beträgt, kann der Kolben schon eine Weglänge von 35 mm bis 350 mm zurückgelegt haben.

[0019] Zu diesem nur aus der Positionsmessung herrührenden Fehler kommen weitere Fehler, so die für die Signalverarbeitungszeit und die Reaktionszeit für das Hydraulikventil.

[0020] Die Positionierung des Kolbens ist damit auf jeden Fall mit einem erheblichen Fehler belastet.

[0021] Wird die Weglänge für das Ultraschallsignal wesentlich verkürzt, kann dadurch auch der absolute Messfehler verringert werden.

[0022] Wird die Positionsmessung seitlich am Zylinder ausgeführt, stehen die Positionssensoren üblicherweise seitlich nach außen ab. Bekannte Senso-

ren sind mechanisch bisher nur durch Schellen oder aufgeschweißte Befestigungspunkte zu montieren. Weiterhin sind sie durch ihre Abmessungen möglichen Beschädigungen ausgesetzt.

[0023] Die Messung dieser Sensoren erfolgt nur punktweise und ist meist nur auf eine Position beschränkt.

Aufgabenstellung

[0024] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde die Bewegung des Hydraulikzylinders durch eine Vorrichtung zur Positionsmessung mit einem oder mehreren piezoelektrischen Elementen zu erfassen. Die Lösung dieser Aufgabe ist im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegeben, wobei die Ultraschallsensoren piezoelektrische Elemente sein können. Diese piezoelektrischen Elemente werden seitlich auf dem Hydraulikzylinder angebracht. Dabei sind diese Elemente flexibel und passen sich der Krümmung des Hydraulikzylinders an.

Ausführungsbeispiel

[0025] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche. Im Folgenden soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben werden. Es zeigen:

[0026] **Fig. 1** eine Querschnitt eines Hydraulikzylinders mit 2 Sensoranordnungen,

[0027] **Fig. 2** eine schematische Darstellung einer Sensoranordnung auf der Oberfläche eines Hydraulikzylinders,

[0028] **Fig. 3** eine Sensoranordnung mit Positionskode,

[0029] **Fig. 4** eine Sensoranordnung mit detaillierter Sensorelektronik,

[0030] **Fig. 5** einen Querschnitt einer Sensoranordnung auf dem Hydraulikzylinder.

[0031] In **Fig. 1** ist die Anordnung der Ultraschallsensoren **2a** und **2b** auf der Zylinderwand **1** des Hydraulikzylinders dargestellt. Die Position des Kolbens **4** im Zylinder kann durch die Unterbrechung des Ultraschallsignals **3a** festgestellt werden. Der im Impuls-Echo-Betrieb arbeitende Ultraschallsensor **2a** empfängt das Echo der gegenüberliegenden Zylinderwand **1**. In bekannter Weise wird das Tor für die empfangenen Echos so eingestellt, dass nur signifikante Signale ausgewertet werden. Bei Erreichen der durch das jeweilige Element des Ultraschallsensors festgelegten Position wird das Ultraschallsignal unterbrochen. Die Kolbenposition kann natürlich auch

durch die Reflektion des Ultraschallsignals **3b** an der Kolbenstange **5** überwacht werden.

[0032] Die auf der Zylinderwand **1** angebrachten Ultraschallsensoren besitzen der Wandkrümmung anformbare Flächen. In der **Fig. 1** sind die Elemente der Ultraschallsensoren **2a** und **2b** schematisch dargestellt.

[0033] Für die flexiblen Ultraschallsensoren **2a** und **2b** eignen sich zum Beispiel Piezo-Film-Sensoren, PVDF-Folien-Sensoren oder aber flexible Composit-Wandler aus einem Gemisch aus Gießharz und Keramik.

[0034] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung einer Sensoranordnung auf der Zylinderwand **1** eines Hydraulikzylinders, bei der die piezoelektrischen Elemente **8a**, **8b** und **8c** als einzelne Elemente so reihenweise angeordnet sind, dass sie eine codierte Information über die Sensorposition ermöglichen. Die dabei benutzte Codierung kann in allgemein bekannter Form, zum Beispiel als Cray-Code erfolgen. Die spurenweise Anordnung der Segmente erfolgt vorteilhafter Weise auf einer klebenden Trägerschicht **21**. Diese Trägerschicht **21** kann zum Beispiel ein mit Klebstoff beschichteter Ultraschallwandler aus einem 1-3 Composit sein.

[0035] Auch codierte Matrixanordnungen von Ultraschallwandlern auf einer klebenden PVDF-Folie können ganzflächig auf der Zylinderwand **1** des Hydraulikkolbens an den zu detektierenden Positionen angebracht werden.

[0036] Die Ausgestaltung der positionsempfindlichen Ultraschallwandler erfordert nur geringe Bauhöhen. Somit sind keine konstruktiven Änderungen der Hydraulikzylinder notwendig. Zum mechanischen Schutz dieser Ultraschallwandler reicht ein der Krümmung der Hydraulikzylinder angepasstes Schutzblech oder eine ähnlich gestaltete Schutzhülle, die über die Trägerschicht **21** angeordnet ist. Der Zwischenraum zwischen der Trägerschicht **21** und der nichtdargestellten Schutzhülle kann in bekannter Weise mit einer den Ultraschall nicht leitenden Schicht ausgefüllt werden.

[0037] **Fig. 3** zeigt eine Ausführungsform mit 4 Spuren (**9a**, **9b**, **10a** und **10b**) von piezoelektrischen Elementen. Diese werden über einen Schalter **17** angesteuert. Die piezoelektrischen Elemente werden zum Beispiel von einem Ultraschallsender **13** angesteuert. Dieser Ultraschallsender **13** (Impulsgenerator) kann zur Ansteuerung mehrerer piezoelektrischer Elemente benutzt werden. Die von den piezoelektrischen Elementen empfangenen Ultraschallechos werden von mehreren Ultraschallempfängern **14** verstärkt und dem Mikroprozessor **15** zugeführt. Die Steuerung des Sende-Empfangsschalters **17** erfolgt

ebenfalls durch den Mikroprozessor **15**. Das Positionssignal **16** wird am Mikroprozessor **15** abgegriffen.

[0038] Zur Verbesserung der Ortsauflösung können die Spuren **9a** und **10a** räumlich zu den Spuren **9b** und **10b** beabstandet werden. Der Abstand sollte so gewählt werden, das kein Übersprechen des reflektierten Echos der a-Spuren auf die b-Spuren und umgekehrt erfolgt.

[0039] **Fig. 4** zeigt eine andere Möglichkeit der Positionssignalgewinnung. Hier werden die piezoelektrischen Elemente **9a** und **9b** von dem Ultraschallsender **13** parallel angesteuert. Die empfangenen Echosignale werden separaten Ultraschallempfängern **14** zugeführt. Die getriggerten Signale werden beispielsweise über einen Decoder/Demultiplexer **18** (1-aus-8) in 3-stellige Binärzahlen codiert. In bekannter Weise können so bei begrenzten Eingangskanälen des Mikroprozessors viele Positionswerte gewonnen werden. Mit speziellen ASIC's können einfache 6-Bit-Decoder in Matrixstruktur zur Abfrage der piezoelektrischen Elemente mit auf dem Träger angeordnet werden. Eine nicht weiter dargestellte Möglichkeit wäre der Einsatz von kaskadierten Schaltkreisen (zum Beispiel: 74HC138). Die vielfältigen Möglichkeiten der Decodierung sind hinlänglich bekannt.

[0040] **Fig. 5** zeigt einen Querschnitt durch einen Hydraulikzylinder. Auf der Zylinderwand **1** befinden sich die a-Spuren **9a**, **10a** und b-Spuren **9b**, **10b**. Diese Spuren sind zur besseren Signaltrennung auf dem Wandumfang so versetzt angeordnet, das die Echosignale **19a** und **19b** nach der Reflexion an der Kolbenstange **20**, nicht auf die jeweils benachbarte Spur übersprechen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung der Position eines in einem druckbeaufschlagten Zylinder bewegbaren Kolbens mittels außerhalb des Zylinders angebrachter Ultraschallsensoren für den Impuls-Echo-Betrieb **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ultraschallsensoren in Segmente unterteilt sind, auf der der Zylinderwand zugewandten Seite anformbare Flächen besitzen, und vollflächig an der Zylinderwand anliegen und mit wenigstens einem Multiplexer verbunden sind, und in einer kodierten Folge in Bewegungsrichtung des Kolben angeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Segmente auf einer selbstklebenden Trägerschicht aufgebracht sind.

3. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Segmente aufeinander folgender Längeninkremente einen seitlichen Versatz aufweisen, der größer als der Durchmesser der auswertbaren Amplitude der reflek-

tierten Signalkeule des Echos ist, um ein Übersprechen der empfangenen Reflexionen zu vermeiden.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Multiplexer und weitere signalerzeugende und signalverarbeitende Schaltungselemente mit den Segmenten eine Einheit bilden.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

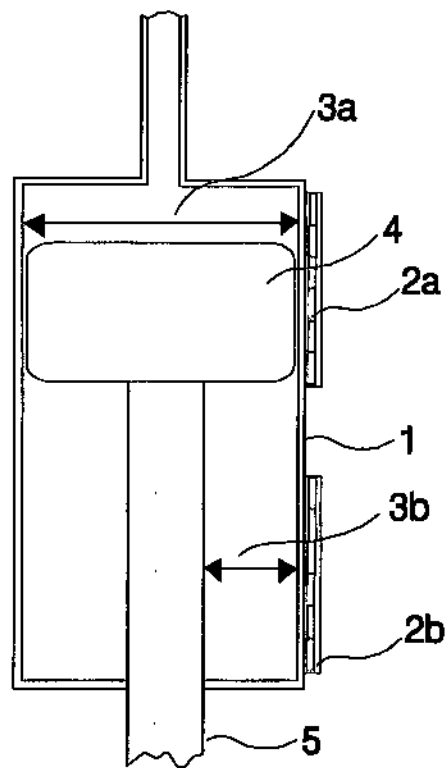


Fig. 1

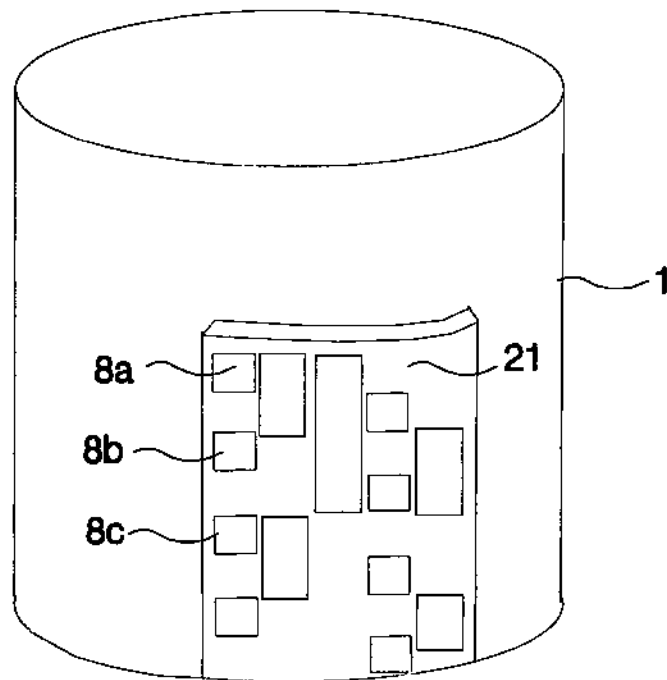


Fig. 2

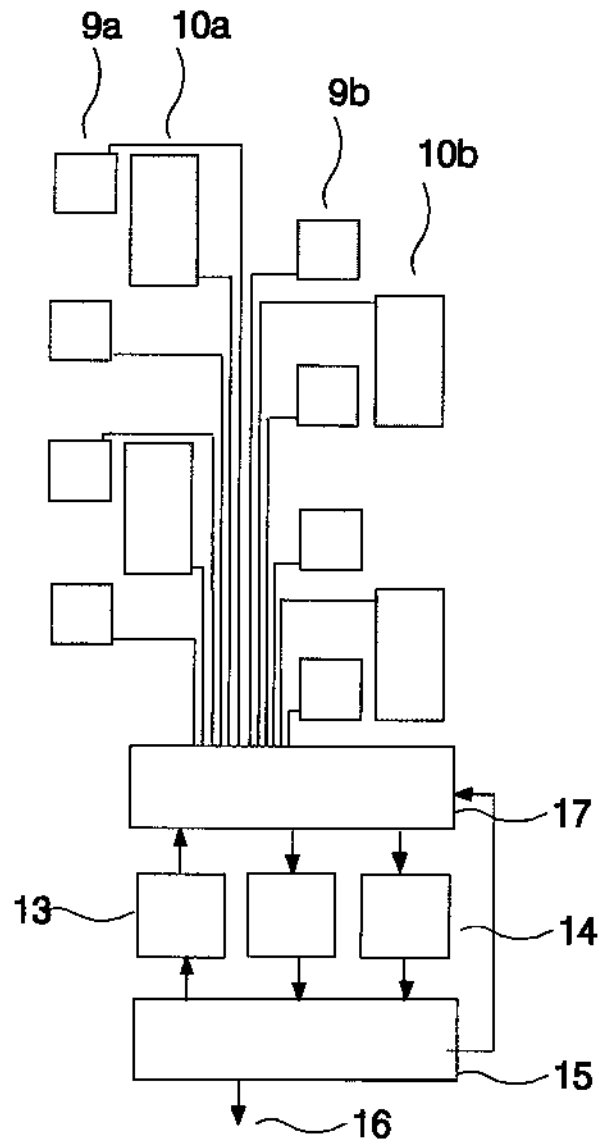


Fig. 3

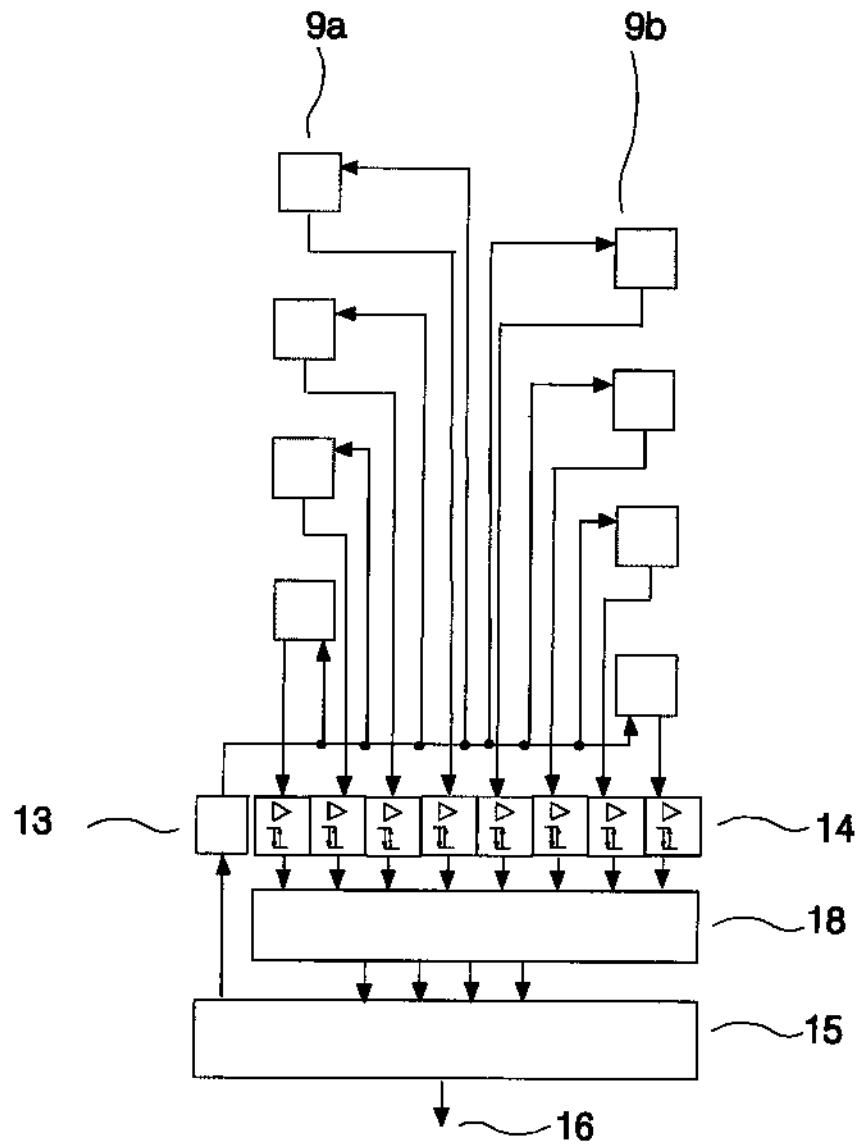


Fig. 4

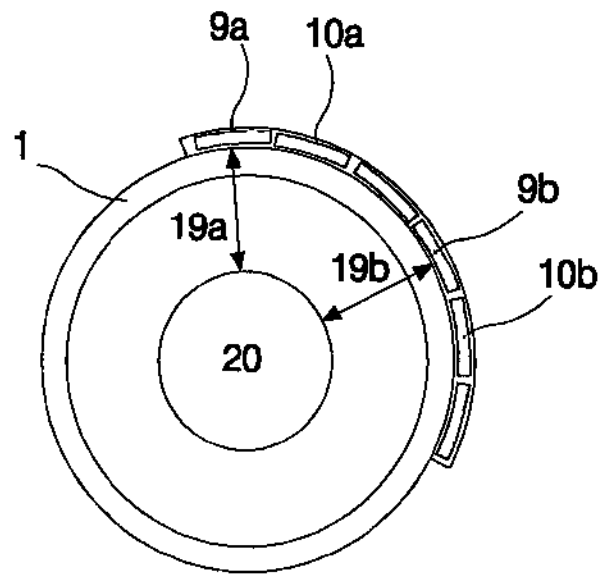


Fig. 5