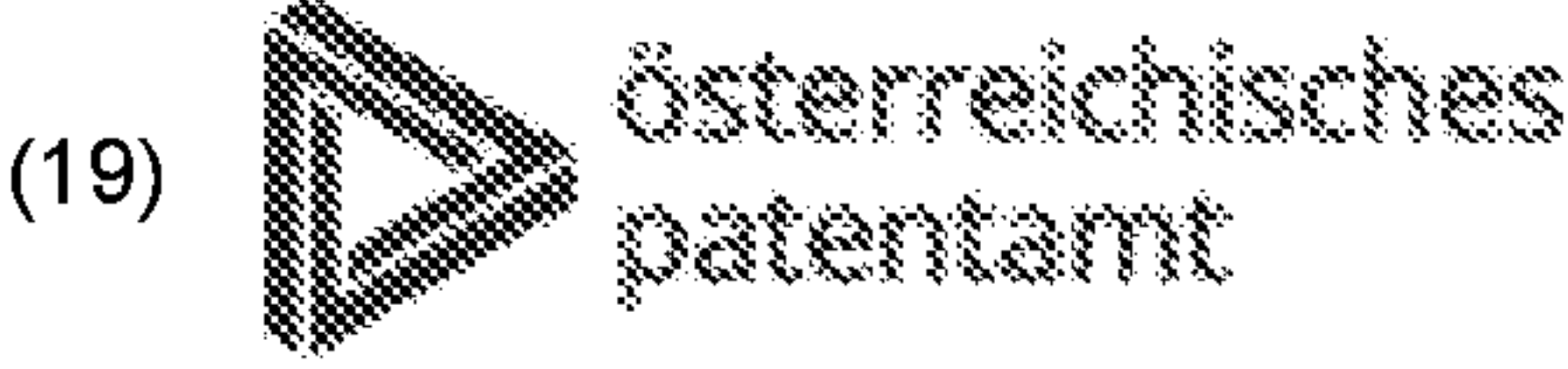




(10) **AT 522926 A1 2021-03-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21)	Anmeldenummer:	A 276/2019	(51)	Int. Cl.:	G01B 7/00	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	21.08.2019			G01B 7/14	(2006.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.03.2021				
(56) Entgegenhaltungen: WO 2009056314 A1 EP 2221587 A2 DE 102015117067 A1			(71) Patentanmelder: SuessCo Sensors GmbH 3130 Herzogenburg (AT)			
			(72) Erfinder: Windl Roman Dr. MSc.			
			(74) Vertreter: Häupl & Ellmeyer KG, Patentanwaltskanzlei 1070 Wien (AT)			

(54) **Messen von Positionen, mechanischen Verschiebungen und Rotationen von Körpern**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und eine Verfahren zum Messen der relativen Position und den Winkeln zwischen zwei zu messenden Körpern (7, 77). Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie einem oder mehreren Permanentmagneten (6), aufweist und dass die zu messende Position indirekt über ein Magnetfeld bestimmt wird. Das Magnetfeld wird durch einen oder mehrere Magnetfeldsensoren (3) detektiert, der mit einem Mikrochip ausgelesen wird. Um auf die Position und den Winkel des Permanentmagnetsystems (6) in Relation zu den Magnetfeldsensoren (3) rückzurechnen wird eine mathematische Minimierungsmethode verwendet. Die Energie die für das Auslesen der Sensoren benötigt wird, kann durch das Anregefeld eines Auslesegeräts bezogen werden. Der Sensor kann ohne Energieversorgung auskommen und kann mittels Standardauslesegeräte, wie Beispielsweise eines NFC fähiges mobiltelefon ausgelesen werden.

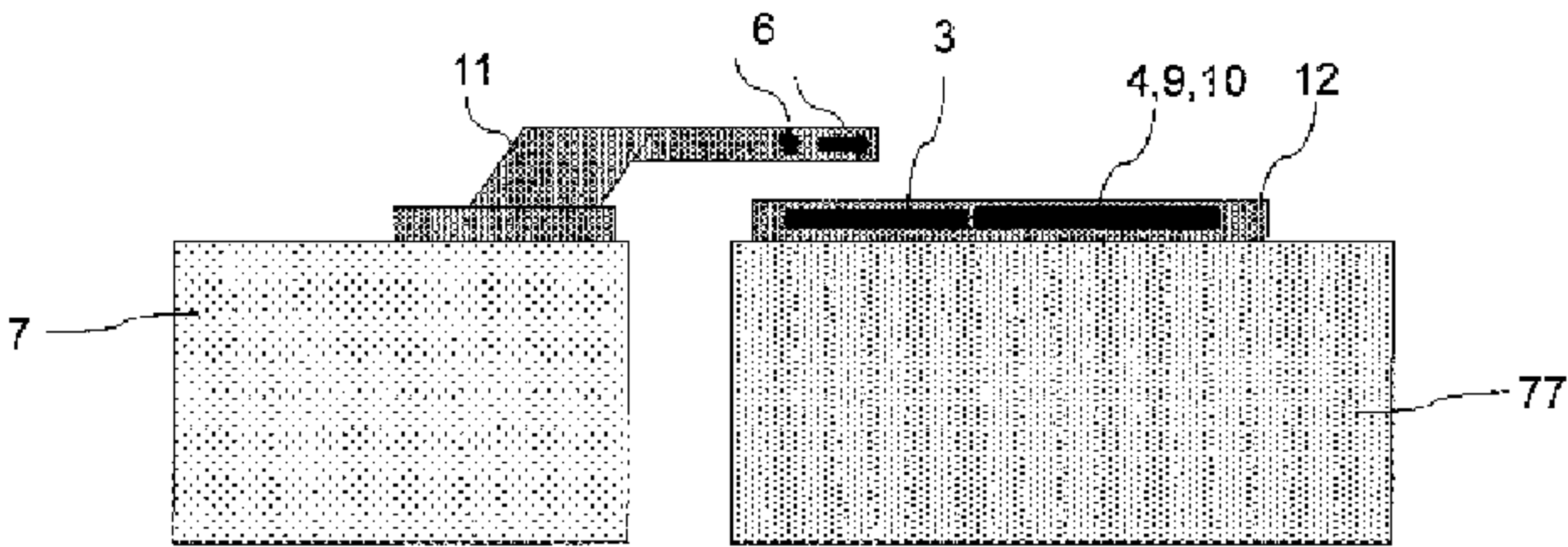
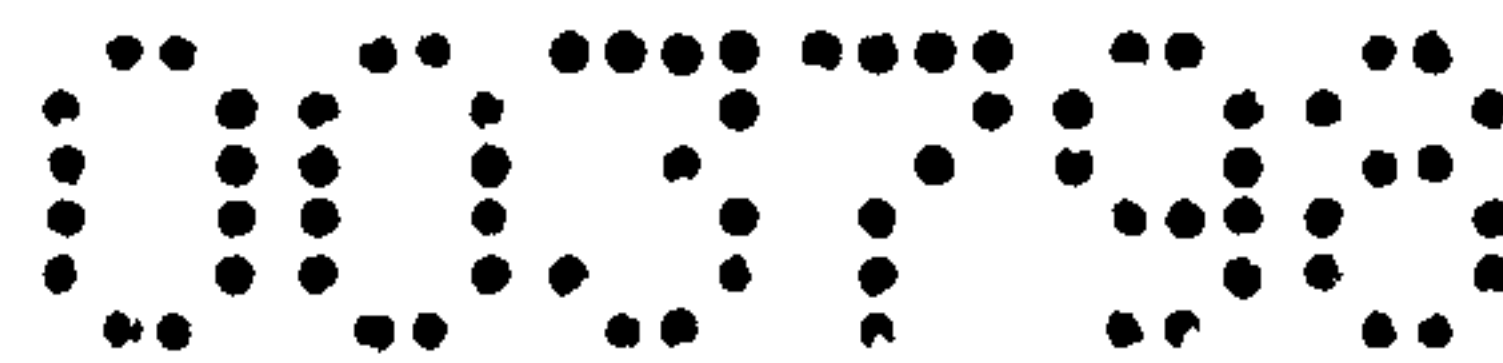
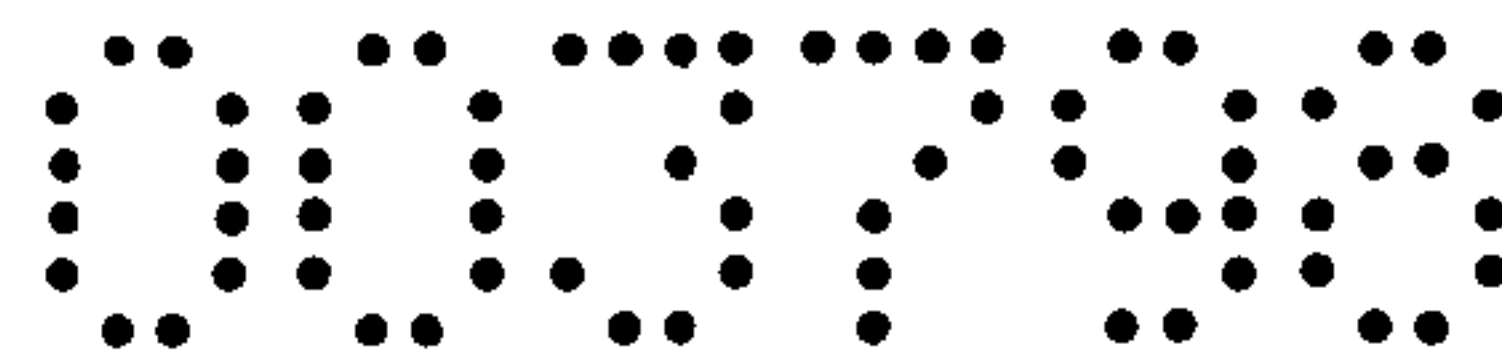


Abb. 3



Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und eine Verfahren zum Messen der relativen
5 Position und den Winkeln zwischen zwei zu messenden Körpern (7, 77). Die Erfindung ist
dadurch gekennzeichnet, dass sie einem oder mehreren Permanentmagneten (6), aufweist
und dass die zu messende Position indirekt über ein Magnetfeld bestimmt wird. Das
Magnetfeld wird durch einen oder mehrere Magnetfeldsensoren (3) detektiert, der mit einem
Mikrochip ausgelesen wird. Um auf die Position und den Winkel des
10 Permanentmagnetsystems (6) in Relation zu den Magnetfeldsensoren (3) rückzurechnen
wird eine mathematische Minimierungsmethode verwendet. Die Energie die für das
Auslesen der Sensoren benötigt wird, kann durch das Anregefeld eines Auslesegeräts
bezogen werden. Der Sensor kann ohne Energieversorgung auskommen und kann mittels
Standardauslesegeräte, wie Beispielsweise eines NFC fähiges mobiltelefon ausgelesen
15 werden.



Messen von Positionen, mechanischen Verschiebungen und Rotationen von Körpern

Die Erfindung betrifft das Messen von Positionen im Raum, mechanischer Verschiebungen und Rotationen und insbesondere eine dafür geeignete Methode entsprechend dem
5 einleitenden Teil des Anspruches 1 und eine Vorrichtung entsprechend dem einleitenden Teil des Anspruches 7.

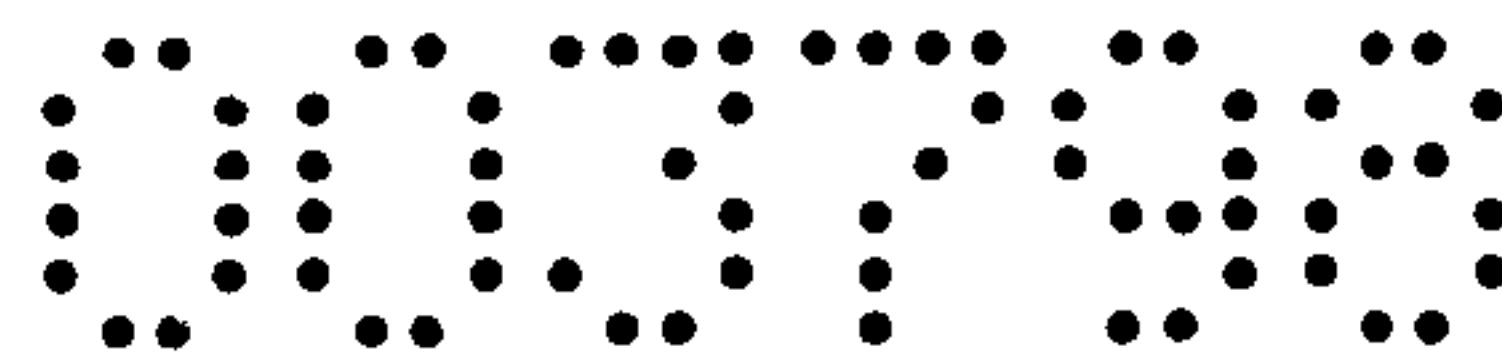
Verschiedene technische Realisierungen sind Stand der Technik für lineare Positionssensoren (Wegsensoren). Auf Widerstandsänderung basieren Potentiometergeber und Dehnungsmessstreifen. Eine Positionsänderung führt bei induktiven Sensoren zu einer
10 Veränderung der Induktivität. Ein derartiger Sensor ist aus der SE 9 501 500 A zur Messung einer Kraft, die auf eine Platte wirkt, bekannt. Dabei drückt die Platte auf den Kern einer elektrischen Spule, der ein magnetorestriktives Material aufweist oder zumindest teilweise aus ihm besteht. Durch die Änderung der Geometrie zufolge der Kraft ändern sich die magnetischen Eigenschaften des Kerns, was über die Spule und eine Auswertungselektronik
15 gemessen wird. Daraus kann auf die Kraft rückgeschlossen werden.

Andere Sensoren mit magnetorestriktivem Material sind aus WO 2004/070408 A, der JP 2005338031 A, der JP 8293012 A und der US 2002166382 A bekannt.

Andere Bauformen für Weggeber sind kapazitiven Sensoren, bei denen eine Positionsänderung der Kondensatorplatten beziehungsweise des Dielektrikums zu einer
20 Änderung der Kapazität führen.

Weiters kann eine Distanz mittels Laufzeitmessung bestimmt werden, wie beispielsweise bei Laserentfernungsmesser, oder Ultraschallsensoren. Bei magnetostriktiven Wegaufnehmern wird der Abstand eines ringförmigen Magnetes durch Laufzeitmessung einer Torsionswelle in einem Rohr bestimmt. In Anwendung für „Structural Health
25 Monitoring“ werden oft Schwingseitensensoren angewendet.

Eine weitere Klasse von Wegsensoren basierten auf Inkrementalgeber. Hier werden periodische Maßverkörperungen (bei optischen Systemen Striche auf Glas oder Metall, bei magnetischen Systemen Magnetisierung auf einem Magnetband) durch eine Elektronik gezählt. Der Nachteil dieser Systeme ist, dass keine absolute Messung der Position möglich
30 ist.



Um absolute Positionen in einer Richtung (einer Dimension) bestimmen zu können, wird die aktuelle Position durch ein magnetisches Bitmuster codiert. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung einer zweiten Spur oder durch das Phasenverhältnis zwischen den Spuren realisiert werden (DE10038296A1, US20180306601A1). Um dieses Bitmuster auslesen zu
 5 können, werden magnetische Sensoren verwendet. Um die absolute Position bestimmen zu können müssen mehr als eine Feldkomponente ausgelesen werden und somit auch mehr als ein Magnetfeldsensor verwendet werden.

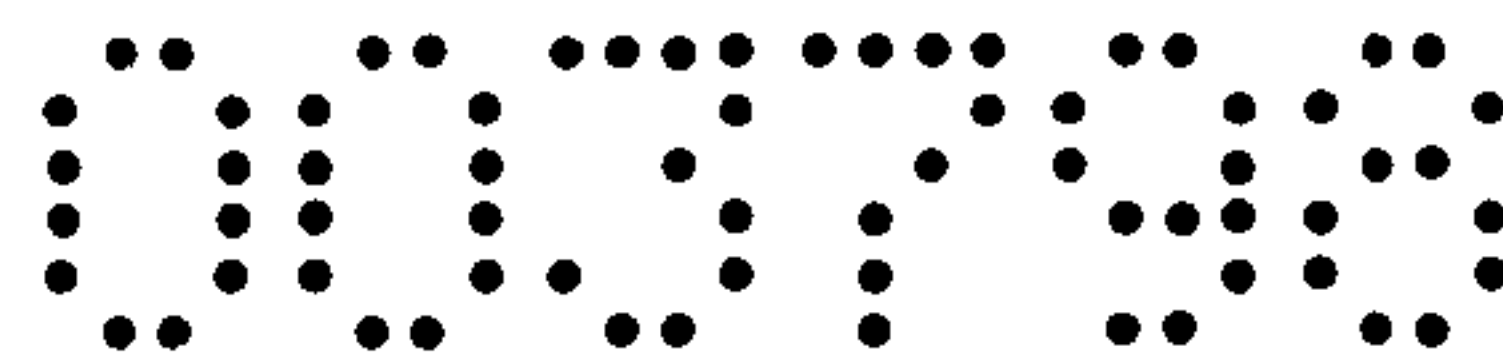
Eine andere Möglichkeit ist aus dem Magnetfeld eines Permanentmagneten auf die Position relativ zu einem Magnetfeldsensor zu schließen. Aus im allgemeinen zwei Komponenten
 10 des Magnetfeldes (Ortner, M., et al. "Application of 3D-printed magnets for magnetic position detection systems." 2017 IEEE SENSORS. IEEE, 2017.) kann auf die Position einer Richtung geschlossen werden.

All diese zuvor beschriebenen Verfahren haben gemein, dass diese die Position nur in einer Richtung (Dimension) bestimmen können.

15 Für eine Vielzahl von Anwendungen ist jedoch die 3D Bestimmung der Position von Bedeutung. Als Beispiel sei genannt die Stellung eines Steuerknüppels. die Bewegung von Bauteilen zueinander (Rissmonitore), die genaue Position von Roboterarmen und Maschinenteilen.

Die Erfindung hat die Aufgabe, dieses Problem zu lösen und schlägt dazu vor, absolute
 20 mechanische Positionen, Verschiebungen und Rotationen zwischen zwei räumlich und mechanisch getrennten Objekten zu detektieren. In einer Ausprägung der Anmeldung kann diese Bestimmung auch passiv erfolgen, das heißt der erfindungsmäßige Sensor benötigt keine Batterie. In diesem Fall ist der Sensor ist so ausgeführt, dass er als passives Element funktioniert, das weder eine eigene Energieversorgung noch sonstige elektronische
 25 Elemente benötigt. Dieses System kann mit handelsüblichen Lesegeräten ausgelesen werden zu können, wie beispielsweise ein kommerzielles Mobiltelefon mit NFC Funktionalität.

In der Erfindung wird auf die räumliche Position eines Permanentmagnetsystems (6) anhand der gemessenen Magnetfelder rückgerechnet, wobei die Magnetfelder durch Magnetfeldsensoren detektiert werden. Dies ermöglicht eine absolute Erfassung der Position
 30 in 6 Dimensionen nämlich 3 Positionen (x,y,z) und 3 Rotationswinkel (3 Eulerwinkel, α, β, γ). Absolut bedeutet in diesem Kontext, dass der Nullpunkt der Position immer bekannt ist, dies



ist ein Vorteil gegenüber relativen Messverfahren, die bei Stromverlust oder Messfehlern einen Referenzpunkt zur Festlegung des Nullpunktes anfahren müssen.

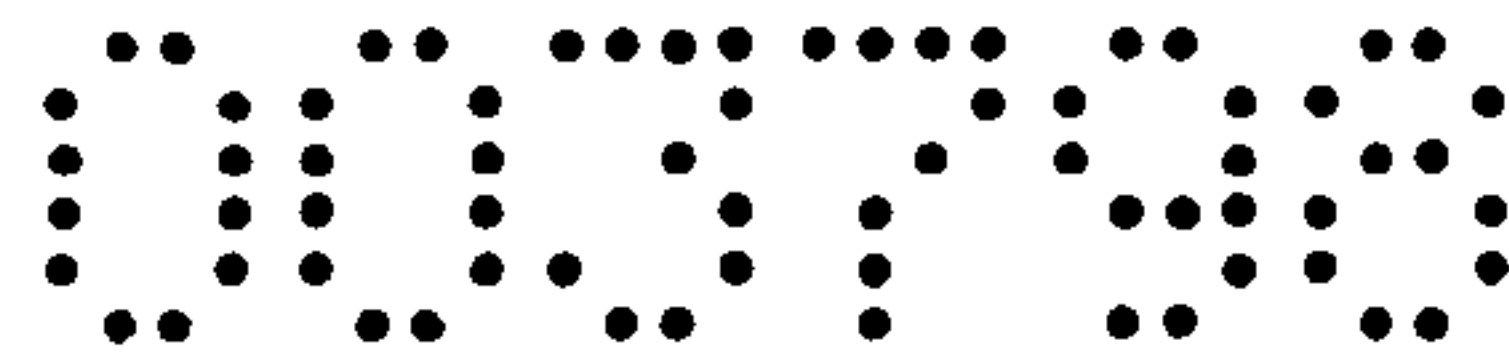
Eine Ausgestaltung der Erfindung kann die folgenden wesentlichsten Bestandteile des Systems enthalten:

- 5 (i) Einen Micro-Chip (4) welcher analoge oder digitale Auswertung von verschiedensten Magnetfeldsensoren (3) bietet, die ID des Sensors speichert und über drahtlose Ausleseeinheiten wie Bluetooth oder RFID verfügt.
- (ii) Ein oder mehrere Magnetfeldsensoren (3), die mindestens eine Komponente des Magnetfeldes bevorzugt aber alle drei Komponenten des Magnetfeldes messen. Weitere
10 Sensoren wie z.B. Temperatursensoren können verwendet werden, um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen indem eine Temperaturkompensation durchgeführt wird.
- (iii) Mindestens ein Permanentmagnet (6) welcher in Form und Magnetisierung bekannt ist und von dem die Position absolut zu den Magnetfeldsensoren bestimmt wird.
- (iv) Optional kann der Sensor mit einer Batterie (10) ausgestattet zu sein, sodass auch
15 unabhängig vom Lesesignal Messdaten aufgezeichnet werden können.

Durch das Funksignal des Abfragegeräts kann ein passiver RFID-Transponder genügend Energie beziehen um einen Magnetfeldsensor (3) auszulesen. Als Magnetfeldsensor können Standardsensoren wie beispielsweise Hall, AMR, GMR, TMR Sensoren verwendet werden.

Das magnetische Streufeld H_{Messung} des Permanentmagnetsystems (6) wird vorab gemessen
20 oder mittels mathematischer Methoden simuliert. Die Magnetfeldsensoren werden so angeordnet, dass ein gewünschter Verschiebungsbereich mit einer gewünschten Auflösung gemessen werden kann. Durch Erhöhung der Anzahl der Magnetfeldsensoren (3) kann der Verschiebungsbereich vergrößert oder die Positionsgenauigkeit verbessert werden. Eine Reduzierung der Anzahl der Magnetfeldsensoren reduziert den Verschiebungsbereich oder
25 verschlechtert die Positionsgenauigkeit.

Die Messwerte der Magnetfeldsensoren werden mit ihren bekannten Positionen an ein Rechenmodell übergeben, welches aufgrund des magnetischen Streufeldes des Permanentmagnetsystems (6) auf die Position in Relation zu den Magnetfeldsensoren rückrechnen kann.



Im Folgenden wird eine Ausprägung im Detail beschrieben. Die Permanentmagnete (6) erzeugen an den Positionen $\mathbf{x}_i$ der Sensoren ein Magnetfeld $\mathbf{H}_{\text{Messung},i}$. Andererseits kann bei bekannter Geometrie, Anordnung der Magnete zueinander, gegebener Magnetisierung $\mathbf{M}$ der Permanentmagnete, für eine bestimmte Position des Magnetsystems $\mathbf{x}_{\text{Magnet}}$ und einer bestimmten Rotationsausrichtung im Raum, welche beispielsweise durch die Eulerwinkel α, β, γ definiert ist, das erwartete Magnetfeld an den Orten $\mathbf{x}_i$ bestimmt werden, $\mathbf{H}_{\text{Theorie},i}(\mathbf{x}_{\text{Magnet}}, \alpha, \beta, \gamma)$. Aus dem gemessenen Magnetfeld und dem erwarteten Magnetfeld, falls das Permanentmagnetsystem (6) am Ort $\mathbf{x}_{\text{Magnet}}$ ausgerichtet ist und die Drehung im Raum durch die Eulerwinkel (α, β, γ) gegeben ist, wird eine mathematische Norm (Abstand d) zwischen diesen beiden Felder bestimmt

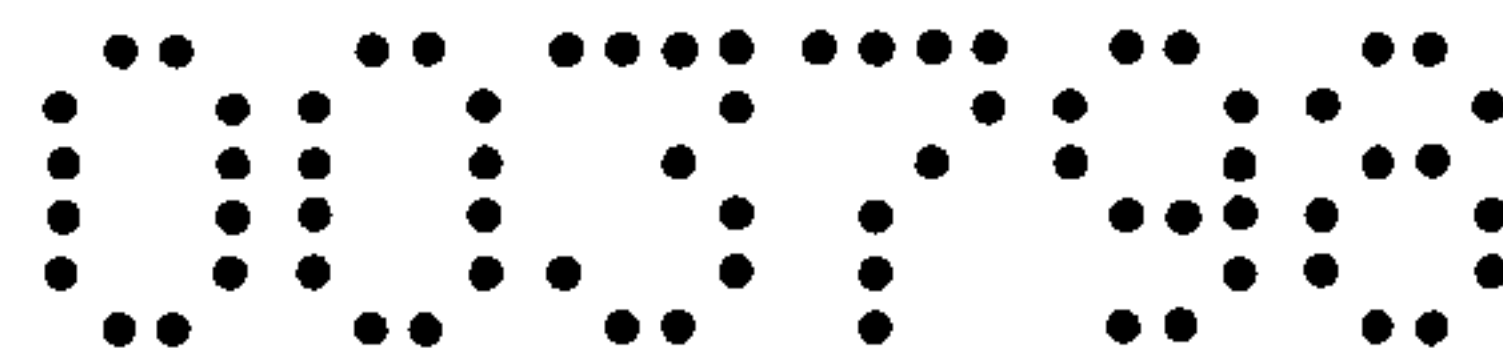
$$d(\mathbf{x}_{\text{Magnet}}, \alpha, \beta, \gamma) = \sum_{i=1}^N \left\| \mathbf{H}_{\text{Theorie},i}(\mathbf{x}_{\text{Magnet}}, \alpha, \beta, \gamma) - \mathbf{H}_{\text{Messung},i} \right\|, \quad (1.1)$$

wobei N die Anzahl der Magnetfeldsensoren an den Orten $\mathbf{x}_i$ ist. Die unbekannte Position $\mathbf{x}_{\text{Magnet}}$ des Permanentmagnetsystems (6) und Ausrichtung im Raum α, β, γ wird derart bestimmt, dass der Abstand d minimiert wird. In die Abstandsfunktion d können noch weitere unbekannte Größen implementiert werden, wie beispielsweise Sensorsensitivität in die x, y und z Richtung, Temperaturabhängige Magnetisierung und der gleichen. Solange die gemessenen Feldwerte der Sensoren größer als die Anzahl der Unbekannten ist, kann das System eindeutig gelöst werden.

Diese Minimierung wird im Allgemeinen numerisch durchgeführt und es können verschiedene Minimierungsroutinen wie Nelder-Mead, Powell Minimierung, konjugierte Gradienten, BFGS (Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno) Minimierung. Auch globale Minimierungsmethoden können verwendet werden wie, „Basinhopping“, Evolutionäre Algorithmen, oder „Simulated Annealing“.

Das magnetische Feld des Permanentmagnetsystems (6) kann entweder analytisch oder auch numerisch mit Hilfe von Randelementmethoden oder finiten Elementmethoden berechnet werden. Bei numerischen Berechnungsmethoden können die makroskopischen Maxwellgleichungen gelöst werden, sodass Selbstentmagnetisierungseffekte der Magnete oder andere weichmagnetische Materialien berücksichtigt werden können.

Eine andere Methode um $\mathbf{H}_{\text{Theorie},i}(\mathbf{x}_{\text{Magnet}}, \alpha, \beta, \gamma)$ zu bestimmen ist, dass vorab das magnetische Feld des Permanentmagnetsystem vermessen wird und die magnetischen



Feldwerte als Funktion des Raumes gespeichert werden, $\mathbf{H}_{\text{Theorie},i,0}(\mathbf{x}_{\text{Magnet}}=0, \alpha=0, \beta=0, \gamma=0)$. Durch Anwendung von Translationsoperationen und Drehoperationen kann aus dem vorab bestimmten Feld $\mathbf{H}_{\text{Theorie},i,0}$ auf $\mathbf{H}_{\text{Theorie},i}(\mathbf{x}_{\text{Magnet}}, \alpha, \beta, \gamma)$ geschlossen werden.

Diese Methode kann auch verwendet werden, wenn das Permanentmagnetsystem (6) auf
5 beispielsweise einer weichmagnetischen Abschirmung (66) angebracht sind. Hier wird das gesamte Magnetfeld von Permanentmagnete (6) und weichmagnetische Abschirmung (66) simuliert oder vermessen.

Die erfindungsgemäßen Sensoren sind auch für drahtlose Spannungsmessungen und Verschiebungsmessungen geeignet und insbesondere dort einsetzbar, wo eine Verkabelung
10 nur mit hohem Aufwand und/oder mit Einschränkungen in der Anwendung durchführbar ist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt, bzw. zeigen, ganz schematisch:

Abb. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung von Verschiebungen mit vier Magneten

15 Abb. 2 eine Vorrichtung zur Messung von Verschiebungen mit einem Magneten

Abb. 3 eine Variante zur Messung von Verschiebungen zwischen zwei Körpern mit einer anderen Anordnung der Magnete

Abb. 4 eine Variante zur Messung von Verschiebungen zwischen zwei Körpern mit einer
20 anti-parallelen Ausrichtung der Magnetisierung der Magnete

Abb. 5 eine Variante zur Messung von Verschiebungen zwischen zwei Körpern mit einer Halbach Magnetisierung der Magnete

Abb. 6 eine Variante zur Messung von Verschiebungen zwischen zwei Körpern wobei die Magnete näher an den Körper angebracht sind als die Sensoren und unter den Magneten ein
25 optionales weichmagnetisches Element angebracht ist

Abb. 7 eine Variante zur Messung des mechanischen Druckes auf den Körper (7)

Abb. 8 eine Variante zur Feststellung der Lage und Position eines Steuerknüppels

Abb. 9 eine Variante zur Feststellung der Abweichung einer gelagerten Welle

Abb. 10 eine Variante zur Messung von Verschiebungen zwischen drei Körpern

30 Abb. 11 eine Variante zur Messung von Dehnungen eines Körpers

Abb. 12 Mögliche Komponenten eines Micro-Chips

Abb. 13 zeigt den Vergleich der gemessenen Position des Permanentmagneten zu dem vorgegebenen linearem Verhalten

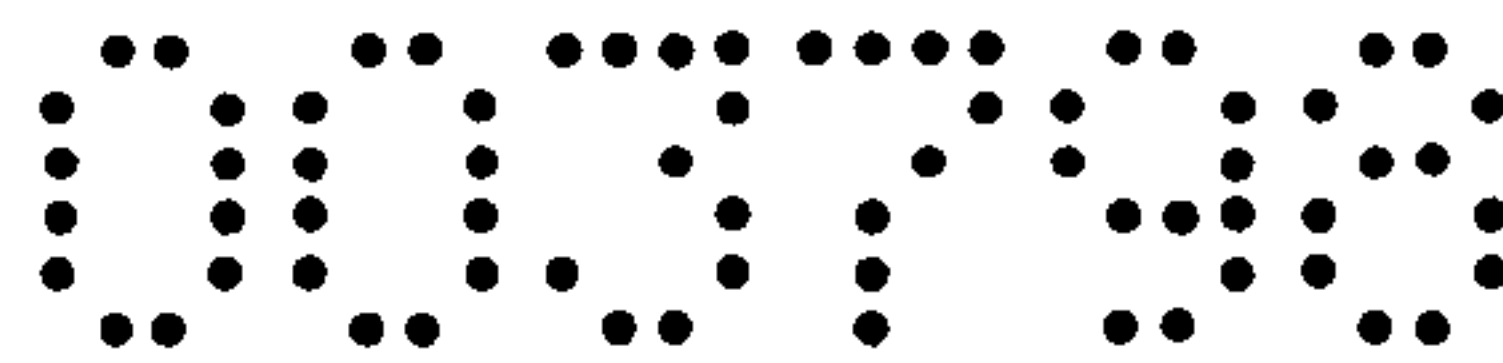


Abb. 14 zeigt Anordnung von Magneten und Sensoren eines weiteren konkreten Beispiels

Abb. 15 zeigt die Standardabweichung der x-Position der Verschiebung

Abb. 16 zeigt die Standardabweichung des Winkels α

- 5 Abb. 1 zeigt die erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung (1) bestehend aus mehreren Magnetfeldsensoren (3), einem Micro-Chip (4), der einen RFID Transponder mit einer Antenne (9) oder eine Kabelverbindung (8) besitzt und den Permanentmagneten (6). Die Permanentmagneten haben eine fixe Ausrichtung zueinander und sind an einem zweiten Körper (7) befestigt, wobei die relative Position von Körper (7) zu Körper (1) bestimmt wird.
- 10 Die Magnetfeldsensoren (3) messen das aktuelle Magnetfeld $H_{\text{Messung},i}$ des Permanentmagnetsystems (6) am Ort des i -ten Sensors x_i . Dieses Feld wird vom Micro-Chip (4) mit dem simulierten oder zuvor vermessenen Magnetfeld des Permanentmagnetsystems H_{Theorie} verglichen. Daraus wird eine Abstandsnorm d bestimmt um durch Minimierung der Unbekannten, also der Ausrichtung im Raum (Euler Winkel) und die Position des
- 15 Permanentmagnetsystems (6) bestimmen zu können. Dies bedeutet, dass die Position und Rotation des Permanentmagnetsystems (6) relativ zu den Magnetfeldsensoren (3) ohne mechanische Verbindung berechnet werden kann.

Ein oder mehrere Permanentmagnete (6) sind in einer Halterung (11) auf dem zu vermessenden Körper (7) angebracht. Die Magnetfeldsensoren (3) sowie der Micro-Chip (4)

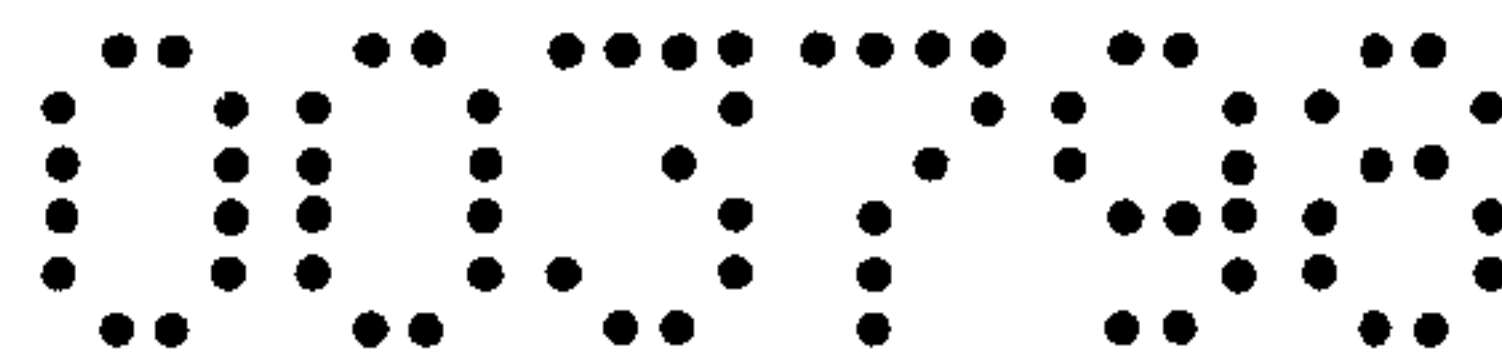
20 werden gemeinsam in einem Gehäuse (12) platziert und auf demselben Körper (7), oder auf einem mechanisch getrennten Körper (77) angebracht.

Die Permanentmagnete können direkt verklebt oder aufgeschraubt mit einem Gehäuse befestigt oder direkt in den zu vermessenden Körper integriert werden.

Aufgrund der Verwendung von mehreren Magnetfeldsensoren (3) können externe

25 Störeinflüsse wie das Erdmagnetfeld oder Temperaturen kompensiert werden. Um den Einfluss von Temperatur auf das Sensorsignal noch weiter zu kompensieren, kann ein Micro-Chip (4) mit internen oder externen Temperatursensor verwendet werden. Durch die Kenntnis der aktuellen Temperatur kann der temperaturabhängige gemessene Widerstandswert des Magnetfeldsensors kompensiert werden.

30 In Abb. 2 ist eine Ausprägung der Erfindung gezeigt, wo nur ein Permanentmagnet verwendet wird um auf die Position zwischen den Magneten (6) und dem Sensorarray (3) zu



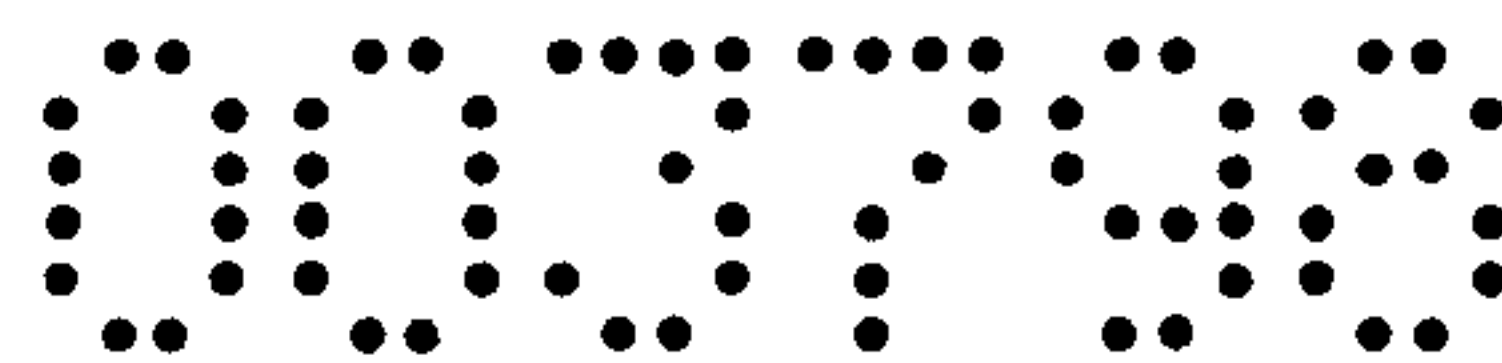
schließen. Eine mögliche Rotation des Magneten (6) um seine Symmetrieachse kann nicht detektiert werden, da das Magnetfeld um diese Achse rotationssymmetrisch ist.

Abb. 3 stellt eine Ausprägung des in Abb. 1. beschriebenen Sensors zur Messung des Abstandes und der Winkelverdrehung zwischen dem Referenzkörper (77) und dem zu messenden Körper (7) dar. Die Permanentmagnete (6) haben eine Magnetisierung die nicht parallel zueinander steht. Die Permanentmagnete (6) sind mittels einer Halterung (11), welche verschiedenste geometrische Formen und Größen annehmen kann, über den Magnetfeldsensoren (3) platziert. Die Magnetfeldsensoren (3) werden gemeinsam mit dem Micro-Chip (4), der Antenne (9) und optional einer Batterie (10) in einem Gehäuse (12) bzw. einer Schutzhülle (12) zusammengefasst. Verschiebungen und Rotationen zwischen dem Referenzkörper (77) und dem zu messenden Körper (7) können über die mathematische Rückrechnung wie für Fig.1. beschrieben durchgeführt werden.

Abb. 4 zeigt eine Ausprägung des in Fig. 1. beschriebenen Sensors zur Messung des Abstandes und der Winkelverdrehung zwischen dem Referenzkörper (77) und dem zu messenden Körper (7), wobei die Permanentmagnete eine antiparallele Magnetisierung aufweisen.

Abb. 5 zeigt eine Ausprägung des in Fig. 1. beschriebenen Sensors zur Messung des Abstandes und der Winkelverdrehung zwischen dem Referenzkörper (77) und dem zu messenden Körper (7), wobei die Permanentmagnete eine Magnetisierung aufweisen, welche gemäß einer Halbach Anordnung magnetisiert sind. Diese Anordnung führt zu einem maximalen magnetischen Feld auf der Seite nahe dem Körper (77) und einem minimalen Feld auf der gegenüberliegenden Seite. Aufgrund des großen magnetischen Feldes werden Störfelder und magnetischen Rauschen der Sensoren minimiert.

Abb. 6 zeigt eine Ausprägung des in Fig. 1. beschriebenen Sensors zur Messung des Abstandes und der Winkelverdrehung zwischen dem Referenzkörper (77) und dem zu messenden Körpers (7), wobei verglichen mit Fig. 1 die Positionen von Permanentmagneten (6) und Magnetfeldsensoren (3) vertauscht sind. Die Magnetfeldsensoren sind nahe dem Referenzkörper (77) und die Magnetfeldsensoren (3) in weiterer Entfernung und an dem zu messenden Körper (7) fixiert. Dies ist von besonderem Vorteil, falls der Referenzkörper (77) selbst ein magnetisches Material ist, wie beispielsweise Eisen oder Stahl. In der Anwendung ist dies ein wichtiger Fall, wenn beispielsweise Fugen und Verbindungen von Brücken die aus Stahl oder Eisen gefertigt sind gemessen werden sollen. Auf Grund der fixen Position



der Magnete (6) und dem Referenzkörper (77) wird das magnetische Feld nicht geändert, falls die Position des zu messende Körper (7) sich ändert. Dies ist nicht der Fall bei der Anordnung wie in Abb. 1 gezeigt. Der Einfluss von magnetischen Störfelder eines magnetischen Referenzkörpers (77) kann reduziert werden, wenn ein weichmagnetisches Element (66) zwischen den Permanentmagneten eingebracht wird. Diese magnetische Abschirmung kann aus Eisen gefertigt sein, Mu – Metall oder eines anderen beliebigen weichmagnetischen Materials. Die intrinsische magnetische Suszeptibilität kann größer als 100 sein.

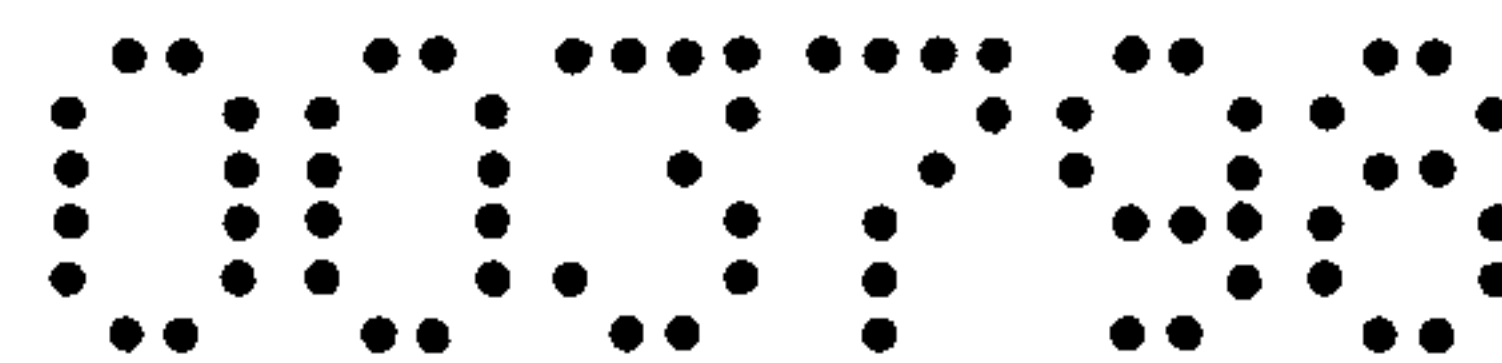
Abb. 7 stellt eine Ausprägung des in Fig. 1. beschriebenen Sensors dar. In diesem Fall ist der zu messende Körper kein starres Objekt sondern ein Körper, welcher als Funktion äußerer Einflüsse, wie Temperatur oder Druck seine mechanische Form ändert. Ein Beispiel ist, dass der Körper (7) selbst eine Membran besitzt, die als Funktion des Drucks die Form ändert und somit zu einer Änderung der Position des Magnet (6) führt. Diese Positionsänderung kann auf Grund der Magnetfeldänderung durch die Magnetsensoren (3) bestimmt werden.

Abb. 8 stellt eine Ausprägung des in Fig. 1. beschriebenen Sensors zur Messung des Abstandes und der Winkelverdrehung zwischen dem Referenzkörper (77) und dem zu messenden Körper (7) dar. Diese Ausprägung stellt den zu messenden Körper (7) als länglichen Zylinder welcher eine Ebene (78) gelagert oder umgelagert durchdringt dar. Ein Beispiel ist die Detektion von Positionen eines Schalters oder die kontinuierliche Detektion der Bewegung eines Hebels.

Abb. 9 stellt eine Ausprägung des in Fig. 1. beschriebenen Sensors zur Messung des Abstandes, der Winkelverdrehung und Rotationsgeschwindigkeit zwischen dem Referenzkörper (77) und dem zu messenden Körper (7) dar. Der zu messende Körper (7) rotiert entlang einer Achse.

Abb. 10 stellt eine Ausprägung des in Fig. 1. beschriebenen Sensors zur Messung des Abstandes und der Winkelverdrehung zwischen dem Referenzkörper (77) und mehreren zu messende Körper (7) dar. Jeder zu messende Körper (7) wird mit einem Permanentmagneten (6) ausgestattet.

Abb. 11 stellt eine Ausprägung des in Fig. 1 beschrieben Systems dar. In diesem Fall sind das Permanentsystem und die Sensoren (3) auf dem gleichen Körper angebracht. Somit kann eine Längenänderung des zu messenden Körpers (7) detektiert werden. Diese Änderungen



beschreiben Dehnung des Materials, aus dem der Körper besteht, welche durch Belastung, Temperatur oder Alterung hervorgerufen werden.

Statt eines Permanentmagneten (2) können z.B. auch Elektromagnete verwendet werden.

Die jeweilige tatsächliche Anordnung der verschiedenen Magnetfeldsensoren (3) und Permanentmagnetsystem (6) kann von gezeigten abweichen. So können z.B. Permanentmagnetsystem (6), Magnetfeldsensor (3), Micro-Chip (4) und Antenne (9) vertauscht werden. Die Schutzhülle (11, 12), in die der Permanentmagnet (6) oder weitere Komponenten (3, 4, 6, 9, 10) eingebettet ist, kann aus den unterschiedlichsten Materialien bestehen, solange die elektromagnetischen Wellen nicht verfälscht oder merklich gedämpft werden. Kunststoffe wie Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere sind besonders bevorzugt. Bei Hochtemperaturanwendungen können feuerfeste Keramiken wie Verbindungen von Silicat-Rohstoffen, Verbindungen auf der Basis von Magnesit, Si-Oxide, Aluminiumoxid, Siliciumcarbid, Bornitrid, Zirkonoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumnitrid, Wolframcarbid und Aluminiumtitanat verwendet werden.

Als Magnetfeldsensoren können Hall Sensoren, AMR, Sensoren, GMR Sensoren und TMR Sensoren, Magnetoimpedanzsensoren oder Squid Sensoren verwendet werden. Bei TMR und GMR Sensoren sind Sensoren besonderes geeignet die einen Vortextzustand in der freien magnetischen Schicht zeigen (US20150185297A1).

Magnetische Materialien für die Permanentmagneten können gesinterte Magnete, polymergebundene Magnete oder auch durch additive Fertigung hergestellte Magnete sein (Huber, C., et al. Applied Physics Letters 109.16 (2016): 162401). Beispiel für hartmagnetische Materialien sind, seltene Erdmagnete (NdFeB, SmFeB), magnetische Ferrite (Sr-Fe, Ba-Fe), Alnico-Magnete.

In Abb. 12. sind die typischen Bestandteile des Micro-Chips inklusive drahtgebundener Kommunikation sowie drahtloser Kommunikation dargestellt. Dieser beinhaltet optional einen Speicher, wie zum Beispiel EEPROM („electrically erasable programmable read-only memory“), optional eine Batterie, eine Antenne, einen elektronischen Produktcode (EPC), optional einen Temperatursensor, einen Multiplexer und optional eine Echtzeituhr RTC („real time clock“). Die Übertragungsfrequenz bei drahtloser Kommunikation kann ISM (2,4Ghz), UHF (0.3 bis 3 GHz), HF (3 bis 30 MHz) sein, oder auch jede andere übliche Betriebsfrequenz. Bevorzugte RF Trägerfrequenzen sind zwischen 12 MHz – 14 MHz (NFC) und 860–970 MHz (UHF).

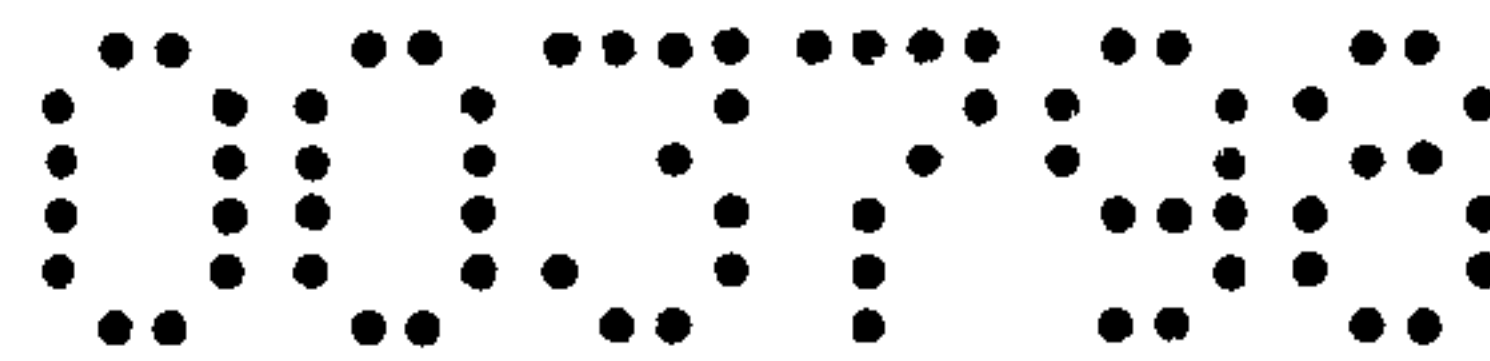


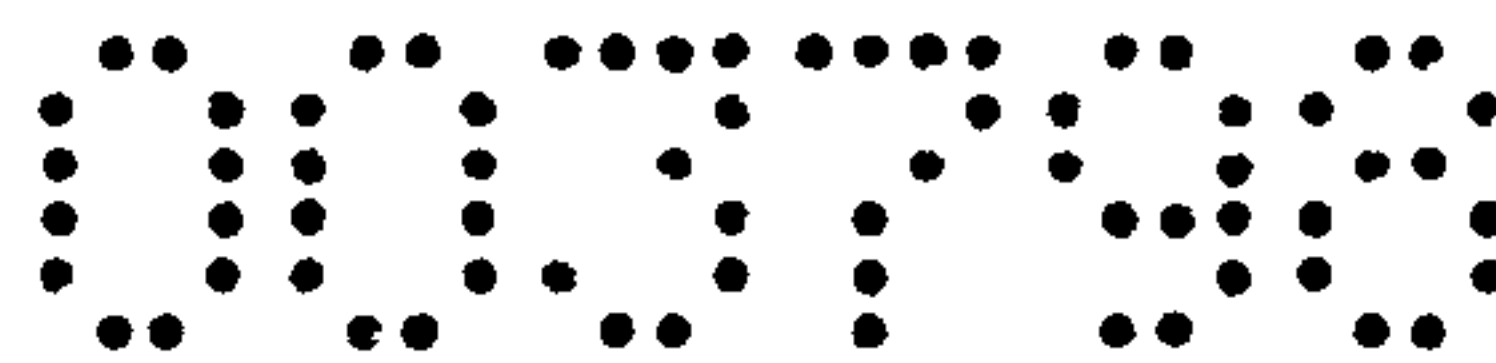
Abb. 13 zeigt einen Graph, der die Abhängigkeit der gemessene Position des Sensors angibt. In diesem Fall wurde der zu messende Körper entlang einer Geraden bewegt.

Abb. 14 zeigt eine mögliche geometrische Anordnung der Sensoren. Hier ist der Abstand der äußersten Sensoren 30 mm. Das Sensorarray (3) besteht aus (3x3 Sensoren). Es werden
5 zwei Magnete mit entgegengesetzter Magnetisierung verwendet. Die Magnete haben eine Dimension von Radius = 4 mm, Höhe = 10 mm und die Sättigungspolarisation ist $J_s = 1$ T. Der laterale Abstand der Magnete (Kante zu Kante) ist 5 mm. Der Abstand der Oberfläche der Magnete zu der Oberfläche der Sensoren ist 3 mm. Das Sensorrauschen B_{Rauschen} (rms) beträgt $B_{\text{Rauschen}} = 1$ mT.

10 In Abb. 15 ist die Standardabweichung der bestimmten x-Position für verschiedene Positionen des zu messende Körper (7) bestimmt. Der zu messende Körper wurde in einem Bereich von 20 mm in x-Richtung und y-Richtung platziert. Die maximale Ungenauigkeit ist ca. 0.6% vom Messbereich.

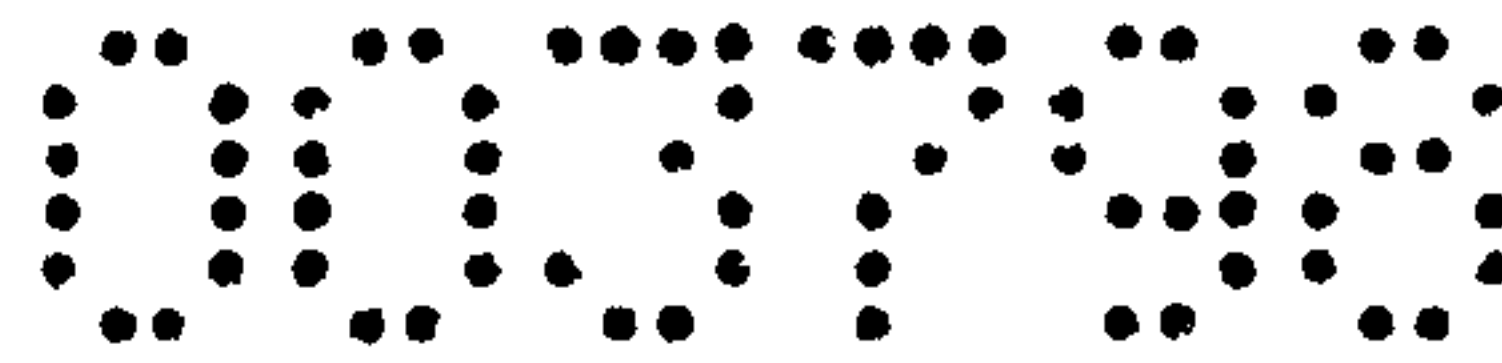
Abb. 16 ist die Standardabweichung des Drehwinkels um die z-Achse für verschiedene
15 Positionen des zu messende Körper (7) bestimmt. Der zu messende Körper wurde in einem Bereich von 20 mm in x-Richtung und y-Richtung platziert. Die maximale Ungenauigkeit des Drehwinkels beträgt 0.018 rad, das ca. 1° entspricht.

Es sind auch unterschiedliche Kombinationen der gezeigten und beschriebenen Elemente möglich und es können in Zukunft selbstverständlich auch neue Materialien, die die
20 angeführten Eigenschaften besitzen, verwendet werden, auch wenn unter Umständen deren Benennung nicht mit der derzeit üblichen übereinstimmt. Der Grund für diese explizite Feststellung ist, dass sich gerade die Materialwissenschaften in rascher Entwicklung befinden und daraus keine Einschränkung des Schutzes abgeleitet werden soll.



Patentansprüche:

1. Verfahren zum Messen der Distanz zwischen zwei Körpern (7, 77), dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Magnetfeldsensor (3) auf einem Körper (77) angebracht ist und auf einem anderen Körper (7) zumindest ein Permanentmagnet (6) angebracht ist und zumindest eine Komponente des Magnetfeld von zumindest zwei Sensoren (3), gemessen wird (H_{Messung}), und ein Magnetfeld H_{Theorie} berechnet wird, welches vom dem Permanentmagnetsystem (6) für eine gegebene Position und Winkelausrichtung an zumindest zwei Sensoren erzeugt wird, die Differenz d des theoretischen Feld H_{Theorie} und des gemessenen Feldes H_{Messung} bestimmt wird $d = H_{\text{Theorie}} - H_{\text{Messung}}$, und die Position und Winkellage des Permanentmagnetsystems (6) derart bestimmt, dass die mathematische Norm des Vektors d minimiert wird und somit die Position und Winkellage der Permanentmagnetsystems (6) bestimmt werden kann.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei zwischen den Permanentmagneten (6) und dem Körper (7) ein weichmagnetisches Plättchen angebracht ist.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das theoretische Feld mit einem Faktor ξ skaliert wird, und dieser Faktor in der Minimierung des Abstandes d mitbestimmt wird.
4. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei zumindest ein Permanentmagnet eine antiparallele Magnetisierung bezüglich einen der anderen Permanentmagneten aufweist.
5. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei zumindest ein Permanentmagnet eine senkrechte Magnetisierung bezüglich einen der anderen Permanentmagneten aufweist.
6. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die kleinste laterale Ausdehnung von zumindest einem Permanentmagneten größer als 0.2 mal dem mittlere Abstand der Sensoren (3) ist.
7. Vorrichtung zum Messen der Distanz zwischen zwei Körpern (7, 77), dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Magnetfeldsensor (3) auf einem Körper (77) angebracht sind und auf einem anderen Körper (7) zumindest zwei Permanentmagnete (6) angebracht sind und dieses Permanentmagnetsystem somit ein Magnetfeld erzeugen welches keine Rotationssymmetrie aufweist, mindestens eine Komponente des Magnetfeldes von den Magnetfeldsensoren (3) gemessen wird, und Aufgrund des



gemessenen Magnetfeldes an den Magnetfeldsensoren die Position absolut auf die Winkelausrichtung zwischen den Körper (7) und Körper (77) geschlossen wird.

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei die Energie die zum Auslesen der Magnetfeldsensoren (3) von dem Elektromagnetischen Feldes eines Auslesegeräts bezogen wird.
9. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei die kleinste laterale Ausdehnung von zumindest einem Permanentmagneten größer als 0.2 mal dem mittlere Abstand der Sensoren (3) ist.
10. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei der Abstand der Mittelpunkte der Magnete größer als 0.2 mal dem mittlere Abstand der Sensoren ist.
11. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei zumindest ein Permanentmagnet eine antiparallele Magnetisierung bezüglich einen der anderen Permanentmagneten aufweist.
12. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei zumindest ein Permanentmagnet eine senkrechte Magnetisierung bezüglich einen der anderen Permanentmagneten aufweist.
13. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei das Permanentmagnetsystem in einer Halbachanordnung angeordnet sind
14. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei mindestens zwei Permanentmagnetsysteme auf zumindest zwei voneinander getrennten mechanischen Körpern angebracht sind.

003798

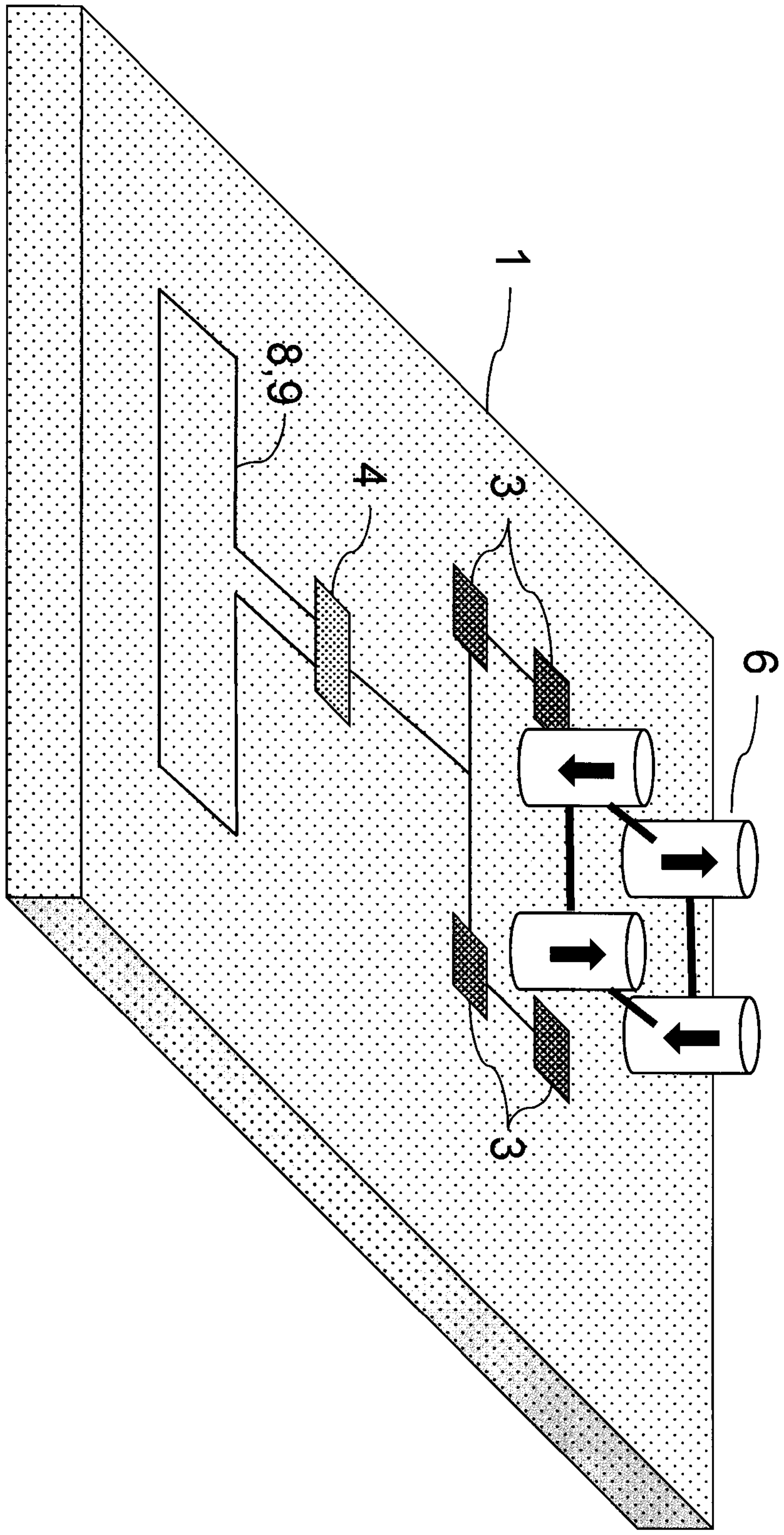


Abb. 1

003798

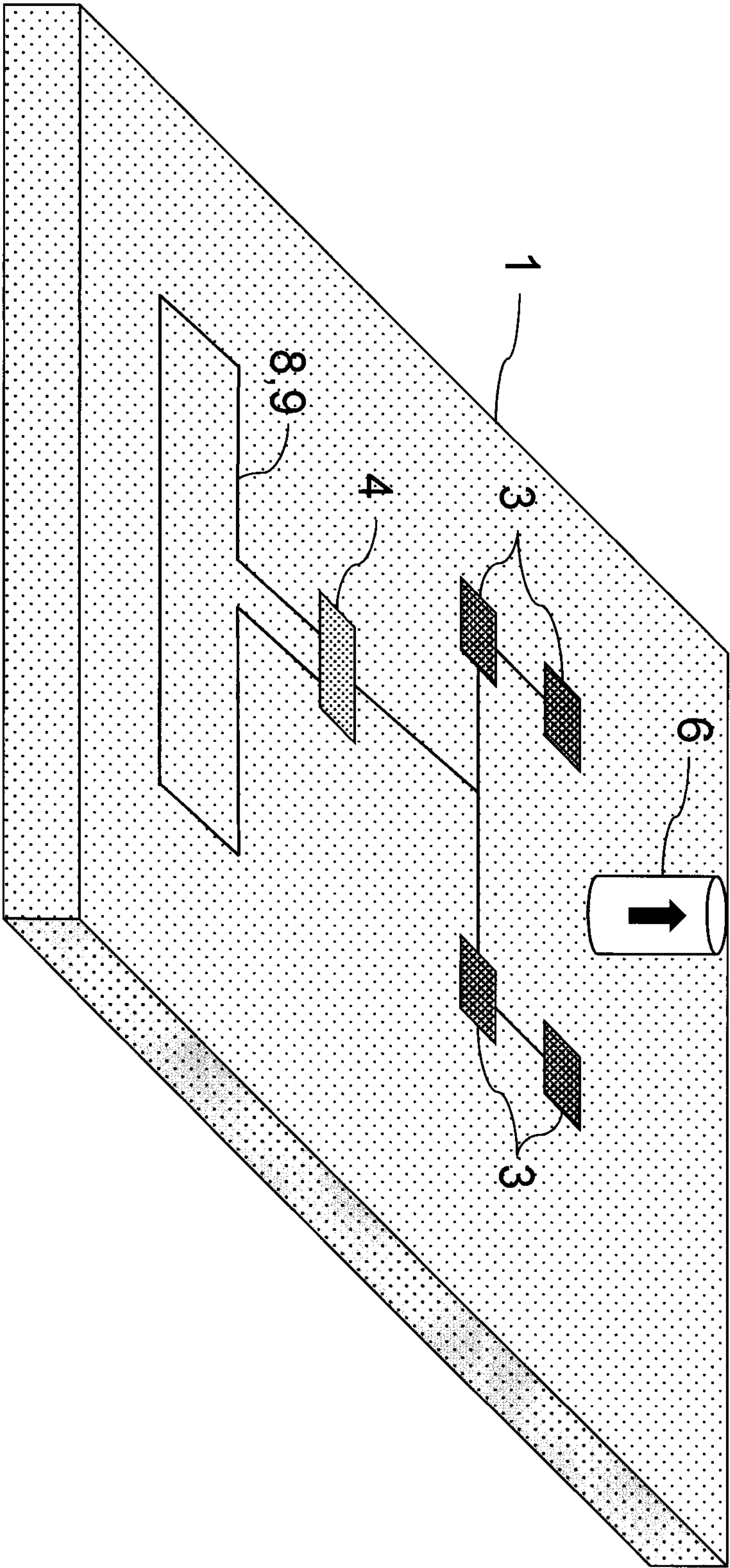


Abb. 2

003798

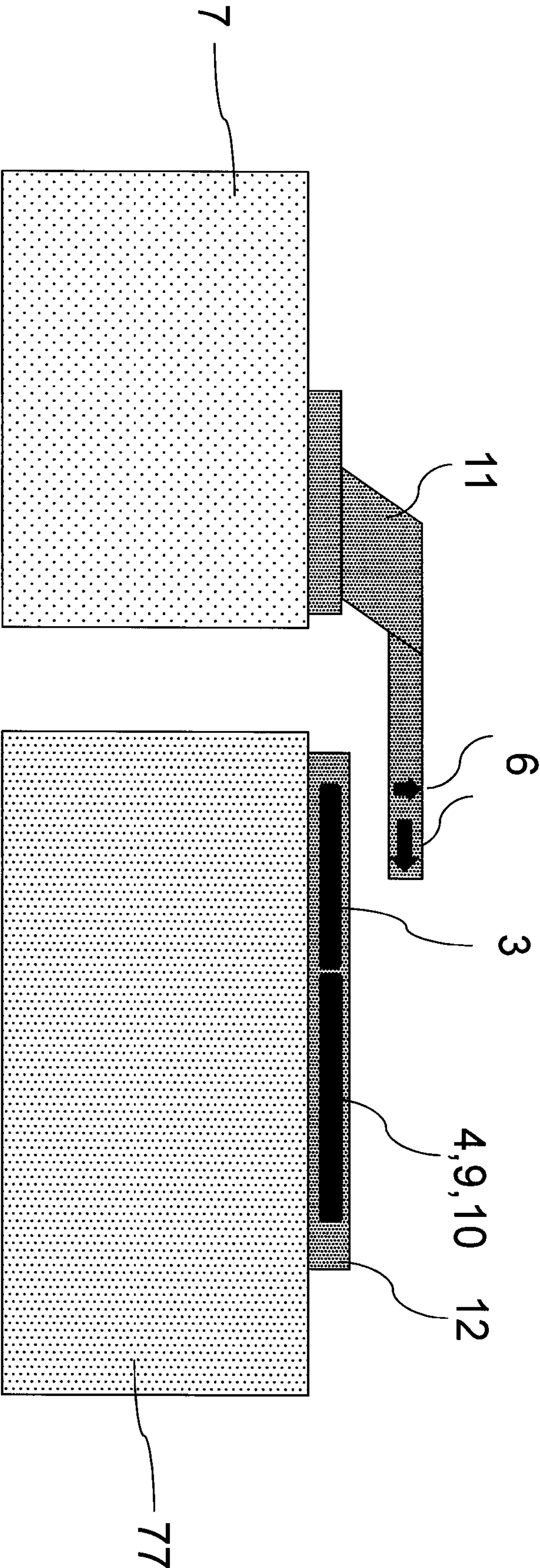


Abb. 3

003798

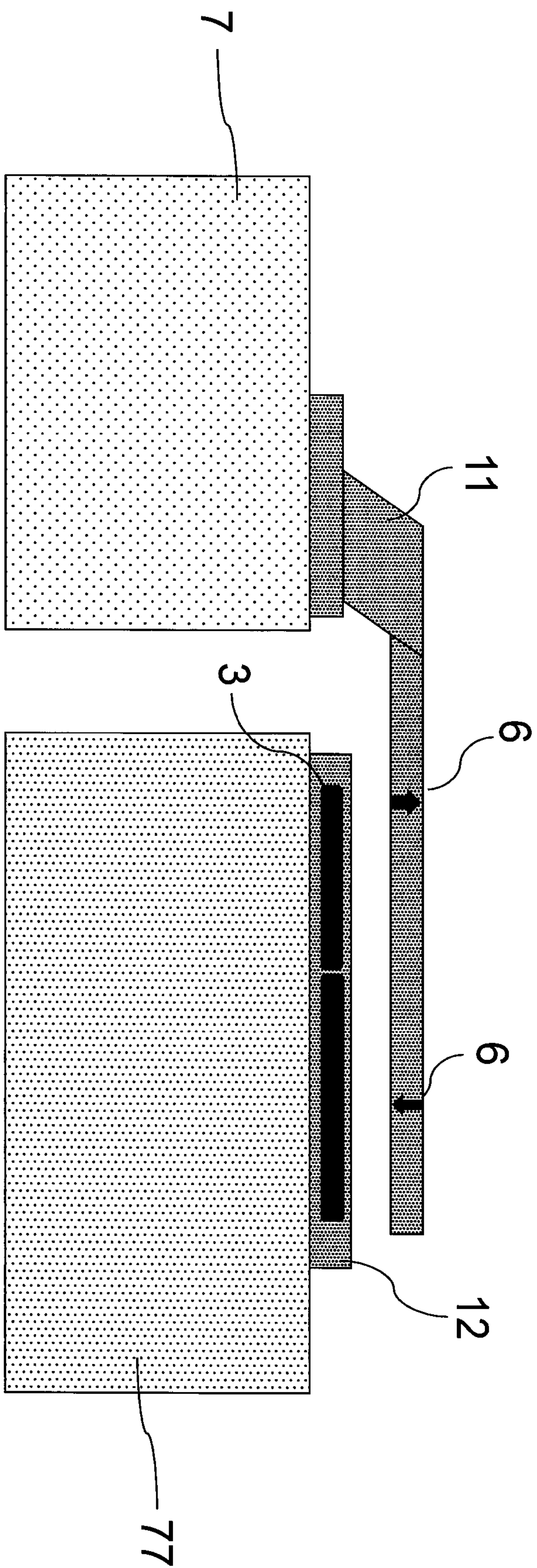


Abb. 4

003798

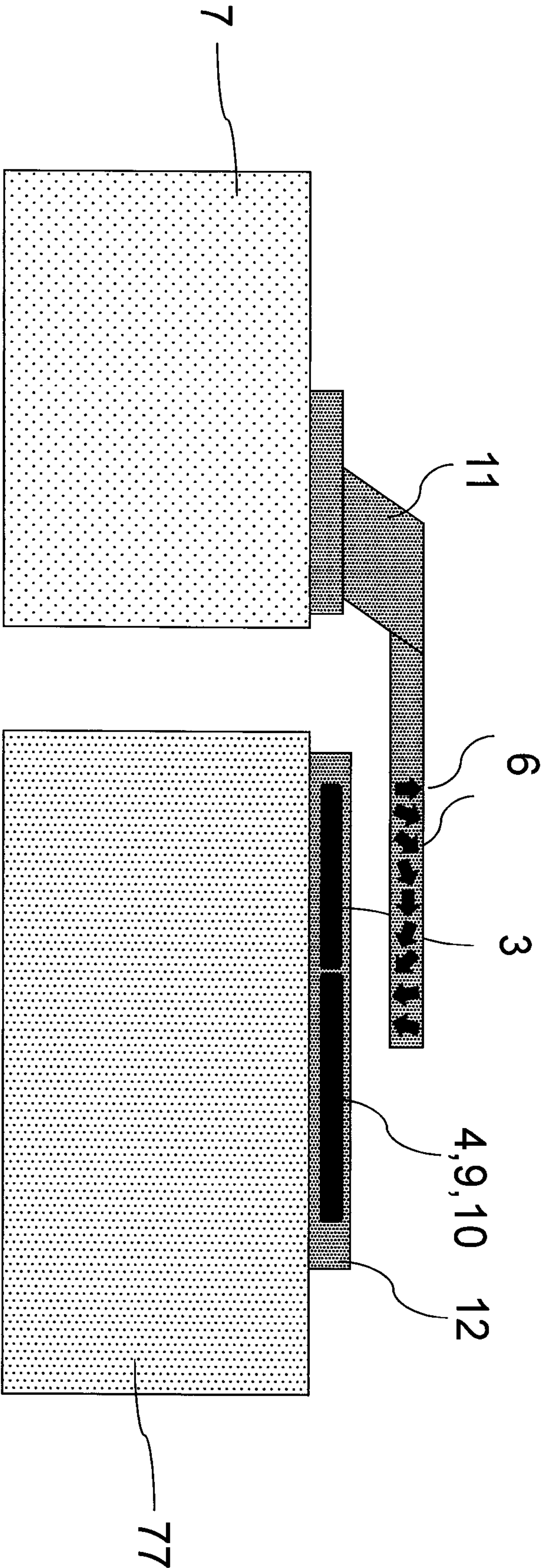


Abb. 5

003798

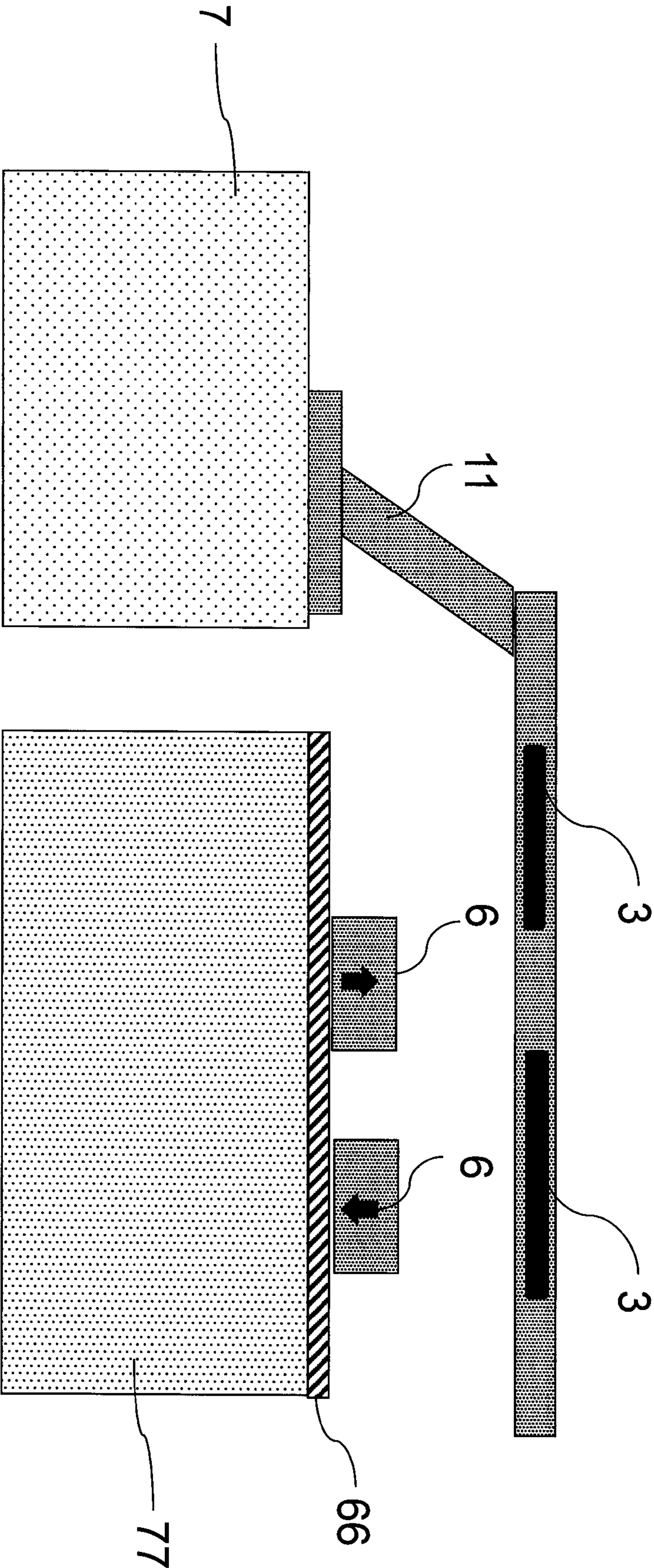


Abb. 6

003798

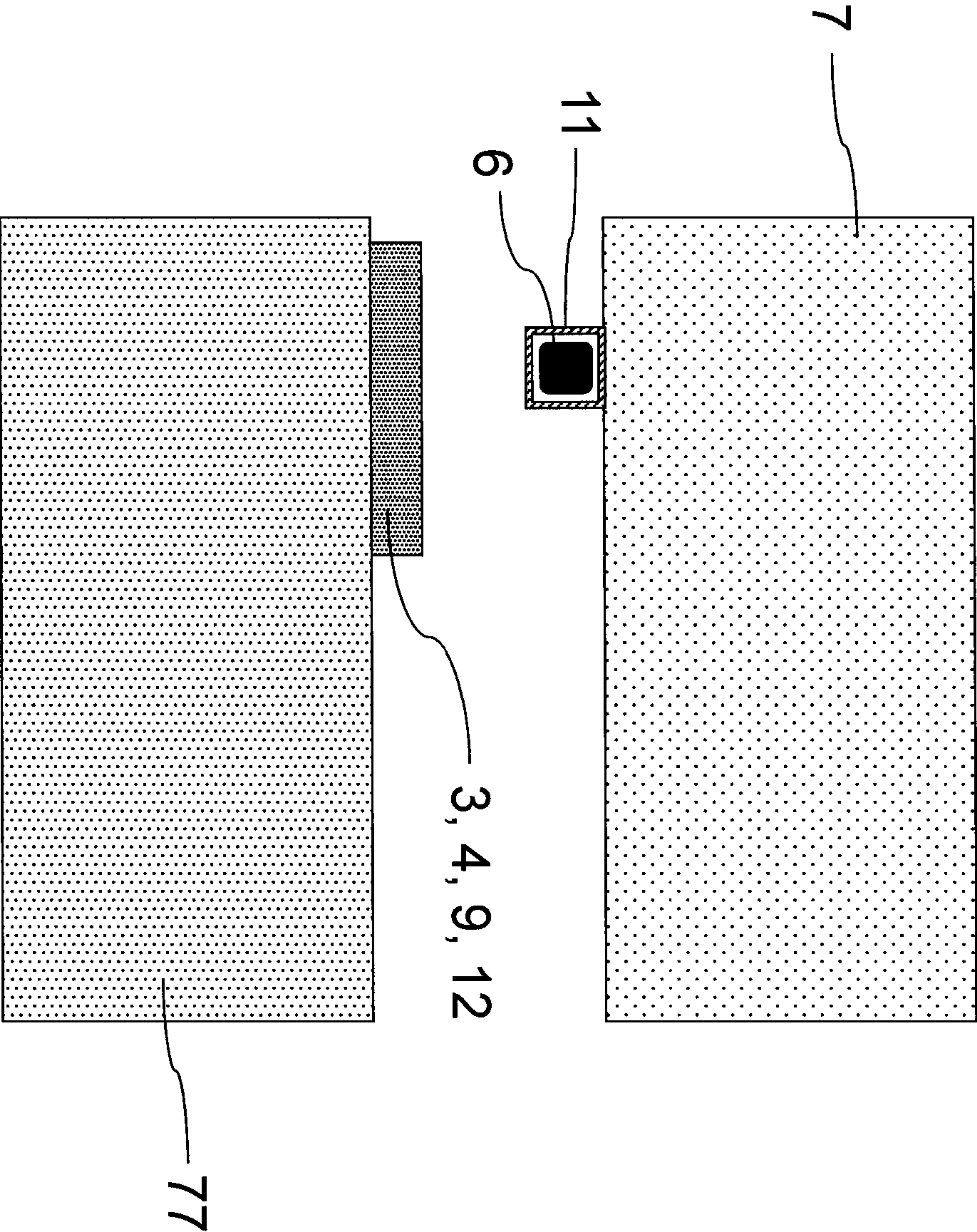


Abb. 7

003798

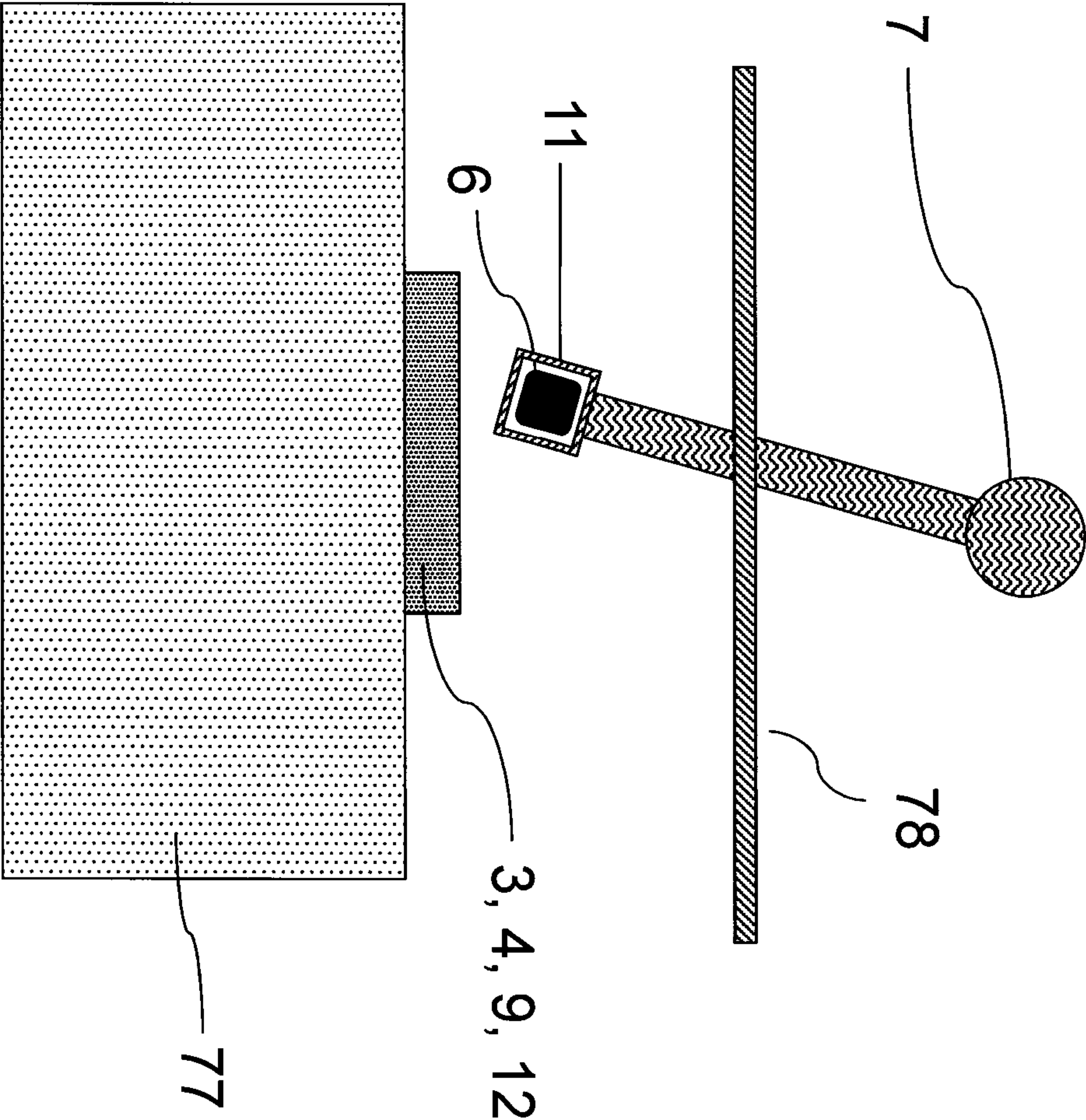


Abb. 8

003798

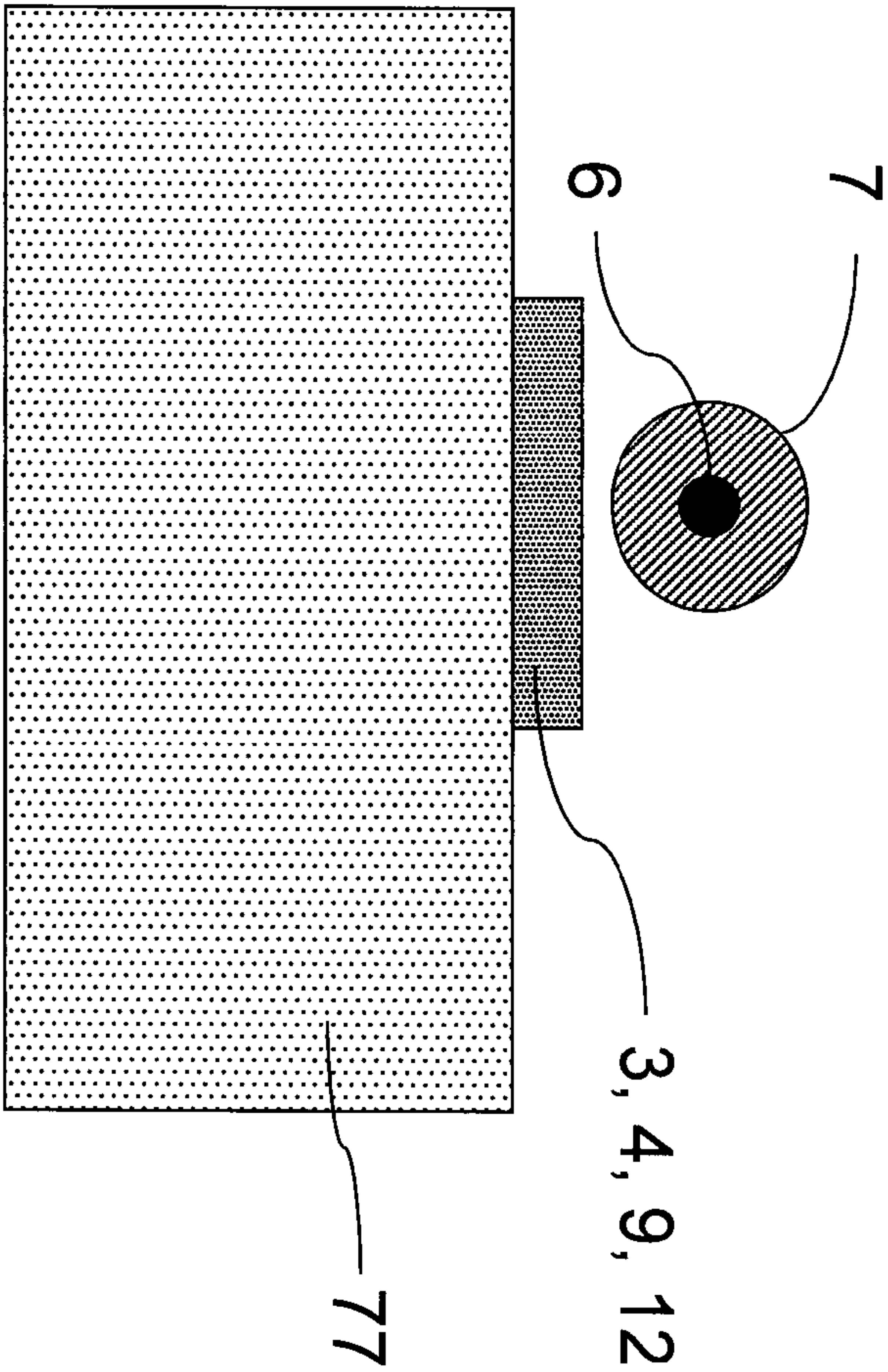


Fig. 5

Abb. 9

000798

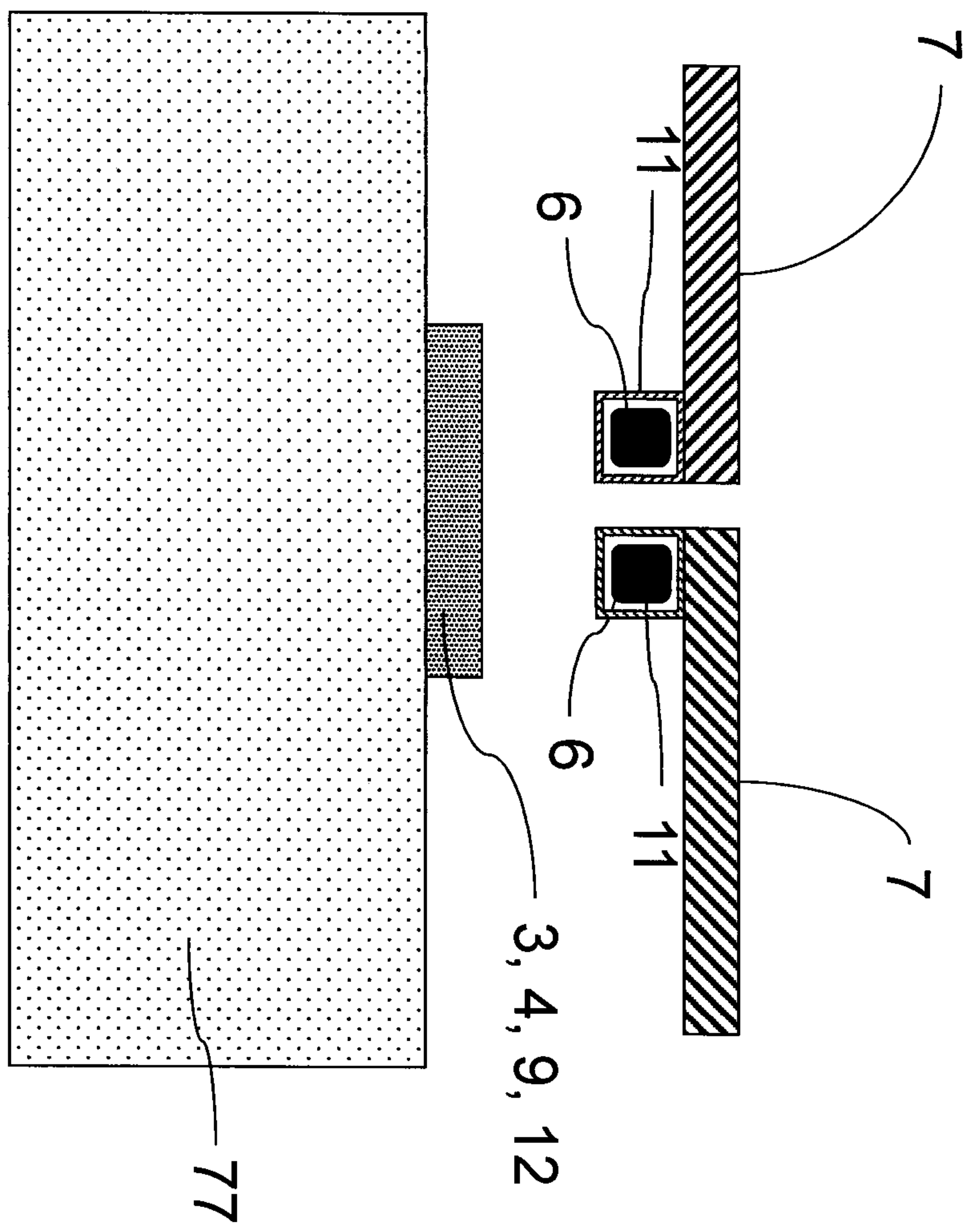


Abb. 10

000798

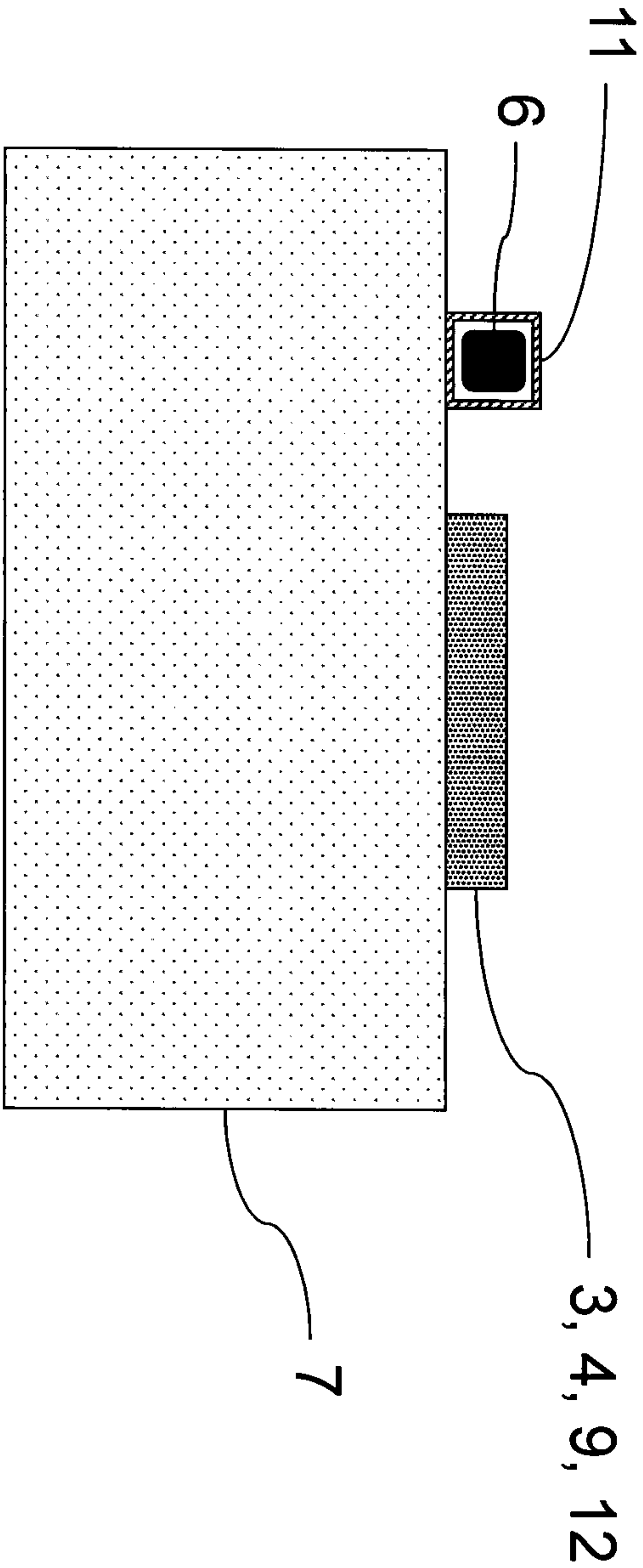


Fig. 8

Abb. 11

000798

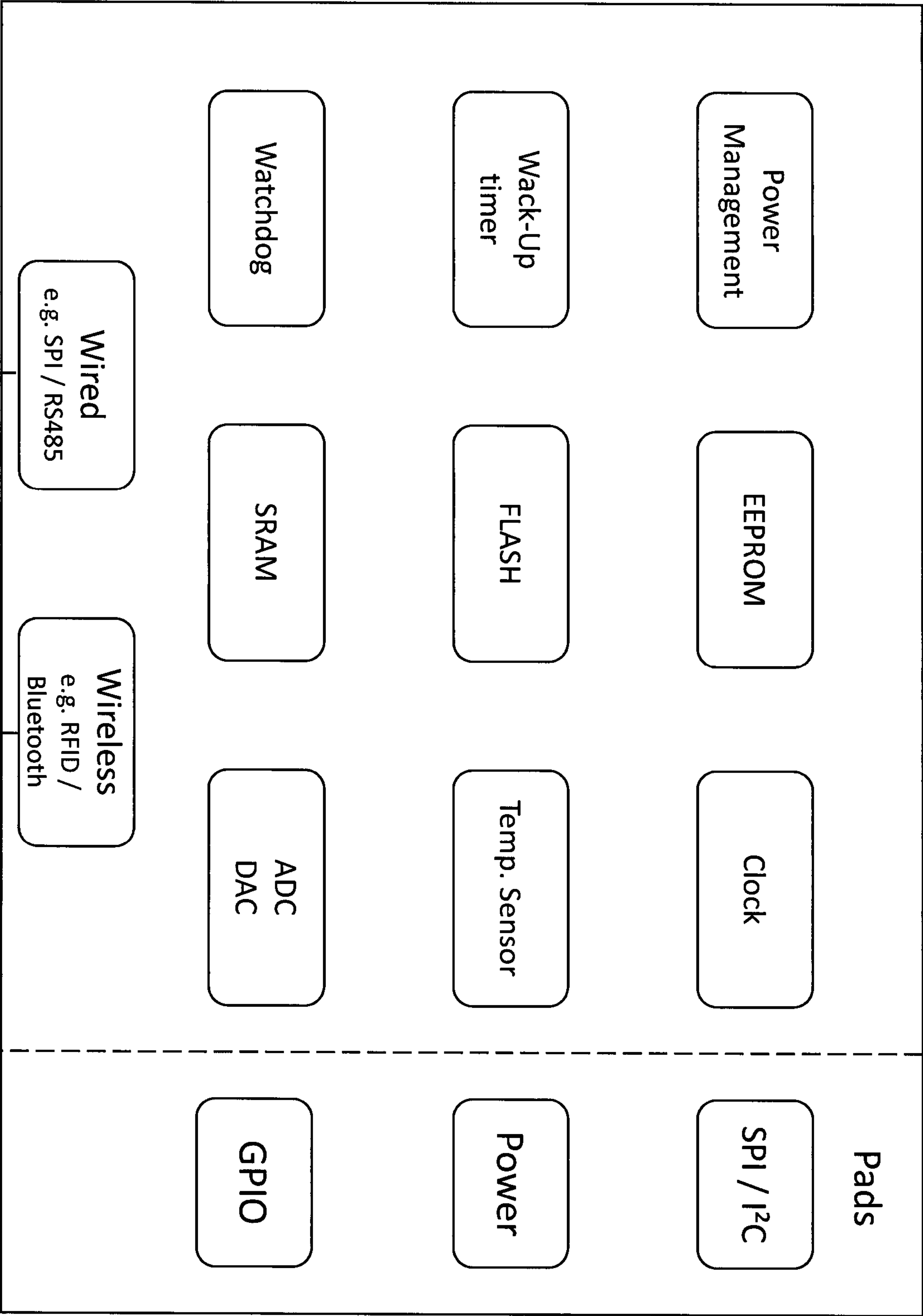


Abb. 12

003798

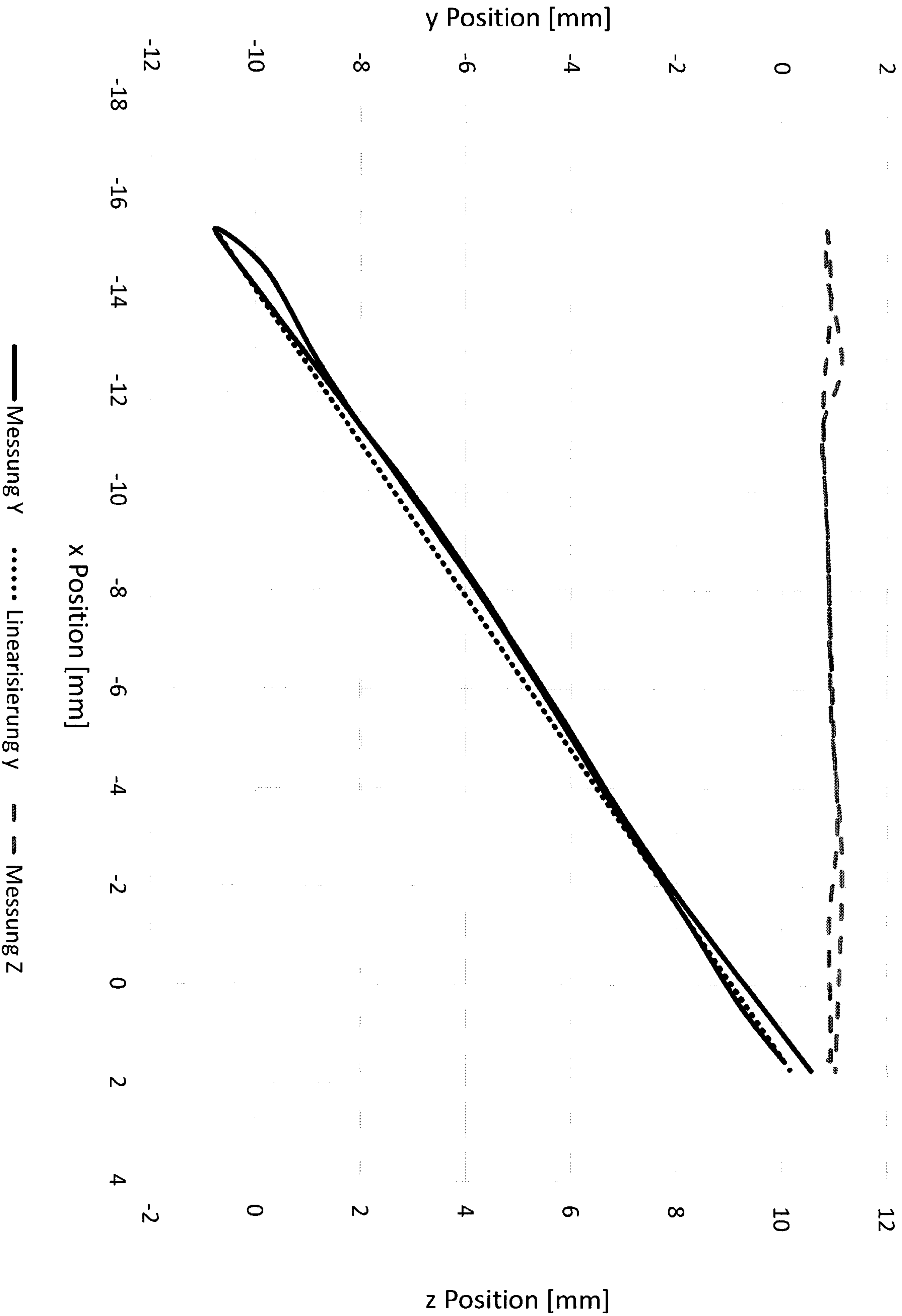


Abb. 13

003798

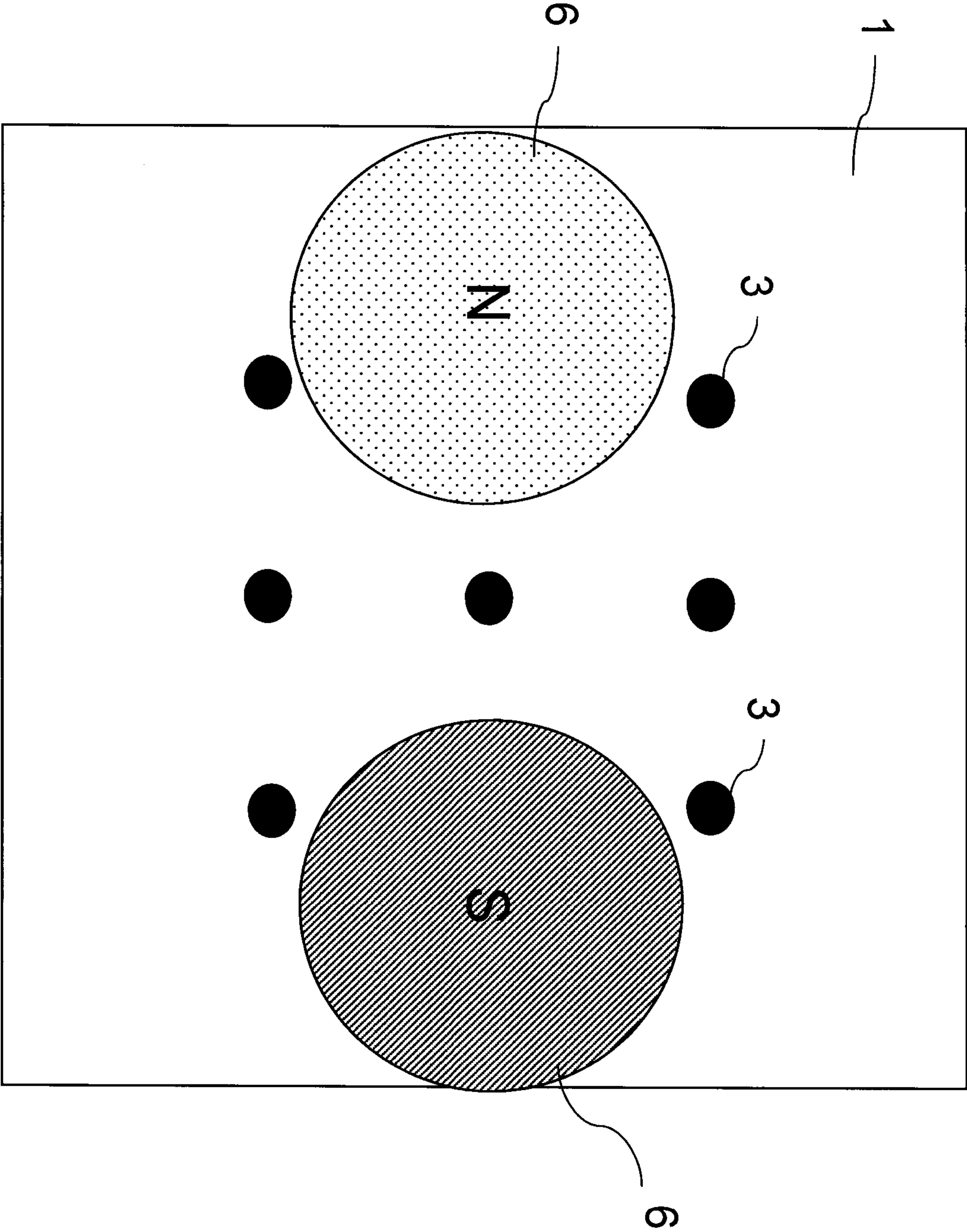


Abb. 14

003798

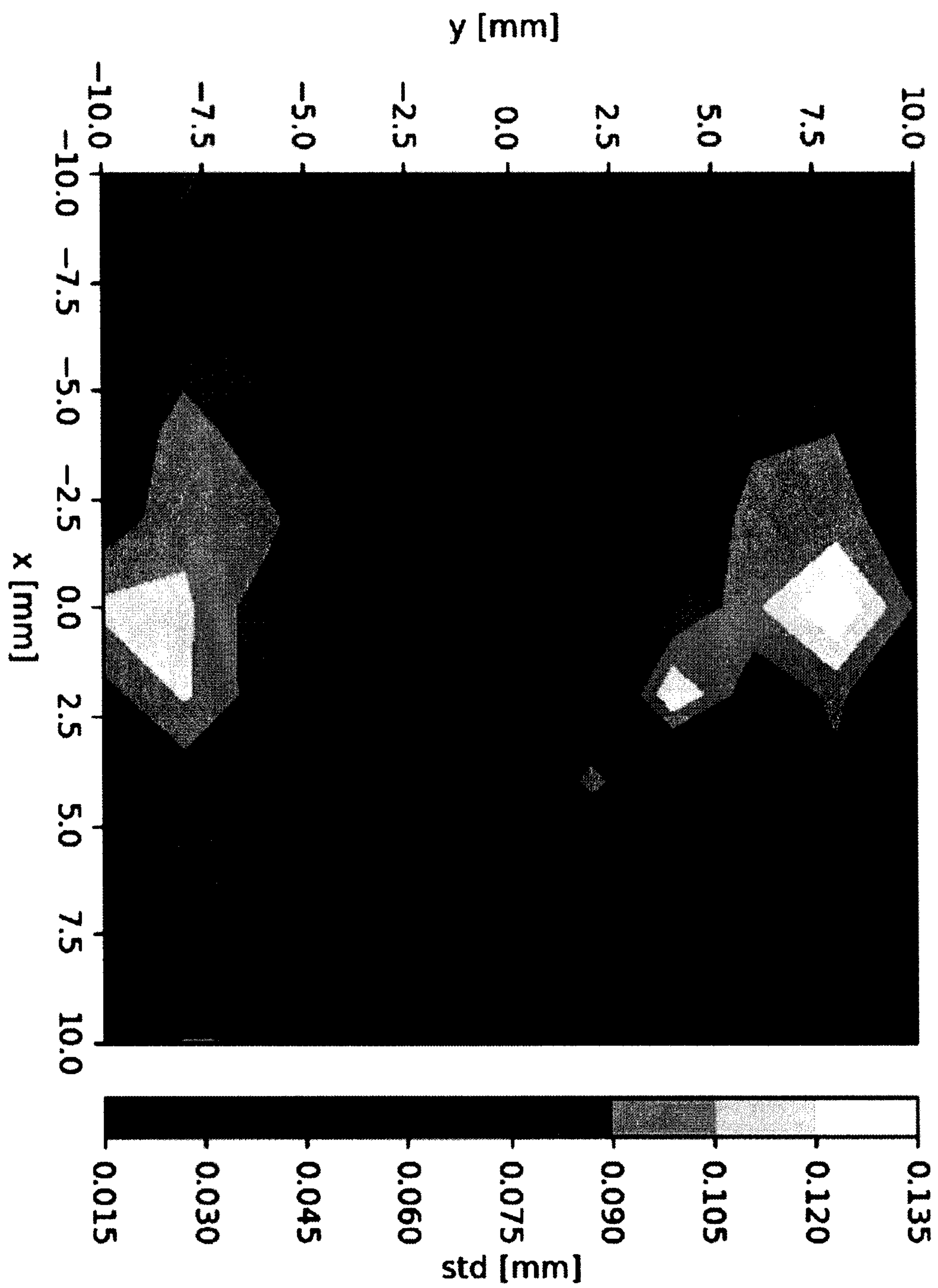


Abb. 15

00798

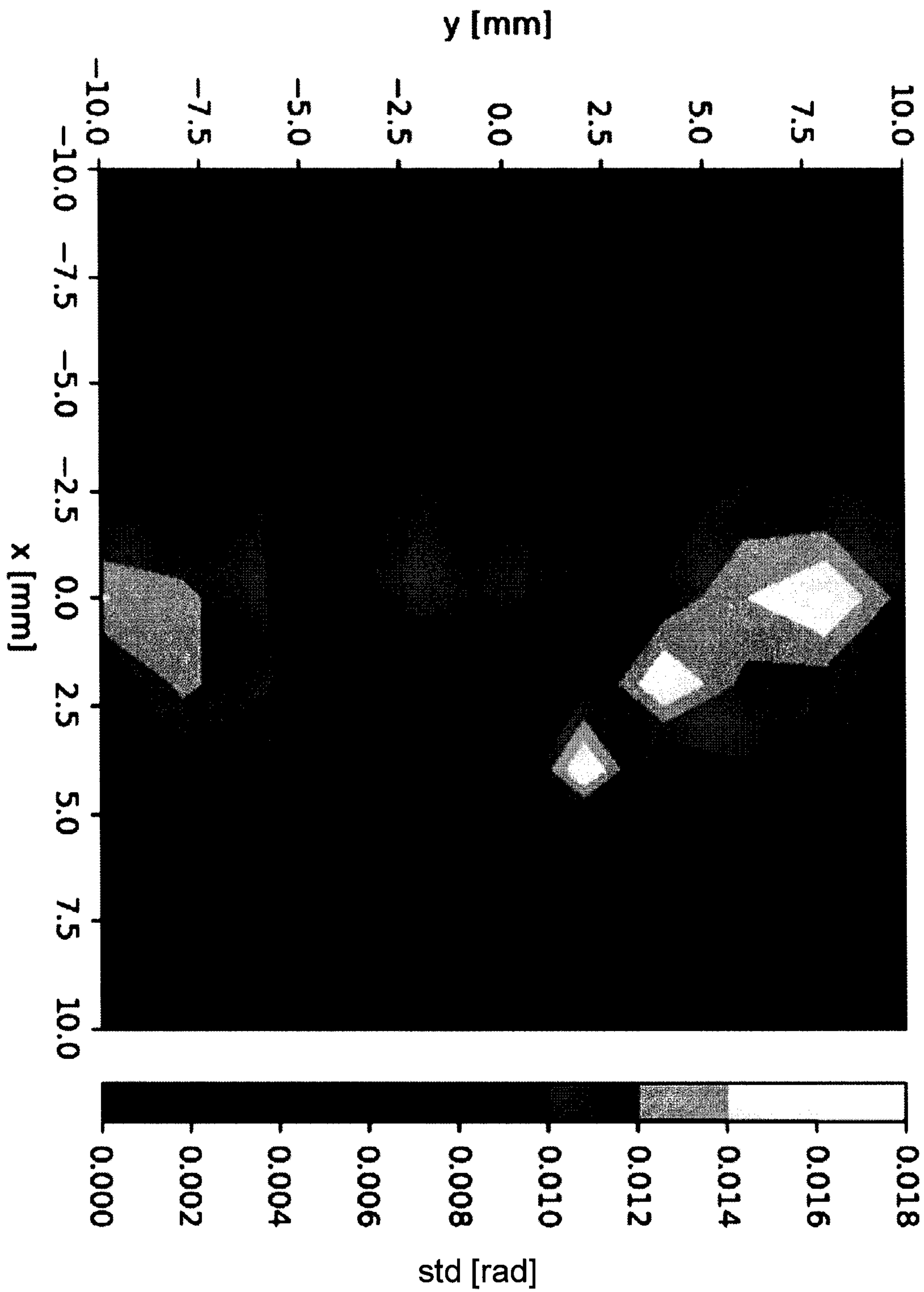


Abb. 16

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: G01B 7/00 (2006.01); G01B 7/14 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: G01B 7/003 (2013.01); G01B 7/14 (2013.01)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): G01B		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC; WPIAP; TXTnn; NPL		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 21.08.2019 eingereichten Ansprüchen 1-14 erstellt.		
Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2009056314 A1 (PREH GMBH) 07. Mai 2009 (07.05.2009) Gesamtes Dokument. Insbesondere Figur 3 samt zugehörige Beschreibung.	7, 9-14
A		1-6
X	EP 2221587 A2 (MEHNERT WALTER DR, THEIL THOMAS DR) 25. August 2010 (25.08.2010) Gesamtes Dokument. Insbesondere Figuren 1 bis 3 samt zugehörige Beschreibung.	7, 9-14
A		1-6
A	DE 102015117067 A1 (AVAGO TECH GENERAL IP (SINGAPORE) PTE LTD) 30. März 2017 (30.03.2017) Gesamtes Dokument.	1-14
Datum der Beendigung der Recherche: 15.05.2020		
Seite 1 von 1		
Prüfer(in): LEHNER Johanna		
^{*) Kategorien der angeführten Dokumente:} X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		