



(10) **DE 10 2017 011 176 B4** 2022.07.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 011 176.6**

(51) Int Cl.: **G01N 27/22 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **05.12.2017**

(43) Offenlegungstag: **06.06.2019**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.07.2022**

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

(73) Patentinhaber:
Güttler, Andreas, Dr., 91054 Erlangen, DE

(72) Erfinder:
Erfinder gleich Patentinhaber

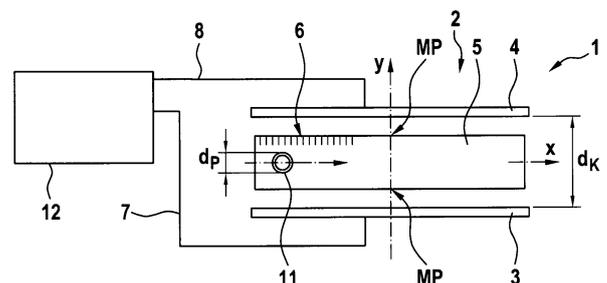
(74) Vertreter:
**Meyer & Döring Partnerschaft mbB
Patentanwälte, 91052 Erlangen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	43 32 257	A1
DE	10 2009 035 156	A1
WO	2014/ 030 054	A2

(54) Bezeichnung: **Kapazitives Tomographiegerät und kapazitives Tomographieverfahren**

(57) Hauptanspruch: Kapazitives Tomographiegerät, mit einer Kondensatoranordnung (2), welche zwei Kondensatorplatten (3,4) umfasst, zwischen welchen ein Untersuchungsvolumen gebildet ist, wobei jede Kondensatorplatte (3,4) genau eine Öffnung (9,10) aufweist und eine durch die Mittelpunkte (MP) der beiden Öffnungen (9,10) gelegte Gerade mit Flächennormalen (FN) der beiden Kondensatorplatten (3,4) jeweils einen Winkel von maximal 10° einschließt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein kapazitives Tomographiegerät sowie ein mit einem solchen Tomographiegerät durchführbares Verfahren.

[0002] Als Tomographieverfahren werden bildgebende Verfahren bezeichnet, mit welchen Schnittbilder dreidimensionaler Gegenstände erstellt werden können. Beispiele sind die Computertomographie, welche mit Röntgenstrahlung arbeitet, sowie die Magnetresonanztomographie.

[0003] Grundsätzlich ist auch die tomographische Bildgebung auf Basis von Kapazitätsmessungen bekannt. Zum technischen Hintergrund wird in diesem Zusammenhang auf folgende Veröffentlichung hingewiesen:

HU, Xiaohui ; YANG, Wuquiang: Planar capacitive sensors - designs and applications. In: Sensor Review. 2010, Bd. 30, H. 1, S. 24-39. ISSN 0260-2288 (P); 0260-2288; 1758-6828 (E).

[0004] In dieser Publikation werden diverse Geometrien planarer kapazitiver Sensoren erörtert, hierunter auch Sensoren, welche im Ein-Elektroden-Modus betrieben werden. Unter anderem wird auf Sensor-Anordnungen mit rechteckiger Grundform sowie in Form konzentrischer Ringe eingegangen. Kapazitive Sensoren sollen unter anderem in der Lage sein, bei Sicherheitskontrollen Gegenstände zu detektieren, welche in Schuhsohlen versteckt sind.

[0005] Ein weiteres kapazitives Tomographiesystem ist in folgender, der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität Ilmenau am 31.05.2013 vorgelegten Dissertation beschrieben:

[0006] GEBHARDT, Stefan: Entwurf und Realisierung eines kapazitiven Tomographie-Systems nach dem Dreielektroden-Messprinzip. Ilmenau: Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Ilmenau, 2014. Dissertation. S. 1-170.

[0007] Als mögliche Anwendungsgebiete eines solchen Tomographie-Systems sind Messungen von strömenden Flüssigkeiten oder Feststoffen in Rohrleitungen genannt. Ein Vorteil sei in der hohen Messrate, Nachteile jedoch in der geringen Auflösung gegeben. Als üblich werden in der Dissertation Messanordnungen mit 6, 8, 12, oder 16 Messelektroden bezeichnet.

[0008] Die WO 2014 / 030 054 A2 offenbart ein spektroskopisches Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Testobjekten mittels Messung des frequenzabhängigen Wechselstromwiderstandes der zu charakteris-

ierenden Materialien, wie Festkörper, Flüssigkeiten oder Gase. Bei einem solchen Verfahren fließen Ströme durch das Testobjekt, welche unter anderem kapazitiv über Elektroden eingespeist werden können. Hierbei werden für die Elektrische Impedanz-Spektroskopie (EIS) 2- bzw. 4-Elektroden-Verfahren und für die Elektrische Impedanz-Tomographie (EIT) Mehrelektroden-Verfahren als bekannt vorausgesetzt. Im Rahmen des in der WO 2014 / 030 054 A2 vorgeschlagenen Verfahrens können beispielsweise Elektroden verwendet werden, welche als Klebe- oder Nadelelektroden sowie mit Mikronadeln besetzte Flächen oder als Stab-, Zylinder-, Kugel-, Halbkugel-, oder Plattenelektroden ausgeführt sind. Auch Elektroden in sog. Interdigitalstruktur werden für eine spezielle Anwendung, nämlich Zellanalyse, empfohlen. Die fingerartig ineinander greifenden Elektroden befinden sich bei dieser Anwendung am Boden eines Gefäßes. Zur räumlichen Auflösung soll eine Mehr-Elektroden-Konfiguration mit vier Elektroden am Rand eines Gefäßes geeignet sein. Bei diversen Elektrodenausführungen sind Elektroden an der Außen- oder Innenwand eines Gefäßes angebracht. Das Verfahren nach der WO 2014 / 030 054 A2 soll mit optischen und akustischen Analysemethoden, wie Mikroskopie, IR-Spektroskopie und Ultraschall-Analyse kombinierbar sein.

[0009] Die DE 43 32 257 A1 offenbart ein Verfahren zum Erzeugen tomographischer Bilder mit Hilfe von Impedanzmessungen, bei welchem mit zwei verschiedenen Frequenzen Frequenz-differente Bilder eines Zustands erzeugt werden. An einem Messobjekt sind bei diesem Verfahren beispielsweise 16 Oberflächen-Elektroden angebracht, welche sich auf einem sogenannten „Elektrodengürtel“ befinden können. Als mögliche Anordnungen von Elektroden sind in der DE 43 32 257 A1 explizit auch benachbarte oder gegenüberliegende Elektroden genannt.

[0010] Kapazitive Messvorrichtungen, welche durch Kanäle oder Leitungen strömendes, festes oder flüssiges Gut erkennen sollen, sind zum Beispiel in den Dokumenten DE 44 42 711 A1 und DE 10 2016 109 102 B3 offenbart.

[0011] Die grundsätzliche Möglichkeit einer elektrischen Tomographie unter Verwendung mehrerer Elektroden ist zum Beispiel in der DE 10 2009 035 156 B4 erwähnt. Konkret wird die Verwendung eines kapazitiven Sensorsystems zur Messung eines Abstands oder zur Erfassung der Position eines Objektes vorgeschlagen.

[0012] Ein in der DE 20 2016 102 629 U1 beschriebener kapazitiver Sensor ist zur Bestimmung der Permittivitätsverteilung in einem Objekt vorgesehen. Mit diesem Sensor soll es möglich sein, das Verhält-

nis von Gas- zu Wasseranteil in einer Rohrleitung zu bestimmen.

[0013] Ein der EP 2 784 494 A1 offenbartes System soll die Erkennung und/oder Volumenbestimmung von Körpern oder Stoffen aus dielektrischem und/oder leitfähigem Material innerhalb einer Messzelle ermöglichen. Hierbei können sich Gegenstände innerhalb der Messzelle auf einem Förderband befinden.

[0014] Ein Verfahren zum kapazitiven und orts aufgelösten Detektieren einer Annäherung eines Objektes an einen Sensor ist zum Beispiel in der EP 3 166 228 A1 beschrieben.

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem Stand der Technik weiterentwickeltes kapazitives Tomographie-System anzugeben, welches sich durch ein besonders günstiges Verhältnis zwischen erreichbarer Auflösung, apparativem Aufwand und Handhabbarkeit auszeichnet.

[0016] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein kapazitives Tomographiegerät mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Ebenso wird die Aufgabe gelöst durch ein Tomographieverfahren gemäß Anspruch 7. Im Folgenden im Zusammenhang mit dem Verfahren erläuterte Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung gelten sinngemäß auch für die Vorrichtung, das heißt das Tomographiegerät, und umgekehrt.

[0017] Das kapazitive Tomographiegerät arbeitet mit einer Kondensatoranordnung, welche zwei relativ zueinander unbewegliche Kondensatorplatten umfasst, zwischen denen ein Untersuchungsvolumen gebildet ist, wobei jede Kondensatorplatte genau eine Öffnung aufweist und eine durch die Mittelpunkte der beiden Öffnungen gelegte Gerade mit Flächennormalen der beiden Kondensatorplatten jeweils einen Winkel von maximal 10 Grad einschließt.

[0018] Die beiden Kondensatorplatten sind somit zumindest annähernd parallel zueinander angeordnet. In bevorzugter Ausgestaltung liegen die beiden Kondensatorplatten in zueinander parallelen Ebenen, wobei eine Gerade, welche durch die Mittelpunkte der beiden Öffnungen gelegt ist, eine Flächennormale jeder Kondensatorplatte darstellt.

[0019] Vorzugsweise entspricht die Form der ersten Kondensatorplatte der Form der zweiten Kondensatorplatte. Auch die Öffnungen in den Kondensatorplatten sind vorzugsweise übereinstimmend konturiert. Die Öffnungen können beispielsweise jeweils kreisrund oder rechteckig, insbesondere quadratisch, sein.

[0020] Das kapazitive Tomographiegerät eignet sich sowohl zur Untersuchung eines lebenden Organismus als auch zur Untersuchung von Materialproben. In jedem Fall wird ein Untersuchungsobjekt derart relativ zu zwei jeweils genau eine Öffnung aufweisenden Kondensatorplatten zwischen den Kondensatorplatten bewegt, dass sich die Überlappung zwischen dem Untersuchungsobjekt und den in den Kondensatorplatten befindlichen Öffnungen - in Projektionsrichtung orthogonal zu den Kondensatorplatten betrachtet - ändert, wobei bei Zuständen verschiedener Überlappung Kapazitätsmessungen durchgeführt werden.

[0021] Die mit dem Tomographiegerät durchführbare Bildgebung beruht auf einer Messung der ortsabhängigen Permittivität des Untersuchungsvolumens einschließlich des Untersuchungsobjektes. Dies erfolgt strahlungslos und ohne das Anbringen von Elektroden am Untersuchungsobjekt. Die Beweglichkeit zwischen dem Untersuchungsobjekt und dem Tomographiegerät umfasst lineare sowie rotative Bewegungskomponenten. Wird das zu untersuchende Objekt in verschiedenen Ebenen und unter verschiedenen Winkeln komplett abgetastet, so ermöglichen an sich bekannte Verfahren der Rücktransformation, insbesondere auf Basis der Radon-Transformation, die Generierung von Schnittbildern des Untersuchungsobjektes.

[0022] Das Tomographiegerät ist in Relation zum Untersuchungsobjekt derart dimensioniert, dass eine Projektionsfläche des Untersuchungsobjektes komplett auf einer Kondensatorplatte liegen kann, wobei sich die Öffnung in der Kondensatorplatte außerhalb der genannten Projektionsfläche befindet. Es wird hierbei von einer Projektionsrichtung parallel zu der durch die Öffnungen in den Kondensatorplatten gelegten Gerade ausgegangen. Durch das zwischen den Kondensatorplatten, jedoch nicht zwischen den Öffnungen liegende Untersuchungsobjekt ist die Kapazität des Kondensators im Vergleich zum leeren Kondensator maximal erhöht. Wird das Untersuchungsobjekt in den Bereich zwischen den Öffnungen geschoben, so ergibt sich eine Verminderung der Kapazität, welche messtechnisch erfasst wird. In weiterentwickelten Varianten des Verfahrens kann diese Messung frequenzabhängig durchgeführt werden. Im einfachsten Fall erlaubt bereits der Anschluss der Kondensatorplatten an eine Gleichspannung eine Aussage über die Kapazität der Kondensatoranordnung.

[0023] Unabhängig vom Messverfahren wird mit Hilfe des Tomographiegerätes vorzugsweise ein Objekt untersucht, welches groß im Vergleich zu den Öffnungen in den Kondensatorplatten ist. Bevorzugt ist die geringste Projektionsfläche des Untersuchungsobjektes mindestens doppelt so groß wie die Fläche jeder Öffnung.

[0024] Der minimale Abstand jeder Öffnung vom Rand der betreffenden Kondensatorplatte ist vorzugsweise größer als der maximale Durchmesser der Öffnung. Im Fall einer quadratischen Öffnung entspricht der maximale Durchmesser der Diagonalen des Quadrats. Die Fläche jeder Öffnung beträgt in bevorzugter Ausgestaltung weniger als 1 % der Fläche der Kondensatorplatte, in welcher sich die Öffnung befindet. Das Tomographie-Verfahren ist mit fest stehenden Kondensatorplatten und bewegtem Untersuchungsobjekt ebenso durchführbar wie mit stillstehendem Untersuchungsobjekt und insgesamt beweglichen Kondensatorplatten. In beiden Fällen können Relativbewegungen zwischen dem Untersuchungsobjekt und den Kondensatorplatten entweder kontinuierlich oder schrittweise vollzogen werden, wobei im letztgenannten Fall die Kapazitätsmessungen vorzugsweise ausschließlich in Stillstandsphasen durchgeführt werden.

[0025] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierin zeigen:

Fig. 1 ein kapazitives Tomographiegerät samt Untersuchungsobjekt in Draufsicht,

Fig. 2 die Anordnung nach **Fig. 1** in perspektivischer Ansicht,

Fig. 3 in einem Diagramm eine mit der Anordnung nach **Fig. 1** aufgenommene Messung.

[0026] Die **Fig. 1** und **Fig. 2** zeigen nicht maßstäblich ein insgesamt mit dem Bezugszeichen 1 gekennzeichnetes kapazitives Tomographiegerät, welches eine Kondensatoranordnung 2 und ein Messgerät 12 umfasst. Die Kondensatoranordnung 2 ist aus zwei zueinander parallelen Kondensatorplatten 3, 4 aufgebaut. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich bei den Kondensatorplatten 3, 4 um quadratische Aluminium-Platten mit einer Seitenlänge B_K (Breite der Kondensatorplatten) von jeweils 10 cm. Der mit d_K bezeichnete Abstand zwischen den Kondensatorplatten 3, 4 beträgt 16 mm. Auf einer Tragkonstruktion 5 befindet sich eine Skala 6, welche den zwischen den Kondensatorplatten 3, 4 gebildeten Untersuchungsbereich in Längsrichtung, im vorliegenden Fall als x-Richtung definiert, durchzieht. An Stelle der Skala 6 oder zusätzlich zur Skala 6 umfasst das Tomographiegerät 1 optional weitere Skalen und/oder automatisierte Längenmesssysteme. Elektrische Leitungen, welche die Kondensatorplatten 3, 4 mit dem Messgerät 12, das zur Durchführung von Kapazitätsmessungen vorgesehen ist, verbindet, sind mit den Bezugszeichen 7, 8 gekennzeichnet.

[0027] Die, bezogen auf die Anordnung nach **Fig. 1**, in der Zeichenebene liegende, zur x-Achse orthogonale Achse ist als y-Achse definiert und stellt eine Flächennormale FN der beiden zueinander paralle-

len Ebenen dar, in welcher die Kondensatorplatten 3, 4 liegen. Als z-Achse wird diejenige Achse bezeichnet, welche sowohl zur x-Achse als auch zur y-Achse orthogonal ausgerichtet ist und aus der in **Fig. 1** sichtbaren Zeichenebene senkrecht herausragt. Im tatsächlichen Versuchsaufbau ist die z-Achse, wie in **Fig. 2** visualisiert, vertikal ausgerichtet. Die Durchführbarkeit des Tomographie-Verfahrens ist von der Ausrichtung der Achsen x,y,z im Raum jedoch nicht abhängig.

[0028] In der Mitte jeder Kondensatorplatte 3, 4 befindet sich eine Öffnung 9, 10. Im Ausführungsbeispiel ist jede Öffnung 9, 10 quadratisch. Alternativ sind zum Beispiel kreisrunde Öffnungen in den Kondensatorplatten 3, 4 zur Durchführung des Tomographie-Verfahrens geeignet.

[0029] Im skizzierten Ausführungsbeispiel befindet sich im Untersuchungsvolumen ein zylindrisches, längs der z-Achse ausgerichtetes Untersuchungsobjekt 11, bei welchem es sich um einen mit ionisiertem Wasser gefüllten Behälter handelt. Der Durchmesser des nicht maßstäblich dargestellten Untersuchungsobjektes 11 beträgt 12 mm. Die Höhe des Untersuchungsobjektes 11, das heißt seine Erstreckung längs der z-Achse, beträgt 60 mm.

[0030] In der Anordnung nach **Fig. 1** würde sich durch eine Projektion des Untersuchungsobjektes 11 in y-Richtung eine Projektionsfläche ergeben, welche vollständig innerhalb einer der Kondensatorplatten 3, 4, jedoch außerhalb der Öffnungen 9, 10 liegt. Da die Permittivität des Untersuchungsobjektes 11 größer als die Permittivität von Luft ist, ist die Kapazität der Kondensatoranordnung 2 in der Anordnung nach **Fig. 1**, verglichen mit Anordnungen, in welchen sich kein Objekt zwischen den Kondensatorplatten 3, 4 befindet, maximal erhöht.

[0031] Ausgehend von diesem Zustand wird das Untersuchungsobjekt 11 in Schritten von 2 mm längs der Skala 6, das heißt in x-Richtung, verschoben. Nach jedem Schritt wird eine erneute Kapazitätsmessung mittels des Messgerätes 12 durchgeführt. Der ermittelte Messwert der Kapazität C, angegeben in pF, bleibt, wie aus **Fig. 3** hervorgeht, näherungsweise konstant, bis der Rand des Untersuchungsobjektes 11 den Bereich zwischen den Öffnungen 9, 10 erreicht. In **Fig. 3** entspricht der mit MP bezeichnete Mittelpunkt der Öffnungen 9, 10 dem Wert Null auf der X-Achse. Der die Kapazität C der Kondensatoranordnung 2 steigernde Effekt des Untersuchungsobjektes 11 nimmt in dem Maße ab, in welchem das Untersuchungsobjekt 11 näher an der Flächennormale FN, welche beide Mittelpunkte MP schneidet, positioniert ist. Schneidet die Mittelachse des Untersuchungsobjektes 11 die Flächennormale FN, so ist die gemessene, in Pikofarad angegebene Kapazität C minimal. Bei weiterem Vor-

schub des Untersuchungsobjektes 11 in Richtung der x-Achse ist wieder ein Anstieg der Kapazität C zu beobachten, bis sich das Untersuchungsobjekt 11 erneut in einem Bereich zwischen den Kondensatorplatten 3, 4 befindet, welcher frei von jeglichen Öffnungen ist.

[0032] Hätte das Untersuchungsobjekt 11 keinen kreisrunden Querschnitt, so würde der beschriebene Vorgang mit unterschiedlichen Winkelstellungen des Untersuchungsobjektes 11, wobei dieses jeweils um einen definierten Winkelbetrag um die z-Achse geschwenkt wird, wiederholt werden. In analoger Weise könnten weitere Messungen durchgeführt werden, bei welchen die Positionierung des Untersuchungsobjektes 11 längs der z-Achse jeweils um einen definierten Betrag verändert ist. Insgesamt ist damit ein kompletter 3-D-Datensatz des Untersuchungsobjektes 11 generierbar. Aus diesem dreidimensionalen Datensatz können beliebige Schnittbilder des Untersuchungsobjektes 11 generiert werden.

Bezugszeichenliste

1	kapazitives Tomographiegerät
2	Kondensatoranordnung
3	Kondensatorplatte
4	Kondensatorplatte
5	Tragkonstruktion
6	Skala
7	elektrische Leitung
8	elektrische Leitung
9	Öffnung
10	Öffnung
11	Untersuchungsobjekt
12	Messgerät
B_K	Breite der Kondensatorplatten
d_K	Abstand zwischen den Kondensatorplatten
d_P	Durchmesser des Untersuchungsobjektes
d_{Oe}	Durchmesser der Öffnung
FN	Flächennormale
MP	Mittelpunkt

Patentansprüche

1. Kapazitives Tomographiegerät, mit einer Kondensatoranordnung (2), welche zwei Kondensatorplatten (3,4) umfasst, zwischen welchen ein Untersuchungsvolumen gebildet ist, wobei jede

Kondensatorplatte (3,4) genau eine Öffnung (9,10) aufweist und eine durch die Mittelpunkte (MP) der beiden Öffnungen (9,10) gelegte Gerade mit Flächennormalen (FN) der beiden Kondensatorplatten (3,4) jeweils einen Winkel von maximal 10° einschließt.

2. Tomographiegerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Öffnungen (9,10) in den Kondensatorplatten (3,4) übereinstimmend geformt sind.

3. Tomographiegerät nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Öffnungen (9,10) in den Kondensatorplatten (3,4) jeweils kreisrund sind.

4. Tomographiegerät nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Öffnungen (9,10) in den Kondensatorplatten (3,4) jeweils quadratisch sind.

5. Tomographiegerät nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der minimale Abstand jeder Öffnung (9,10) vom Rand der Kondensatorplatte (3,4) größer als der maximale Durchmesser (d_{Oe}) der Öffnung (9,10) ist.

6. Tomographiegerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fläche jeder Öffnung (9,10) weniger als 1% der Fläche der Kondensatorplatte (3,4) beträgt.

7. Kapazitives Tomographieverfahren, wobei ein Untersuchungsobjekt (11) relativ zu zwei jeweils genau eine Öffnung (9,10) aufweisenden Kondensatorplatten (3,4) derart zwischen den Kondensatorplatten (3,4) bewegt wird, dass sich die Überlappung zwischen dem Untersuchungsobjekt (11) und den Öffnungen (9,10) in den Kondensatorplatten (3,4) ändert, wobei bei Zuständen verschiedener Überlappung, einschließlich eines Zustandes, in welchem eine Projektionsfläche des Untersuchungsobjektes (11) - mit Projektionsrichtung parallel zu einer durch die Mittelpunkte (MP) der beiden Öffnungen (9,10) gelegten Gerade - vollständig innerhalb einer der Kondensatorplatten (3,4), jedoch außerhalb der Öffnung (9,10) liegt, jeweils Kapazitätsmessungen durchgeführt werden.

8. Tomographieverfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kapazitätsmessungen mit einem Untersuchungsobjekt (11) durchgeführt werden, dessen geringste Projektionsfläche mindestens doppelt so groß wie die Fläche jeder Öffnung (9,10) ist.

9. Tomographieverfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Relativbewegungen zwischen dem Untersuchungsobjekt (11) und den Kondensatorplatten (3,4) schrittweise vollzogen werden, wobei die Kapazitätsmessungen

ausschließlich in Stillstandsphasen durchgeführt werden.

10. Tomographieverfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Untersuchungsobjekt (11) kontinuierlich relativ zu den Kondensatorplatten (3,4) bewegt wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

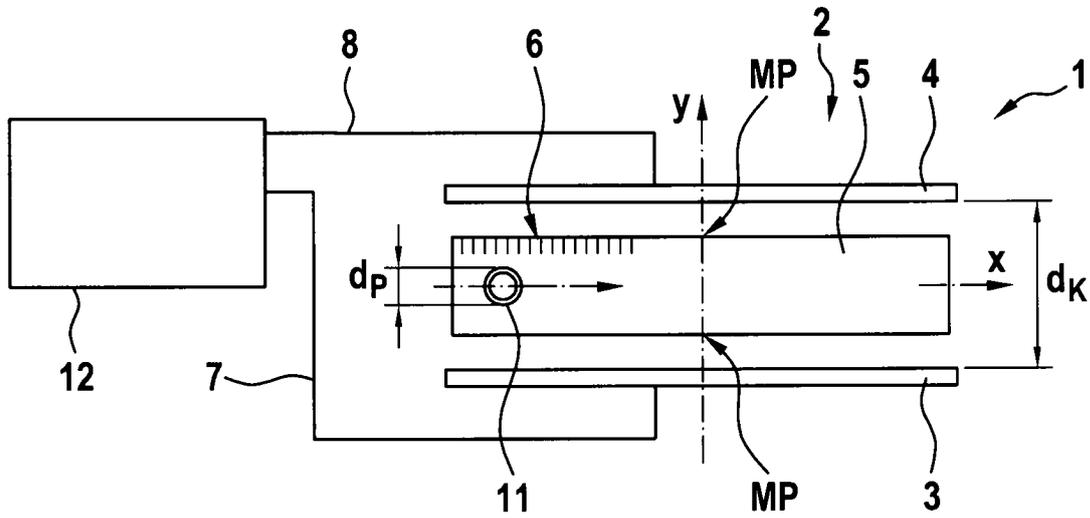


Fig. 2

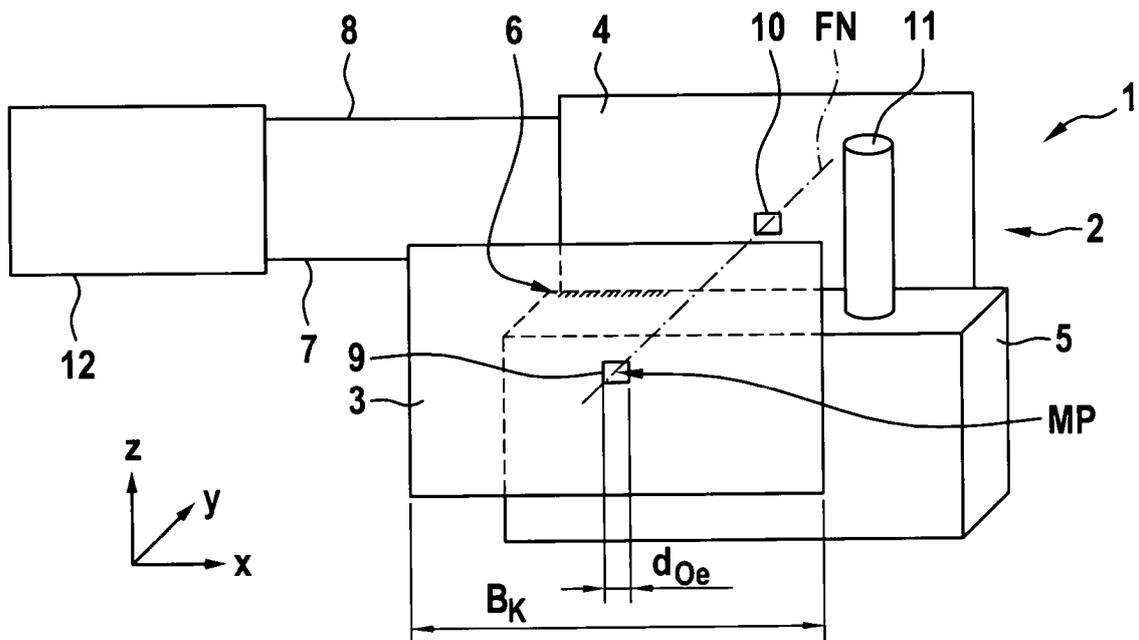


Fig. 3

