

(12)

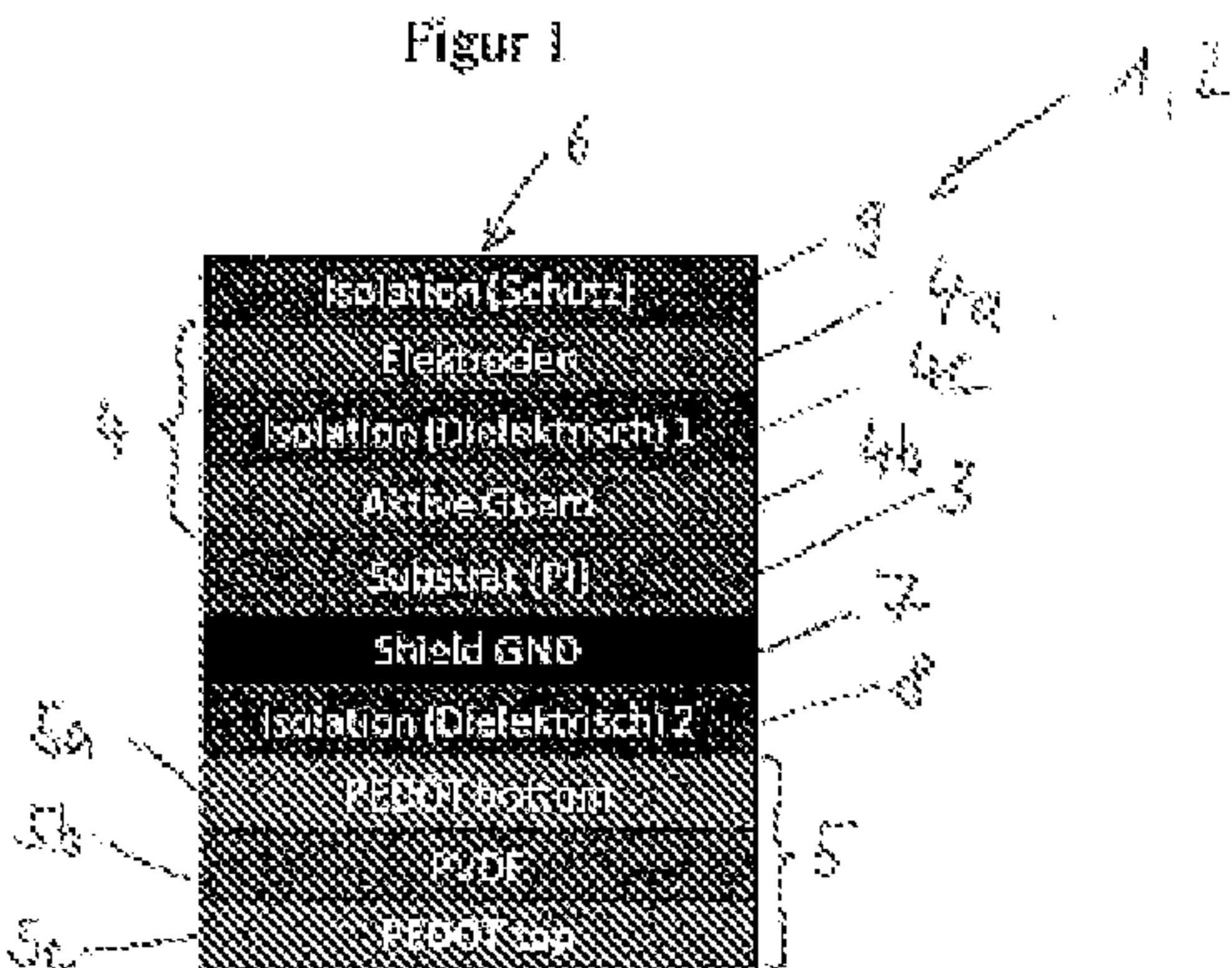
Patentschrift

(21)	Anmeldenummer:	A 50929/2018	(51)	Int. Cl.:	G01L 1/14	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	29.10.2018			G01L 1/16	(2006.01)
(45)	Veröffentlicht am:	15.05.2020			H01L 41/04	(2006.01)
					H01L 41/113	(2006.01)
					H03K 17/96	(2006.01)

(56)	Entgegenhaltungen: EP 3007041 A1 US 2016299625 A1 US 2016320893 A1 GB 2544353 A JP 2017215960 A US 2018101261 A1 US 2018183438 A1 US 5539292 A US 2014260678 A1 WO 2015139716 A1 US 2016207202 A1	(73)	Patentinhaber: JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH 8010 Graz (AT) Alpen-Adria-Universität Klagenfurt 9020 Klagenfurt (AT)
		(72)	Erfinder: Mühlbacher-Karrer Stephan Johann Dr. 9020 Klagenfurt (AT) Zangl Hubert Univ. Prof. Dipl.Ing. Dr. 8051 Graz (AT) Gold Herbert Mag.Dr. 8010 Graz (AT) Jakopic Georg Dr. 8042 Graz (AT) Tschepp Andreas Dipl.Ing. 8530 Deutschlandsberg (AT)
		(74)	Vertreter: Hübscher & Partner Patentanwälte GmbH 4020 Linz (AT)

(54) **Sensorvorrichtung**

(57) Sensorvorrichtung (1) umfassend mindestens ein erstes Substrat (3), einen kapazitiven Sensor (4) zur Erfassung einer Annäherung eines Objekts, einen piezoelektrischen Sensor (5) zur Erfassung eines Druckes, wobei der kapazitive Sensor (4) auf einer ersten Seite des ersten Substrates (3) angeordnet ist und der piezoelektrische Sensor (5) auf einer zweiten Seite des ersten Substrates (3) angeordnet ist, wobei die zweite Seite der ersten Seite gegenüberliegt, oder wobei der kapazitive Sensor (4) und der piezoelektrische Sensor (5) auf derselben Seite des Substrates (3) angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sensorvorrichtung.

[0002] In kollaborierenden Roboterumgebungen, wie zum Beispiel in Fertigungsstraßen, bei denen Roboterarme simultan verschiedene Prozessschritte ausführen, aber auch in kombinierten Mensch-Maschine-Umgebungen kann es zu Konflikten zwischen verschiedenen Roboterarmen oder zwischen Mensch und Roboter kommen. Daher sind Roboterarme mit Sensoren zur Umgebungswahrnehmung ausgestattet. Herkömmlich in den Sensoren eingesetzte Druck- bzw. taktile Verfahren beruhen auf mechanischen oder pneumatischen Schaltern, Carbon-Fasern, leitendem Silikon-Gummi, leitenden Elastomeren, Piezodioden oder Dehnungsmessstreifen. In den letzten Jahren zunehmend entwickelte und eingesetzte Technologien sind kapazitiver oder resistiver Touch, Surface-acoustics-wave-touch, Infrarot-touch und Projective capacitive-touch. Allerdings ist ein Betrieb von kollaborierenden Robotern mit hoher Geschwindigkeit mittels dieser Technologien nur eingeschränkt möglich. Auch das zuverlässige Annähern, Greifen und Manipulieren von Objekten mit Hilfe von berührungslosen und Berührungssensoren ist nicht zufriedenstellend möglich.

[0003] Es besteht daher die Aufgabe, einen verbesserten Sensor zur Umgebungswahrnehmung und/oder zum zuverlässigen Greifen und Manipulieren von Objekten durch einen Roboterarm bereitzustellen.

[0004] Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0005] Erfindungsgemäß ist eine Sensorvorrichtung geschaffen, umfassend mindestens ein erstes Substrat; einen kapazitiven Sensor zur Erfassung einer Annäherung eines Objekts; einen piezoelektrischen Sensor zur Erfassung eines Druckes bzw. einer Druckänderung; wobei der kapazitive Sensor auf einer ersten Seite des ersten Substrates angeordnet ist und der piezoelektrische Sensor auf einer zweiten Seite des ersten Substrates angeordnet ist, wobei die zweite Seite der ersten Seite gegenüberliegt; oder wobei der kapazitive Sensor und der piezoelektrische Sensor auf derselben Seite des Substrates angeordnet sind.

[0006] Die Anordnung jeweils eines piezoelektrischen Sensors (P-Sensor) und eines kapazitiven Sensors (C-Sensor) entweder auf derselben Seite oder auf sich gegenüberliegenden Seiten desselben Substrates verbindet die Vorteile der beiden Sensoren und schafft eine integrierte Sensorvorrichtung. Insbesondere ist mit dieser Anordnung sowohl das Detektieren einer Annäherung eines Objekts, durch den kapazitiven Sensor, wie auch das Bestimmen eines Druckes oder einer Haltekraft.

[0007] Der C-Sensor, der P-Sensor und das Substrat können als Folien ausgeführt und biegsam sein. Dadurch können beispielsweise Robotergreifer großflächig mit dem Sensor ausgestattet werden, wobei der Sensor an gerundete Trägerunterlagen anpassbar ist.

[0008] Der C-Sensor detektiert Bewegungen, insbesondere die Annäherung von Objekten in einem Bereich vor der Berührung durch eine Änderung der Kapazität zwischen zwei Elektroden (Differential Measurement Mode) oder zwischen einer Elektrode und GND (Single-ended Measurement Mode), oder durch die Kombinationen der Kapazitäten zwischen mehreren Elektroden untereinander oder/und GND und räumlicher Rekonstruktion der Materialverteilung (Elektrische Kapazitätstomographie ECT).

[0009] Der P-Sensor detektiert Kräfte durch die Erzeugung einer dem Druck proportionalen Oberflächenladung (Polarisation). Der integrierte Sensor detektiert, z.B. auf einem Roboter, die Annäherung durch den C-Sensor sowie die Kraft der Berührung mithilfe des P-Sensors und verbessert so das Greifen von Objekten qualitativ. Die Annäherungsinformation kann dazu verwendet werden, um beispielsweise einen Roboterarm gezielt in eine bessere Greifposition auszurichten. Die Kraftmessung mittels des P-Sensors dient dazu, ein Objekt zuverlässig zu greifen (d.h. ein Roboter greift ein Objekt mit ausreichend viel Kraft um dieses nicht fallen zu lassen und gleichzeitig nicht zu fest um es nicht zu beschädigen). Der C-Sensor liegt dabei

stets zu dem zu greifenden Objekt hin orientiert. Der P-Sensor liegt durch den C-Sensor verdeckt.

[0010] Die Integration von C-Sensor und P-Sensor auf einem Substrat, d.h. auf einer einzelnen Folie, erhöht die Biegsamkeit der integrierten Sensorvorrichtung.

[0011] Der Vorteil der piezoelektrischen Kraftmessung gegenüber anderen Verfahren wie z.B. einer kapazitiven Kraftmessung liegt darin, dass keine elastischen Materialien für den Sensoraufbau benötigt werden. Derartige elastische Materialien (beispielsweise „geschäumte Kunststoffe“) zeigen ein schlechtes dynamisches Verhalten, Hystereseeffekte und Alterungseffekte (nicht reversible Verformungen, Verhärtungen) und haben dadurch eine geringe Lebensdauer. Die piezoelektrische Kraftmessung ist im Vergleich dazu mechanisch wesentlich stabiler realisierbar. Rein kapazitive Berührungs- und Näherungssensoren (z.B. „Touch Screens“) sind dagegen nicht in der Lage, die einwirkende Kraft zu bestimmen, sondern bestimmen die berührte Fläche. Zudem können sie für viele Materialien (z.B. isolierende Kunststoffe) nicht verwendet werden. Rein piezoelektrische Sensoren können hingegen keine Annäherungsvorgänge registrieren. Die Kombination beider Sensorprinzipien ist aber in der Lage, sowohl Annäherung als auch Berührung quantitativ zu erfassen.

[0012] In einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Sensorvorrichtung ein zweites Substrat, wobei der kapazitive Sensor auf dem ersten Substrat angeordnet ist und wobei der piezoelektrische Sensor auf dem zweiten Substrat angeordnet ist und wobei das zweite Substrat auf das erste Substrat laminiert ist. P-Sensor und C-Sensor sind somit auf unterschiedlichen Substraten angeordnet (Backplane/Frontplane Konzept). Dies mindert das Risiko hinsichtlich des Yield, weil zunächst zwei Komponenten unabhängig voneinander hergestellt und evaluiert werden können. Dies erlaubt die Auswahl jeweils hoch performanter C-Sensoren und P-Sensoren im Herstellungsprozess und vermindert den Ausschuss beim Endprodukt.

[0013] Das erste Substrat wird mit dem zweiten Substrat durch Lamination verbunden. Durch die Lamination werden C-Sensor und P-Sensor auf einfache und kostengünstige Weise miteinander zu dem integrierten Sensor verbunden.

[0014] In einer Ausgestaltung der Erfindung stimmt eine Grundfläche des kapazitiven Sensors im Wesentlichen mit einer Grundfläche des piezoelektrischen Sensors überein, und/oder der kapazitive Sensor und der piezoelektrische Sensor bilden einen Sensorstapel. Die Sensoren sind entweder auf demselben ersten Substrat, oder auf dem ersten oder dem zweiten Substrat übereinanderliegend angeordnet und bilden einen Sensorstapel, der mehrere Schichten umfasst. Dadurch, dass die Grundflächen des C-Sensors und des P-Sensors übereinstimmen, kann in jedem Annäherungsbereich (dem Bereich, an dem ein detektiertes Objekt nach der Annäherung in Kontakt mit der Sensorvorrichtung tritt) auch eine Kraft detektiert werden. Mit anderen Worten weist keiner der Sensoren einen „Blind-Spot“ gegenüber dem anderen Sensor auf.

[0015] Zur Laminierung der beiden Sensoren kann eine im Medizinbereich verwendete doppelseitig klebende Folie von ca. 30µm Dicke verwendet werden, die durch geeignete Trägerfolien und eine merkliche aber nicht zu große Plastizität blasenfrei aufgebracht werden kann und die mechanischen Eigenschaften der integrierten Sensorvorrichtung nicht wesentlich mitbestimmt. Die Lamination kann zur genauen Ausrichtung mit einem auf einer steiferen Hilfsfolie befestigten C-Sensor erfolgen, der von der doppelseitig klebenden Folie vollständig überdeckt ist. Darauf kann der P-Sensor abgerollt und genau ausgerichtet werden.

[0016] In einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Sensorvorrichtung eine Schirmung zwischen dem kapazitiven Sensor und dem piezoelektrischen Sensor. Damit sowohl C-Sensor als auch P-Sensor unabhängig voneinander funktionieren können und keine Wechselwirkungen auftreten, wird der C-Sensor gegenüber dem P-Sensor durch die Schirmung abgeschirmt. Die Abschirmung des C-Sensors vom P-Sensor erfordert eine Schirmungselektrode zwischen einer Bottom-Elektrode des C-Sensors und einer Bottom-Elektrodenschicht des P-Sensors. Die Pufferschicht ist daher als Schirmungselektrode ausgebildet und elektrisch mit Masse verbunden.

[0017] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Schirmung auf einer dem kapazitiven Sensor abgewandten Seite des ersten Substrates angeordnet. In dieser Anordnung kann die Schirmung durch Siebdrucken direkt auf die Rückseite des ersten Substrates aufgebracht werden. Dies kann im Herstellungsprozess zusammen mit der Herstellung des P-Sensors auf dem ersten Substrat erfolgen. Die Schirmung ist nicht Teil des P-Sensors, kann aber durch Drucken von z.B. Silberpaste (diese besitzt eine hohe Flächenleitfähigkeit) auf die Rückseite des ersten Substrates in diesen integriert werden. Die Herstellung wird dadurch insgesamt vereinfacht.

[0018] In einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst der kapazitive Sensor eine Elektroden-schicht und eine Bottom-Elektrode, wobei die Elektroden-schicht und die Bottom-Elektrode durch das erste Substrat oder durch eine erste dielektrische Isolationsschicht gegeneinander isoliert sind. In denjenigen Ausführungsformen der integrierten Sensorvorrichtung, in den ein erstes und ein zweites Substrat verwendet werden, übernimmt das erste Substrat die Funktion der ersten dielektrischen Isolationsschicht zwischen der Elektroden-schicht und der Bottom-Elektrode des C-Sensors. Dadurch kann die erste dielektrische Isolationsschicht eingespart werden. In Ausführungsformen, in denen nur das erste Substrat vorgesehen ist, muss die Elektroden-schicht durch die erste dielektrische Isolationsschicht gegen die Bottom-Elektrode isoliert werden, um die Funktion des C-Sensors sicherzustellen.

[0019] In einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst der piezoelektrische Sensor eine Bottom-Elektroden-Schicht, die vorzugsweise aus PEDOT:PSS gebildet ist, eine ferroelektrische Co-Polymer-Schicht (5b) und eine Top-Elektroden-Schicht. Der P-Sensor kann mittels Siebdruck hergestellt werden, wobei durch wiederholte Druckvorgänge ein Schichtstapel hergestellt wird. Der Schichtstapel, der den P-Sensor bildet, umfasst die Bottom-Elektroden-schicht, Diese kann aus ca. 1µm dickem PEDOT:PSS gebildet werden und wird auf dem ersten oder dem zweiten Substrat abgeschieden. Danach wird beispielsweise eine ca. 5µm dicke, drucksensitive ferroelektrischen Co-Polymer-Schicht aus PVDF:TrFE (70:30) und abermals eine 1µm dicken Top-Elektroden-schicht aus PEDOT:PSS in Form eines segmentierten 4x2 Arrays gebildet. Nach dem Drucken besitzen die ferroelektrischen Kristallite (PVDF) im Co-Polymer (PVDF:TrFE) keine Vorzugsrichtung. Der Polungsprozess richtet diese in Feldern von ca. 200V/µm aus und stellt damit die piezoelektrische Sensitivität der Schicht her. Der Polungsprozess lässt auch Schlüsse auf Funktion und Empfindlichkeit zu, und liefert daher Daten über den Yield und die Streuung der Sensitivität. Der Polungsprozess fungiert daher als Prozesskontrolle in der Herstellung der P-Sensoren. Das 4x2 Array ist dafür vorgesehen, um den Kontaktpunkt beim Greifen erkennen zu können. Das 4x2 Array vermittelt eine 8 Pixel Auflösung des Kontaktpunktes. Die Segmentierung (sowohl Anzahl als auch Form) kann für die jeweilige Applikation geändert werden. Das gleiche gilt auch für die Form der kapazitiven Sensorelektroden.

[0020] In einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Sensorvorrichtung eine Lackschicht zum Schutz einer Oberfläche der Sensorvorrichtung, wobei die Lackschicht auf der Elektroden-schicht des kapazitiven Sensors gebildet ist. Die Lackschicht schützt die Sensorvorrichtung vor Einwirkungen durch Berührungen beim Greifen und/oder Hantieren von Objekten.

[0021] In einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Sensorvorrichtung eine zweite dielektrische Isolationsschicht zwischen der Schirmung und dem piezoelektrischen Sensor. Die zweite dielektrische Isolationsschicht isoliert die Bottom-Elektroden-schicht des P-Sensors gegenüber der Schirmung, welche eine leitfähige Schicht ist und auf Umgebungspotenzial liegt. In Ausführungsformen der Erfindung, die ein zweites Substrat umfassen, übernimmt das zweite PET-Substrat die Funktion der zweiten dielektrischen Isolationsschicht.

[0022] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung eines integrierten piezoelektrischen und kapazitiven Sensors geschaffen, das Verfahren umfassend das Bereitstellen eines ersten Substrates, Anordnen, eines kapazitiven Sensors auf einer ersten Seite des ersten Substrates, Anordnen, eines piezoelektrischen Sensors, auf einer zweiten Seite des ersten Substrates, wobei die erste Seite des Substrates der zweiten Seite gegenüberliegt. Das Verfahren bietet einen industriell skalierbaren Ansatz zur Herstellung großflächiger Sensoren gemäß der Erfindung in Form von Folien.

[0023] In einer Ausgestaltung umfasst das Verfahren das Bereitstellen eines zweiten Substrates. Ferner umfasst das Anordnen das Abscheiden des kapazitiven Sensors auf dem ersten Substrat, das Abscheiden des piezoelektrischen Sensors auf dem zweiten Substrat und das Laminieren des ersten Substrates auf das zweite Substrat. Sowohl P-Sensor als auch C-Sensor werden entweder gemeinsam auf dem ersten Substrat, oder einzeln auf einem ersten und einem zweiten Substrat abgeschieden. Das Abscheiden erfolgt dabei schichtweise durch industriell skalierbare Druckverfahren, so dass eine mehrschichtige Folie entsteht, die den Sensor bildet. Der Sensor ist dadurch im industriellen Maßstab kostengünstig herstellbar.

[0024] In einer Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt das Laminieren mittels einer doppelseitig klebenden Folie, wobei die Folie eine Dicke von ca. 30µm aufweist. Die Lamination bietet im Vergleich zu den Ausführungsformen der Erfindung, die nur das erste Substrat verwenden, den Vorteil der einfacheren Prozesskonstellation. Durch die geringe Dicke der Folie werden die mechanischen Eigenschaften der Sensorfolie nicht wesentlich beeinflusst. Zudem können jeweils zwei Teilesensoren (P /C), die einen entsprechenden Yield aufweisen, miteinander verbunden werden. Dadurch wird der Ausschuss von Endprodukten verringert.

[0025] In einer Ausgestaltung des Verfahrens umfasst das Abscheiden des kapazitiven Sensors das Abscheiden einer Elektrodenschicht und einer Bottom-Elektrode, und erfolgt durch Inkjetdrucken. Ferner umfasst das Abscheiden des piezoelektrischen Sensors das Abscheiden einer Bottom-Elektroden-Schicht, einer ferroelektrischen Co-Polymer-Schicht und einer Top-Elektroden-Schicht und erfolgt durch Siebdrucken.

[0026] In einer Ausgestaltung umfasst das Verfahren das Ausrichten des kapazitiven Sensors in Bezug auf den piezoelektrischen Sensor durch Ausrichten des ersten Substrates in Bezug auf das zweite Substrat und/oder das Abscheiden einer Schirmung zwischen dem kapazitiven Sensor und dem piezoelektrischen Sensor. Zur Kombination von C-Sensor (z.B. auf ECT-Basis) und P-Sensor (z.B. auf PyzoFlex®-Basis) sind die beiden Sensoren in Bezug aufeinander geometrisch in eine mehrschichtige Folie integriert. Die geometrische Integration erfolgt durch Ausrichten von geometrischen Merkmalen des C-Sensors in Bezug auf geometrische Merkmale des P-Sensors. In den Ausführungsformen, in denen der P-Sensor auf ein zweites Substrat aufgebracht ist und der C-Sensor auf ein erstes Substrat aufgebracht ist, werden bei der Lamination die beiden Substrate aufeinander ausgerichtet. Die Lamination kann zur genauen Ausrichtung mit einem auf einer steiferen Hilfsfolie befestigten C-Sensor, der vom Laminat vollständig überklebt ist, durchgeführt werden. Darauf kann der P-Sensor abgerollt und sehr genau ausgerichtet werden.

[0027] In einer Ausgestaltung des Verfahrens ist die Schirmung auf einer dem kapazitiven Sensor zugewandten Seite des zweiten Substrates angeordnet, oder die Schirmung ist auf einer dem piezoelektrischen Sensor zugewandten Seite des ersten Substrates gebildet. Die Schirmung dient als Elektrode auf Umgebungspotential der Entkopplung der elektronischen Prozesse in C-Sensor und P-Sensor. Daher ist die Schirmung immer zwischen der Bottom-Elektrode des C-Sensors (AktiveGuard) und der Bottom-Elektrodenschicht des P-Sensors angeordnet. Die Bottom-Elektrode des C-Sensors (AktiveGuard) ist mit dem gleichen Signal beaufschlagt wie die Elektrodenschicht. Dadurch werden parasitäre Kapazitäten zur Schirmung eliminiert und Interferenzen aus der Umgebung reduziert. Anstatt der Bottom-Elektrode kann auch eine weitere Masseelektrode vorgesehen sein. Dies ist bei differentiellen Messungen von Vorteil. Die Pufferschicht muss jeweils gegenüber der Bottom-Elektrode und der Bottom-Elektrodenschicht isoliert sein. Daher sind auf jeder Seite der Schirmung Isolationsschichten vorzusehen. Je nach Ausführungsform kann jeweils eine der Isolationsschichten durch das erste oder das zweite Substrat gebildet sein.

[0028] In einer Ausgestaltung umfasst das Verfahren das Abscheiden einer ersten dielektrischen Isolationsschicht zwischen der Bottom-Elektrode und der Elektrodenschicht des kapazitiven Sensors, und/oder das Abscheiden einer zweiten dielektrischen Isolationsschicht zwischen der Schirmung und dem piezoelektrischen Sensor. Die erste dielektrische Isolationsschicht ist Teil des C-Sensors und isoliert in Ausführungsformen mit nur einem Substrat dessen Elektro-

denschicht gegen die Bottom-Elektrode. Die zweite dielektrische Isolationsschicht isoliert in Ausführungsformen mit nur einem Substrat die Bottom-Elektroden-Schicht des P-Sensors gegenüber der Schirmung. In Ausführungsformen mit erstem und zweitem Substrat übernehmen die Substrate die Funktion der ersten und zweiten dielektrischen Isolationsschichten.

[0029] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Manipulatorvorrichtung mit mindestens einem Manipulatorfinger geschaffen, wobei jeder einzelne Manipulatorfinger mindestens eine erfindungsgemäße Sensorvorrichtung umfasst. Die Erfindung verbindet die Möglichkeit einer Ortsbestimmung von sich annähernden Objekten der Möglichkeit der Bestimmung einer taktilen Information bei einer Berührung dadurch, dass sowohl ein Annäherungssensor (C-Sensor) und ein Berührungssensor (P-Sensor) auf einer Folie angeordnet sind und miteinander zusammenwirken. Die Folie kann großflächig auf Oberflächen von Robotern/Maschinen angebracht werden. Durch den Aufbau des kapazitiven C-Sensors als Folie ist es möglich, dass die einwirkende Kraft auf den darunterliegenden piezoelektrischen bzw. (piezoelektrisch und pyroelektrischen) P-Sensor weitergegeben werden kann, ohne diesen wesentlich nachteilig zu beeinflussen.

[0030] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine erfindungsgemäße Sensorvorrichtung zur Bestimmung einer Annäherung eines Objektes an eine Manipulatorvorrichtung in einer kollaborativen Umgebung verwendet.

[0031] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine erfindungsgemäße Sensorvorrichtung zum taktilen Erfassen einer Haltekraft bei einem Greifvorgang einer Manipulatorvorrichtung verwendet.

[0032] Nachfolgend sind verschiedene beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung näher beschrieben. Es zeigen

[0033] Fig. 1 einen schematischen Aufbau einer ersten beispielhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung,

[0034] Fig. 2 einen schematischen Aufbau einer zweiten beispielhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung,

[0035] Fig. 3 eine beispielhafte Ausführungsform eines kapazitiven Sensors,

[0036] Fig. 4 eine beispielhafte Ausführungsform eines piezoelektrischen Sensors und

[0037] Fig. 5 eine beispielhafte Ausgestaltung eines Roboterfingers gemäß der Erfindung.

[0038] Figur 1 zeigt einen schematischen Aufbau einer ersten beispielhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung 1. Die Sensorvorrichtung 1 ist durch einen Schichtstapel 2 gebildet. Der Schichtstapel 2 umfasst ein erstes Substrat 3. Auf einer ersten Seite (in der Darstellung der oberen Seite) des ersten Substrates 3 ist ein kapazitiver Sensor 4 angeordnet. Der kapazitive Sensor 4 dient zur berührungslosen Erfassung einer Annäherung eines Objektes an den Sensor 1.

[0039] Auf einer zweiten Seite des ersten Substrates 3 (in der Darstellung der unteren Seite) ist ein piezoelektrischer Sensor 5 angeordnet. Der piezoelektrische Sensor 5 dient zur Erfassung eines Druckes und somit zur Bestimmung einer Haltekraft, den das Objekt auf den Sensor 1 ausübt, wenn es mit einer Oberfläche der Sensorvorrichtung 6 in Kontakt steht.

[0040] Der kapazitive Sensor 3 ist durch eine Elektrodenschicht 4a und eine Bottom-Elektrode 4b gebildet. Zwischen der Elektrodenschicht 4a und der Bottom-Elektrode 4b ist eine erste dielektrische Isolationsschicht 4c angeordnet, welche die Elektrodenschicht 4a und die Bottom-Elektrode 4b des kapazitiven Sensors 4 gegeneinander isoliert. Die Elektroden der Elektrodenschicht 4a bestehen vorzugsweise aus einer Tinte mit Silberanteil.

[0041] Der piezoelektrische Sensor 5 ist durch drei Schichten gebildet. Eine erste Schicht 5a des piezoelektrischen Sensors 5 bildet eine Bottom-Elektrodenschicht. Die Bottom-Elektrodenschicht 5a ist vorzugsweise aus PEDOT gebildet. Sie weist eine Dicke von ca. 1 µm auf. Eine zweite Schicht 5b des piezoelektrischen Sensors 5 ist eine ferroelektrische Co-Polymerschicht,

die vorzugsweise aus PVDF:TrFE im Verhältnis 70:30 %mol gebildet ist und eine Dicke von ca. 5µm aufweist. Eine dritte Schicht 5c des piezoelektrischen Sensors 5 ist eine Top-Elektrode, die vorzugsweise aus PEDOT besteht und eine Dicke von ca. 1µm aufweist. Auf der zweiten Seite des ersten Substrates 3 ist eine Schirmung (Shield GND) 7 angeordnet. Die Schirmung 7 dient der gegenseitigen elektrischen Abschirmung des kapazitiven Sensors 4 und des piezoelektrischen Sensors 5. Die Schirmung 7 besteht vorzugsweise aus Silberpaste und ist elektrisch mit Masse gekoppelt.

[0042] Die Sensorvorrichtung 1 weist ferner eine zweite dielektrische Isolationsschicht 8 auf. Die zweite Isolationsschicht 8 ist zwischen dem ersten Substrat 3 und dem piezoelektrischen Sensor 5 angeordnet und dient zur Isolation des piezoelektrischen Sensors 5 gegenüber dem ersten Substrat 3. Zwischen dem ersten Substrat 3 und der zweiten dielektrischen Isolationsschicht 8 ist die Schirmung 7 angeordnet.

[0043] Auf dem kapazitiven Sensor 4 ist eine weitere Isolationsschicht (Schutzschicht) 9 angeordnet. Sie ist durch einen Lack gebildet und dient dem Schutz der Sensorvorrichtung 1 beim Erfassen von Druckkräften in Folge der Berührung von Objekten.

[0044] Innerhalb des Schichtstapels 2 sind der kapazitive Sensor 4 und der piezoelektrische Sensor 5 zueinander ausgerichtet. Die Grundflächen des kapazitiven Sensors 4 und des piezoelektrischen Sensors 5 entsprechen sich im Wesentlichen. Die gesamte Sensorvorrichtung 1 bildet eine biegsame Folie.

[0045] Figur 2 zeigt einen schematischen Aufbau einer zweiten beispielhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung 1. Die Sensorvorrichtung 1 weist gegenüber der Figur 1 ein zusätzliches zweites Substrat 10 auf. Das zweite Substrat 10 ist ein PET-Substrat. Der kapazitive Sensor 4 ist auf dem ersten Substrat 3 angeordnet, d.h. die Elektrodenschicht 4a ist auf das erste Substrat 3 aufgebracht. Auf einer der Elektrodenschicht 4a gegenüberliegenden Seite des ersten Substrates 3 ist die Bottom-Elektrode 4b des kapazitiven Sensors 4 angeordnet. Das erste Substrat 3 isoliert die Elektrodenschicht 4a gegenüber der Bottom-Elektrode 4b. Sie übernimmt in dieser Ausführungsform die Funktion der ersten dielektrischen Schicht 4c. Der piezoelektrische Sensor 5 ist auf dem zweiten Substrat 10 angeordnet, d.h. die Schichten 5a, 5b, 5c sind auf das zweite Substrat 10 aufgebracht. Zwischen dem ersten Substrat 3 und dem zweiten Substrat 10 ist die Schirmung 7 angeordnet. Das erste Substrat 3 ist mit dem zweiten Substrat 10 durch eine Laminatschicht 11 verbunden, wobei die Laminatschicht 11 zwischen der Bottom-Elektrode 4b und der Schirmung 7 angeordnet ist. Die Laminatschicht 11 ist eine Klebeschicht.

[0046] Figur 3 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform eines kapazitiven Sensors 4. Der kapazitive Sensor ist als Folie ausgeführt und umfasst das erste Substrat 3, auf welche die Elektrodenschicht 4a aufgebracht ist. Die Elektrodenschicht besteht aus drei Top-Elektroden und weist ein erstes geometrisches Muster 12 auf. Unter der Top-Elektrode befindet sich eine gemeinsame Bottom-Elektrode 4b (auch als AktiveGuard-Schicht bezeichnet). Die Top-Elektrode und die Bottom-Elektrode sind durch das erste Substrat 3 gegeneinander isoliert.

[0047] Figur 4 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform eines piezoelektrischen Sensors 5. Der piezoelektrische Sensor 5 ist als Folie ausgeführt und umfasst das zweite Substrat 10, auf welche die Schichten 5a, 5b, 5c aufgebracht sind. Die erste Schicht 5a des piezoelektrischen Sensors 5 weist ein zweites geometrisches Muster 13 auf.

[0048] Die erste Schicht 5a des piezoelektrischen Sensors 5 ist segmentiert und bildet ein 4x2 Array. In der Sensorvorrichtung 1 sind die geometrischen Muster 12, 13 der beiden Sensoren 4, 5 in Bezug aufeinander ausgerichtet.

[0049] Figur 5 zeigt eine beispielhafte Ausgestaltung eines Manipulatorfingers 14 gemäß der Erfindung. Der Manipulatorfinger 14 weist eine Vorderseite und eine Rückseite auf, wobei die Rückseite eine Platine 15 trägt, die zur Steuerung des Sensors 1 dient. Die Sensorvorrichtung 1 ist auf der (nicht sichtbaren) Vorderseite des Manipulatorfingers 14 angeordnet. Die Vorderseite des Manipulatorfingers 14 bildet die Greiffläche des Manipulators und trägt die Sensorvorrich-

tung 1. Der Manipulatorfinger 14 weist vorzugsweise eine ebene Greiffläche von 62mm x 62mm auf. In einem Betriebszustand ist die Sensorvorrichtung 1 auf dem Manipulatorglied 14 angeordnet. Dabei ist der Sensor so ausgerichtet, dass die Schutzschicht 9 eine Sensoroberfläche 6 bildet, die zu detektierenden Objekten zugewandt ist. Die Annäherung eines Objektes an die Sensorvorrichtung 1 wird berührungslos mittels des kapazitiven Sensors 4 detektiert. Wenn mittels des Manipulatorgliedes 14 ein Objekt hantiert werden soll, bestimmt der piezoelektrische Sensor 5, nachdem Kontakt des Objektes mit der Oberfläche der Sensorvorrichtung 6 hergestellt ist, die zwischen Manipulatorglied 14 und Objekt auftretenden Kräfte. Durch die Ausführung der Sensoren als flexible Sensorstapelfolien werden die Kräfte durch den kapazitiven Sensor 4 mechanisch auf den piezoelektrischen Sensor 5 übertragen und durch diesen gemessen.

BEZUGSZEICHENLISTE

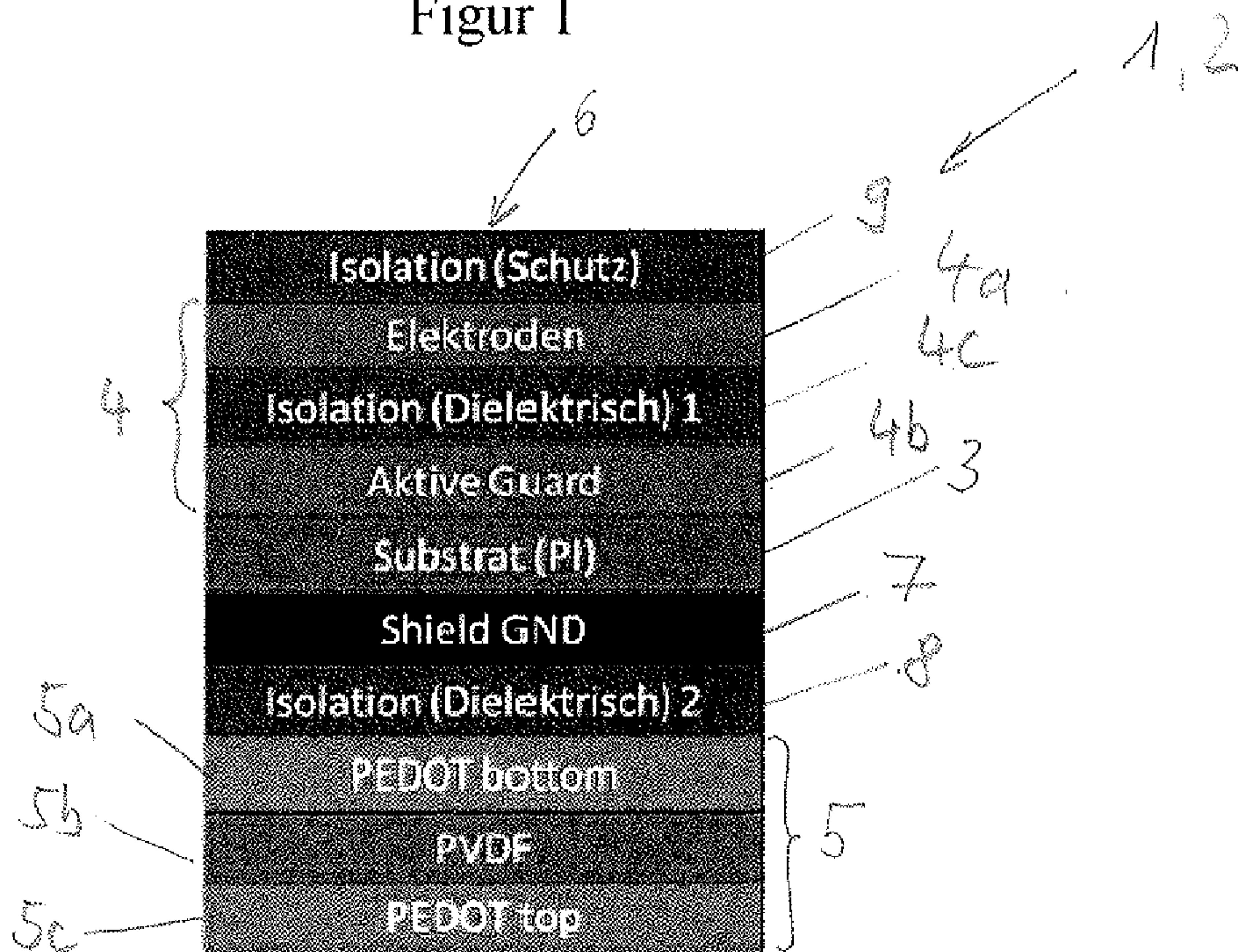
1. Sensorvorrichtung
2. Schichtstapel
3. erstes Substrat
4. kapazitiver Sensor
- 4a. Elektrodenschicht
- 4b. Bottom-Elektrode
- 4c. erste dielektrische Isolationsschicht
5. piezoelektrischer Sensor
- 5a. erste Schicht des piezoelektrischen Sensors (Bottom-Elektrodenschicht)
- 5b. zweite Schicht des piezoelektrischen Sensors (Ferroelektrische Schicht)
- 5c. dritte Schicht des piezoelektrischen Sensors (Top-Elektrodenschicht)
6. Oberfläche der Sensorvorrichtung
7. Schirmung
8. zweite dielektrische Isolationsschicht
9. Schutzschicht
10. zweites Substrat
11. Laminatschicht
12. erstes geometrisches Muster
13. zweites geometrisches Muster
14. Manipulatorfinger
15. Platine

Patentansprüche

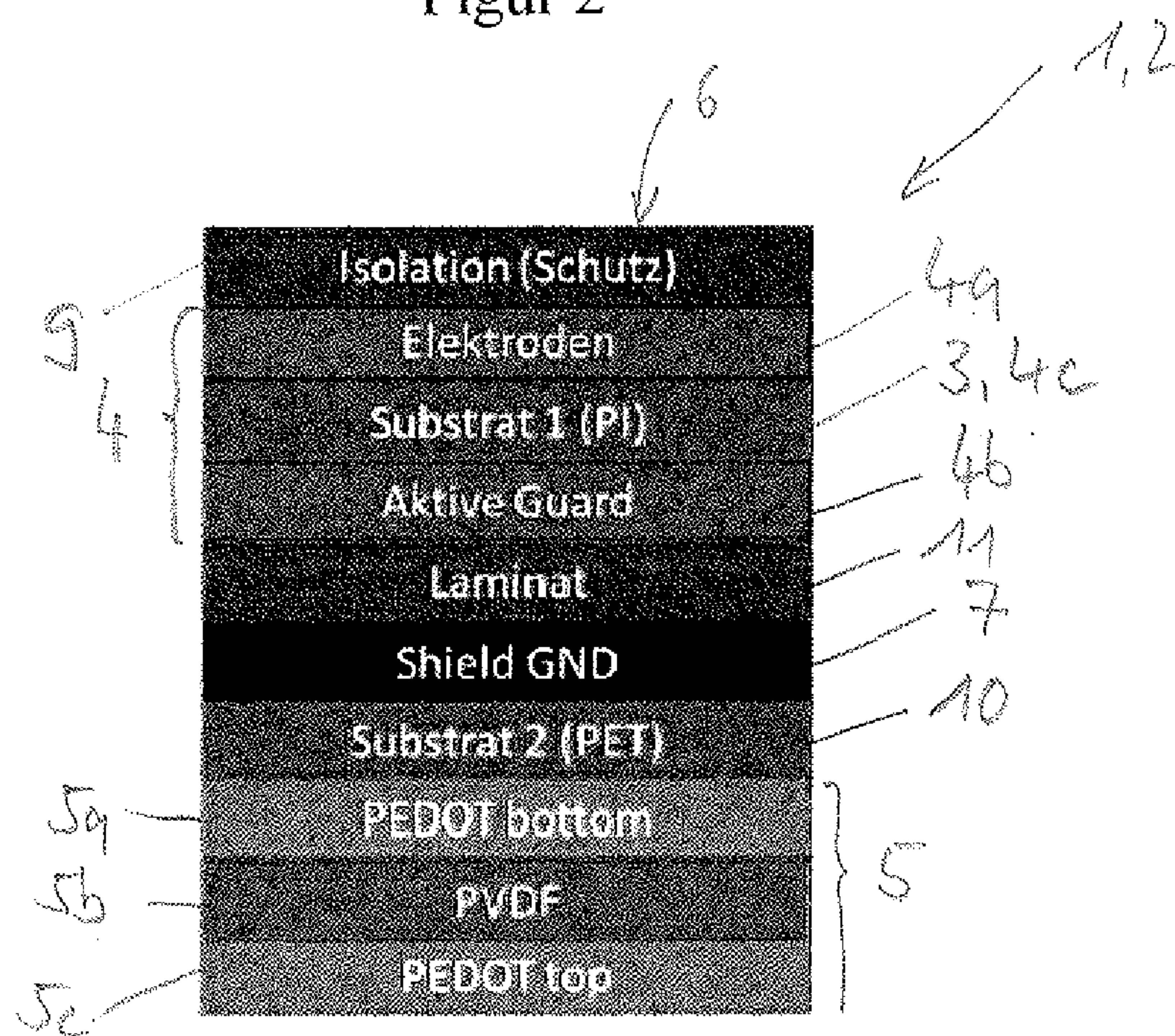
1. Sensorvorrichtung (1), umfassend: mindestens ein erstes Substrat (3); einen kapazitiven Sensor (4) zur Erfassung einer Annäherung eines Objekts; einen piezoelektrischen Sensor (5) zur Erfassung eines Druckes bzw. einer Druckänderung; wobei der kapazitive Sensor auf einer ersten Seite des ersten Substrates (3) angeordnet ist und der piezoelektrische Sensor (5) auf einer zweiten Seite des ersten Substrates (3) angeordnet ist, wobei die zweite Seite der ersten Seite gegenüberliegt; oder wobei der kapazitive Sensor (4) und der piezoelektrische Sensor (5) auf derselben Seite des Substrates (3) angeordnet sind.
2. Sensorvorrichtung (1) nach Anspruch 1, umfassend: ein zweites Substrat (10); wobei der kapazitive Sensor (4) auf dem ersten Substrat (3) angeordnet ist; und wobei der piezoelektrische Sensor (5) auf dem zweiten Substrat (10) angeordnet ist; und wobei das zweite Substrat (10) auf das erste Substrat (3) laminiert ist.
3. Sensorvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine Grundfläche des kapazitiven Sensors (4) im Wesentlichen mit einer Grundfläche des piezoelektrischen Sensors (5) übereinstimmt, und/oder wobei der kapazitive Sensor (4) und der piezoelektrische Sensor (5) einen Sensorstapel (2) bilden.
4. Sensorvorrichtung (1) nach Anspruch einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend eine Schirmung (7) zwischen dem kapazitiven Sensor (4) und dem piezoelektrischen Sensor (5).
5. Sensorvorrichtung (1) nach Anspruch 4, wobei die Schirmung (7) auf einer dem kapazitiven Sensor (4) abgewandten Seite des ersten Substrates (3) angeordnet ist.
6. Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der kapazitive Sensor (4) umfasst: eine Elektrodenschicht (4a); eine Bottom-Elektrode (4b); wobei die Elektrodenschicht (4a) und die Bottom-Elektrode (4b) durch das erste Substrat (3) oder durch eine erste dielektrische Isolationsschicht (4c) gegeneinander isoliert sind.
7. Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der piezoelektrische Sensor (5) ferner umfasst: eine Bottom-Elektroden-Schicht (5a), die vorzugsweise aus PE-DOT:PSS gebildet ist. eine ferroelektrische Co-Polymer-Schicht (5b); und eine Top-Elektroden-Schicht (5c).
8. Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend eine Lackschicht (9) zum Schutz einer Oberfläche der Sensorvorrichtung (6), wobei die Lackschicht (9) auf der Elektrodenschicht (4a) des kapazitiven Sensors (4) gebildet ist.
9. Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend: eine zweite dielektrische Isolationsschicht (8) zwischen der Schirmung (7) und dem piezoelektrischen Sensor (5).
10. Manipulatorvorrichtung, mit mindestens einem Manipulatorfinger (14), wobei jeder einzelne Manipulatorfinger (14) mindestens eine Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1-9 umfasst.
11. Verwendung einer Sensorvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1-9 zur Bestimmung einer Annäherung eines Objektes an eine Manipulatorvorrichtung in einer kollaborativen Umgebung und zum taktilen Erfassen einer Haltekraft bei einem Greifvorgang einer Manipulatorvorrichtung.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

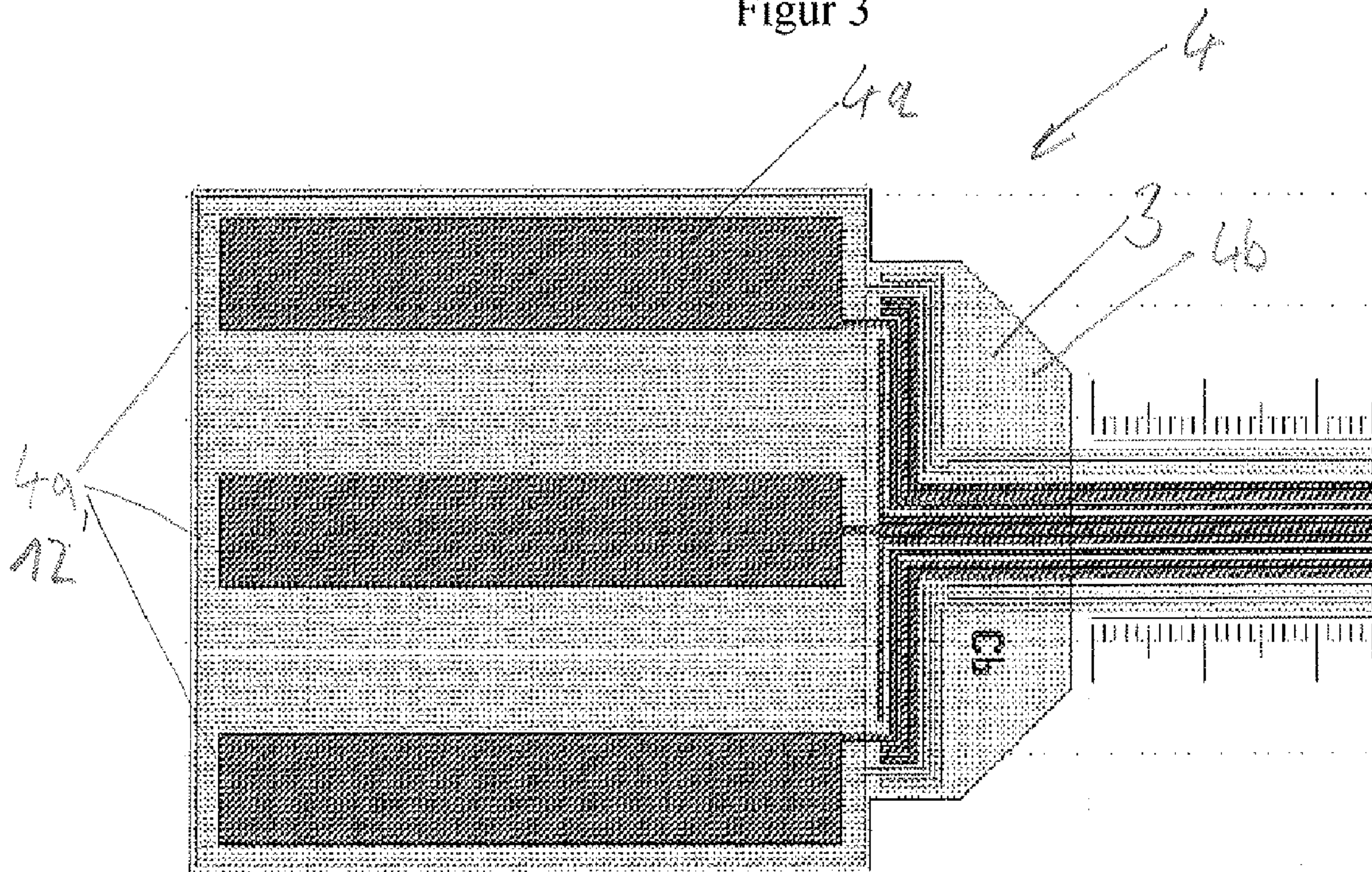
Figur 1



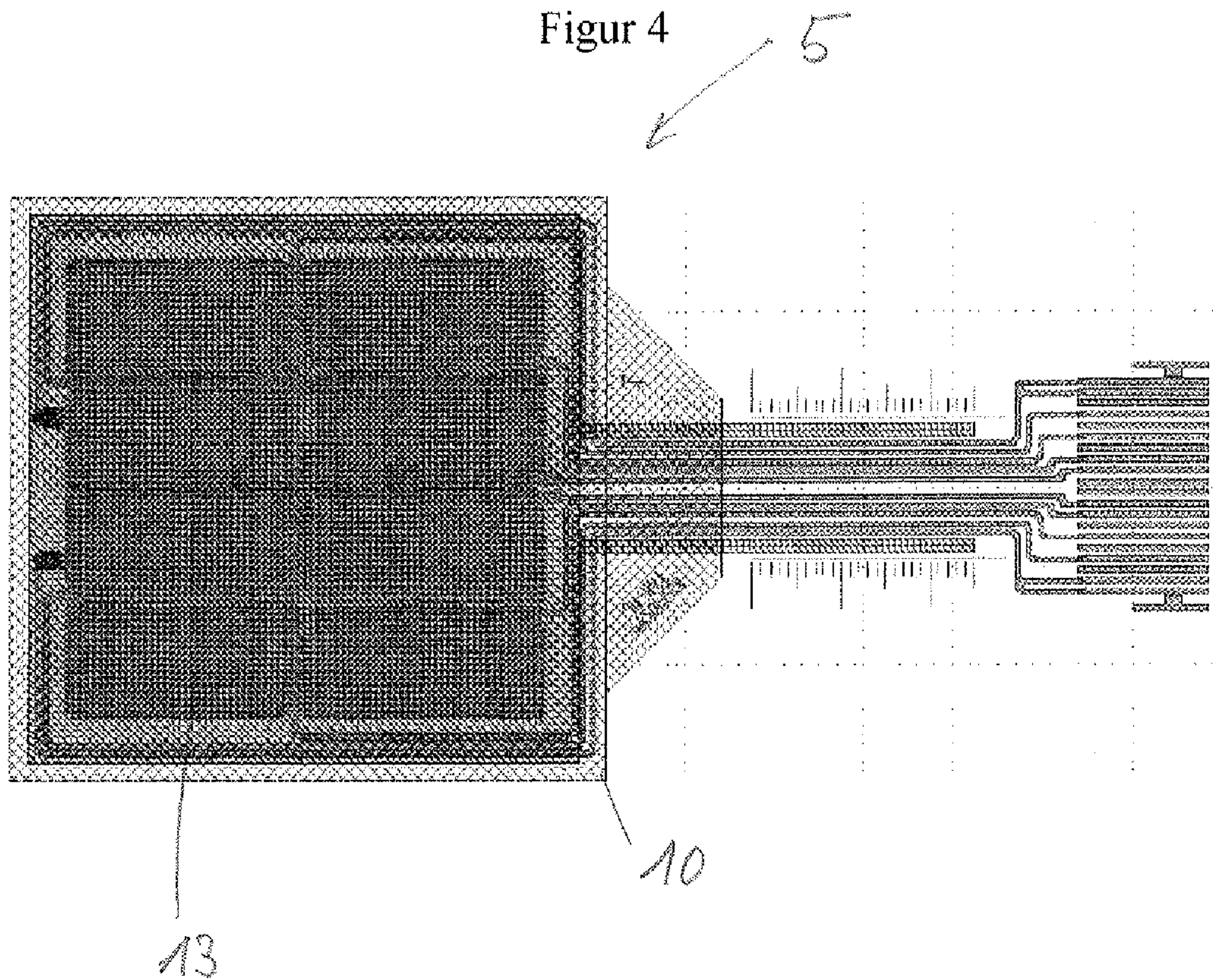
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5

