



(10) **DE 11 2013 001 417 T5** 2014.12.24

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2013/138574**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2013 001 417.3**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2013/031264**  
(86) PCT-Anmeldetag: **14.03.2013**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **19.09.2013**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **24.12.2014**

(51) Int Cl.: **G05D 1/02 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**61/611,550**                      **15.03.2012**      **US**

(71) Anmelder:  
**ROBOT CORPORATION, Bedford, Mass., US**

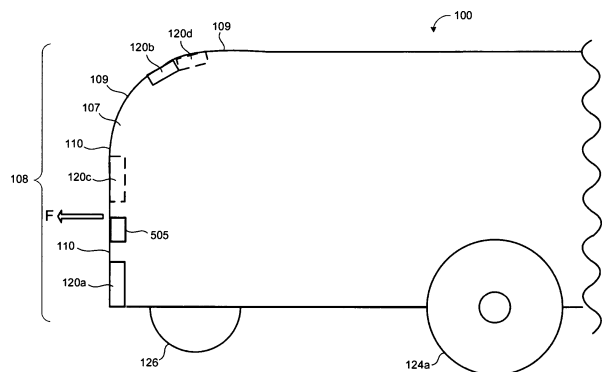
(74) Vertreter:  
**Haseltine Lake LLP, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Hickey, Stephen A., Bedford, Mass., US; Pastore,  
Andrew, Watertown, Mass., US; Won, Chikyung,  
Tewksbury, Mass., US; Gamble, Roger Dale,  
Bedford, Mass., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Anpassbarer Festkörperstoßfänger für einen Roboter**

(57) Zusammenfassung: Eine Roboterstoßfängeranordnung (108) beinhaltet einen Stoßfängerkörper (107), ein erstes Sensorarray (120a) und ein zweites Sensorarray (120b). Das erste Sensorarray ist entlang eines vorderen Abschnitts (110) des Stoßfängerkörpers angeordnet und in seiner Form an dessen äußeren Rand angepasst und erkennt Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des Umrisses des äußeren Rands des vorderen Abschnitts des Stoßfängerkörpers. Das zweite Sensorarray ist entlang eines oberen Abschnitts (109) des vorderen Abschnitts des Roboterkörpers angeordnet und in seiner Form an dessen äußeren Rand angepasst. Der obere Abschnitt ist wie eine Rampe nach oben gewinkelt. Das zweite Sensorarray erkennt Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des äußeren Rands des gewinkelten oberen Abschnitts des Stoßfängerkörpers.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Diese Offenbarung betrifft ein Hilfsmittel für einen Roboter, um mit seiner physischen Umgebung zu interagieren, das es dem Roboter ermöglicht, einen Aufprall mit einem Objekt zu erkennen und den Grad oder die Kraft des Aufpralls, die Position des Aufpralls und/oder die Richtung des Aufpralls zu bestimmen. Die vorliegende Offenbarung stellt außerdem einen Stoßfänger bereit, um einen Roboter vor derartigen Aufprällen zu schützen.

## ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

**[0002]** Üblicherweise sind Roboterberührungssensoren in eine Roboterstoßfängeranordnung integriert. Derartige Stoßfängeranordnungen sind steife, bewegliche Stoßfänger, die in Abständen und am Roboterfahrgestell aufgehängt angebracht sind. Typischerweise beinhalten derartige Stoßfänger eine steife Außenhülle, die durch eine Reihe von Geräten, wie Stifte/Stoßfängerarme und Spiralfedern, am Roboterfahrgestell aufgehängt ist. Die Federn absorbieren die Aufprallenergie, erfordern jedoch eine hohe Aufprallkraft, d. h. sie erfordern, dass der Stoßfänger um einige Millimeter nachgibt, um die Energie zu absorbieren, bevor ein Schalter ausgelöst wird, um anzuzeigen, dass ein Aufprallereignis eingetreten ist. Das Nachgeben des steifen Stoßfängers im Verhältnis zum steifen Fahrgestell des Roboters erfordert zur Betätigung nicht nur ein Hubvolumen, sondern erzeugt auch sichtbare Nähte und Quetschstellen an der Außenseite. Die Verwendung der Arme und Federn erfordert mehrere bewegliche Teile, die mechanische Komplikationen bei der Montage erzeugen und zu mechanischem Versagen führen können. Der Abstand zwischen dem Stoßfänger und dem Roboter erzeugt einen Raum, in dem sich Staub und Schmutzpartikel ansammeln können.

**[0003]** Das Erkennen der Position des Aufpralls ist begrenzt auf die Anzahl an Schaltern und Aufhängungspunkten, die ökonomisch in die mechanische Geometrie des Roboters integriert werden können. Für viele Roboter werden zwei Schalter, ein linker Schalter und ein rechter Schalter, verwendet. Dies ermöglicht im besten Fall drei Erkennungszonen, rechts, links und mittig, wenn beide Schalter ausgelöst werden. Die geometrischen Einschränkungen bei der Verwendung derartiger Schalter hindern den Roboter daran, zu erkennen, wann er Druck von oben erfährt, wie zum Beispiel bei einer Einklemmsituation. Außerdem kann der Roboter den Winkel oder die Kraft des Aufpralls nicht bestimmen.

**[0004]** Ein alternatives Stoßfängerdesign, das sich nicht einer komplexen mechanischen Aufhängung bedient, verwendet Kontakte in Form von Kohlen-

stoffscheiben, die um einen vorderen Abschnitt des Roboters positioniert sind. Eine derartige Struktur weist einige Nachteile auf. Zum Beispiel ist die Kohlenstoffscheiben-Stoßfängerstruktur schwer und verändert den Schwerpunkt des Roboters. Zusätzlich ist die Kohlenstoffscheiben-Stoßfängerstruktur in der Herstellung kostenaufwendig und das Aussehen des Stoßfängers ist nicht gleichmäßig, wodurch er für einen Verbraucher unattraktiv ist.

## KURZDARSTELLUNG

**[0005]** Ein Aspekt der Offenbarung stellt eine Roboterstoßfängeranordnung bereit, die einen Stoßfängerkörper und erste und zwei Sensorarrays beinhaltet. Das erste Sensorarray ist entlang eines vorderen Abschnitts des Stoßfängerkörpers angeordnet und in seiner Form an dessen äußeren Rand angepasst. Das erste Sensorarray erkennt Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des Umrisses des äußeren Rands des vorderen Abschnitts des Stoßfängerkörpers. Das zweite Sensorarray ist entlang eines oberen Abschnitts des vorderen Abschnitts des Roboterkörpers angeordnet und in seiner Form an dessen äußeren Rand angepasst. Der obere Abschnitt ist wie eine Rampe nach oben gewinkelt. Das zweite Sensorarray erkennt Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des äußeren Rands des gewinkelten oberen Abschnitts des Stoßfängerkörpers.

**[0006]** Ausführungen der Offenbarung können eins oder mehrere der folgenden Merkmale beinhalten. Das erste Sensorarray kann vertikal entlang der Höhe des vorderen Abschnitts des Stoßfängerkörpers verlaufen. In einigen Beispielen beinhaltet der Roboterstoßfänger ein drittes Sensorarray, das entlang eines vorderen Abschnitts des Stoßfängerkörpers angeordnet und in seiner Form an dessen äußeren Rand angepasst ist. Das dritte Sensorarray erkennt Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des Umrisses des äußeren Rands des vorderen Abschnitts des Stoßfängerkörpers. Das dritte Sensorarray kann vertikal in einem Abstand vom ersten Sensorarray entlang des vorderen Abschnitts des Stoßfängerkörpers angeordnet sein. Das erste und zweite Sensorarray können druckempfindlich sein. Zusätzlich oder alternativ kann das zweite Sensorarray vertikal entlang der Höhe des gewinkelten oberen Abschnitts des Stoßfängerkörpers verlaufen. In einigen Beispielen ist der gewinkelte obere Abschnitt gekrümmt.

**[0007]** In einigen Ausführungen beinhaltet der Roboterstoßfänger ferner ein viertes Sensorarray. Das vierte Sensorarray kann angrenzend an das zweite Sensorarray entlang des äußeren Rands des gewinkelten oberen Abschnitts des vorderen Abschnitts des Roboterkörpers angeordnet sein. Zusätzlich kann das vierte Sensorarray an die Ober-

fläche des gewinkelten oberen Abschnitts angepasst sein und Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des äußeren Rands des gewinkelten oberen Abschnitts des Stoßfängerkörpers erkennen. Der Stoßfängerkörper kann einen im Wesentlichen kreisförmigen äußeren Rand oder einen wenigstens teilweise quadratischen äußeren Rand definieren.

**[0008]** In einigen Beispielen kann die Roboterstoßfängeranordnung ein berührungsloses Sensorarray beinhalten, das auf dem vorderen Abschnitt des Stoßfängerkörpers angeordnet ist. Das berührungslose Sensorarray kann vertikal in Abständen zwischen dem ersten Sensorarray und dem zweiten Sensorarray angeordnet sein. Das erste und zweite Sensorarray können Membranschalter sein, die durch eine Trennschicht getrennte erste und zweite leitfähige Schichten aufweisen.

**[0009]** Ein anderer Aspekt der Offenbarung stellt einen Roboter bereit, der ein Roboterfahrzeuggestell beinhaltet, das eine einen äußeren Rand des Roboterfahrzeuggestells definierende Seitenkante und eine Oberkante aufweist. Der Roboter beinhaltet einen Membranschalter zum Erkennen eines Aufpralls zwischen dem Roboterfahrzeuggestell und einer Außenumgebung und eine kraftübertragende Schicht zum Übertragen von Energie von einem Aufprall zwischen dem Roboterfahrzeuggestell und einer Außenumgebung zum Membranschalter.

**[0010]** In einigen Ausführungen erkennt der Membranschalter einen Aufprall auf der Seitenkante und der Oberkante des Roboterfahrzeuggestells. Zusätzlich kann der Membranschalter entlang der Seitenkante des Roboterfahrzeuggestells eine erste Empfindlichkeit und entlang der Oberkante des Roboterfahrzeuggestells eine zweite Empfindlichkeit aufweisen. Die erste Empfindlichkeit kann höher sein als die zweite Empfindlichkeit. Zusätzlich oder alternativ verläuft der Membranschalter um einen gesamten äußeren Rand des Roboterfahrzeuggestells. Das Roboterfahrzeuggestell kann einen ungefähr kreisförmigen äußeren Rand oder einen teilweise quadratischen äußeren Rand aufweisen. In einigen Beispielen beinhaltet der Membranschalter durch eine Trennschicht getrennte erste und zweite leitfähige Schichten.

**[0011]** Ein weiterer Aspekt der Offenbarung stellt einen Roboterstoßfänger bereit, der eine kraftabsorbierende Schicht, eine Membranschalterschicht mit einer Mehrzahl an elektrischen Kontakten und eine kraftübertragende Schicht, die eine Mehrzahl an kraftübertragenden Elementen umfasst, die konfiguriert sind, um Kraft auf die Schalterschicht zu übertragen, beinhaltet. In einigen Beispielen beinhaltet die Membranschalterschicht eine erste Platte, die eine Mehrzahl an elektrischen Kontaktpunkten aufweist, und eine zweite Platte, die eine Mehrzahl an elektrischen Kontaktpunkten aufweist. Die Schalterschicht

kann ferner eine Trennschicht umfassen, die zwischen der ersten und zweiten Platte positioniert ist, um versehentlichen oder zufälligen Kontakt zwischen der Mehrzahl an elektrischen Kontaktpunkten auf der ersten und zweiten Platte zu verhindern. Zusätzlich oder alternativ bilden die elektrischen Kontaktpunkte auf der ersten Platte ein erstes Muster und die elektrischen Kontaktpunkte auf der zweiten Platte ein zweites Muster. In einigen Beispielen sind das erste Muster und das zweite Muster identisch.

**[0012]** In einigen Ausführungen bildet die Mehrzahl an elektrischen Kontaktpunkten auf jeder Platte eine Mehrzahl an Zonen, wobei jede Zone einem Aufprallpunkt auf einer Außenoberfläche des Stoßfängers entspricht. Zusätzlich kann jeder elektrische Kontaktpunkt eine einzelne Zone bilden.

**[0013]** In einigen Beispielen ist die kraftübertragende Schicht zwischen der kraftabsorbierenden Schicht und der Membranschalterschicht positioniert. Der Stoßfänger kann sich einer Form eines Roboterfahrzeuggestells anpassen.

**[0014]** Ziele und Vorteile der vorliegenden Offenbarung sind teilweise in der nachstehenden Beschreibung beschrieben und werden teilweise aus der Beschreibung ersichtlich oder können durch die Umsetzung der vorliegenden Lehren erlernt werden. Die Ziele und Vorteile der vorliegenden Offenbarung können anhand der besonders in den beigefügten Ansprüchen aufgeführten Elemente und Kombinationen umgesetzt und erzielt werden.

**[0015]** Es versteht sich, dass sowohl die vorangehende allgemeine Beschreibung als auch die nachfolgende ausführliche Beschreibung lediglich beispielhafter und erläuternder Natur sind und die vorliegenden Lehren, wie sie beansprucht werden, nicht einschränken.

**[0016]** Die beigefügten Zeichnungen, die in dieser Beschreibung enthalten sind und einen Teil von ihr darstellen, zeigen beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Lehren und dienen in Verbindung mit der Beschreibung dazu, die Grundlagen dieser Lehren zu erläutern.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0017]** Fig. 1A ist eine perspektivische Draufsicht von vorne eines beispielhaften Roboters.

**[0018]** Fig. 1B ist eine perspektivische Ansicht von hinten unten des Roboters aus Fig. 1A.

**[0019]** Fig. 1C ist eine Explosionsansicht des Roboters aus Fig. 1A.

**[0020]** Fig. 1D ist eine schematische Ansicht eines beispielhaften Roboters.

**[0021]** Fig. 2A ist eine explodierte Querschnittansicht einer beispielhaften Stoßfängeranordnung.

**[0022]** Fig. 2B ist eine explodierte Querschnittansicht einer anderen beispielhaften Stoßfängeranordnung.

**[0023]** Fig. 3 zeigt eine explodierte, perspektivische Ansicht einer beispielhaften Stoßfängeranordnung auf einem Roboter.

**[0024]** Fig. 4A ist eine Vorderansicht einer beispielhaften ersten leitfähigen Schicht einer Membranschalteranordnung eines Stoßfängers.

**[0025]** Fig. 4B ist eine Vorderansicht einer beispielhaften zweiten leitfähigen Schicht einer Membranschalteranordnung eines Stoßfängers.

**[0026]** Fig. 4C ist eine Seitenansicht einer beispielhaften Trennschicht einer Membranschalteranordnung eines Stoßfängers.

**[0027]** Fig. 4D ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Trennschicht einer Membranschalteranordnung, die erste und zweite leitfähige Schichten trennt.

**[0028]** Fig. 4E ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Trennschicht einer Membranschalteranordnung, die erste und zweite leitfähige Schichten trennt.

**[0029]** Fig. 5A ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften leitfähigen Schicht einer Membranschalteranordnung und einer kraftübertragenden Schicht einer Stoßfängeranordnung.

**[0030]** Fig. 5B und Fig. 5C sind schematische Ansichten beispielhafter leitfähiger Schichten einer Membranschalteranordnung.

**[0031]** Fig. 6A ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Membranschalteranordnung eines Stoßfängers.

**[0032]** Fig. 6B ist eine Ausschnittansicht einer beispielhaften Membranschalteranordnung eines Stoßfängers.

**[0033]** Fig. 7 ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften kraftübertragenden Schicht einer Stoßfängeranordnung.

**[0034]** Fig. 8A–Fig. 8D sind schematische Draufsichten beispielhafter Roboterfahrgestelle mit einem Stoßfänger.

**[0035]** Fig. 9A ist eine schematische Ansicht einer beispielhaften leitfähigen Schicht einer Membranschalteranordnung.

**[0036]** Fig. 9B ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Membranschalteranordnungsschicht, die auf einen Zylinder aufgebracht ist.

**[0037]** Fig. 9C ist eine perspektivische Ansicht eines beispielhaften Manipulators, der eine auf einen zylindrischen Armabschnitt des Manipulators aufgebrachte Membranschalteranordnungsschicht aufweist.

**[0038]** Fig. 9D ist eine schematische Ansicht des Anwendens einer Membranschalteranordnung in verschiedenen Roboteranwendungen.

**[0039]** Fig. 10 ist eine schematische Seitenansicht eines beispielhaften Abschnitts eines Roboters und von Sensorarrays darauf.

**[0040]** Gleiche Referenzsymbole kennzeichnen in den verschiedenen Zeichnungen gleiche Elemente.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0041]** Mit Bezugnahme auf Fig. 1A–Fig. 1D beinhaltet ein Roboter **100** in einigen Ausführungen einen Körper **104**, der durch ein Antriebssystem **128** gestützt wird, das den Roboter **100** basierend auf einem Antriebsbefehl mit x-, y- und  $\theta$ -Komponenten, der zum Beispiel von einer Steuerung **200** erteilt wird, über eine Bodenoberfläche **10** manövrieren kann. Der Roboterkörper **104** weist einen vorderen Abschnitt **112** und einen hinteren Abschnitt **114** auf, die vom Körper **104** getragen werden. Das Antriebssystem **128** beinhaltet rechte und linke angetriebene Rollenmodule **128a**, **128b**. Die Rollenmodule **128a**, **128b** sind im Wesentlichen entlang einer vom Körper **104** definierten, diagonalen Achse X angeordnet und beinhalten jeweilige Antriebsmotoren **122a**, **122b**, die entsprechende Rollen **124a**, **124b** antreiben. Die Antriebsmotoren **122a**, **122b** können den Körper **104** lösbar (z. B. durch Befestigungen oder werkzeuglose Verbindungen) mit den Antriebsmotoren **122a**, **122b** verbinden, die optional im Wesentlichen über den jeweiligen Rollen **124a**, **124b** positioniert sind. Die Rollenmodule **128a**, **128b** können lösbar am Fahrgestell **104** befestigt sein und durch jeweilige Federn mit der Reinigungsoberfläche **10** in Kontakt gezwungen werden. Der Roboter **100** kann eine Gleitrolle **126** beinhalten, die angeordnet ist, um einen vorderen Abschnitt **112** des Roboterkörpers **104** zu stützen. Der Roboterkörper **104** stützt eine Stromquelle **103** (z. B. eine Batterie) zum Betreiben jeglicher elektrischer Komponenten des Roboters **100**.

**[0042]** Der Roboter **100** kann sich durch verschiedene Kombinationen an Bewegungen im Verhältnis zu drei lotrecht zueinander angeordneten, vom Kör-

per **104** definierten Achsen über die Oberfläche **10** bewegen: eine diagonale Achse X; eine Längsachse Y; und eine zentrale vertikale Achse Z. Eine Vorwärtsfahrtbewegung entlang der Längsachse Y ist als F gekennzeichnet (hierin nachfolgend manchmal als „vorwärts“ bezeichnet) und ein Rückwärtsfahrtrichtung entlang der Längsachse Y ist als A gekennzeichnet (hierin nachfolgend manchmal als „rückwärts“ bezeichnet). Die diagonale Achse X verläuft zwischen einer rechten Seite R und einer linken Seite L des Roboters **100** im Wesentlichen entlang einer durch die Mittelpunkte der Rollenmodule **128a**, **128b** definierten Achse.

**[0043]** In einigen Ausführungen beinhaltet der Roboter **100** ein Reinigungssystem **300** zum Reinigen oder Behandeln der Bodenoberfläche **10**. Das Reinigungssystem **300** kann ein Trockenreinigungssystem **300a** und/oder ein Nassreinigungssystem **300b** beinhalten.

**[0044]** Eine Benutzerschnittstelle **102** kann auf einem oberen Abschnitt des Körpers **104** angeordnet sein und empfängt einen oder mehrere Benutzerbefehl(e) und/oder zeigt einen Status des Roboters **100** an. Die Benutzerschnittstelle **102** steht mit der Robotersteuerung **200** in Kommunikation, sodass ein oder mehrere von der Benutzerschnittstelle **102** empfangene(r) Befehl(e) die Ausführung einer Reinigungsroutine durch den Roboter **100** initiieren kann/können.

**[0045]** Die Robotersteuerung **200** (die z. B. auf einem Rechenprozessor ausgeführt wird) kann Verhalten ausführen, die den Roboter **100** veranlassen, eine Aktion durchzuführen, wie das Manövrieren entlang einer Wand, ein Schrubben des Bodens oder ein Ändern der Bewegungsrichtung, wenn ein Hindernis erkannt wird. Die Robotersteuerung **200** kann den Roboter **100** in jeder beliebigen Richtung über die Oberfläche **10** manövrieren, indem sie die Rotationsgeschwindigkeit und Richtung jedes Rollenmoduls **128a**, **128b** unabhängig steuert. Zum Beispiel kann die Robotersteuerung **200** den Roboter **100** in den Richtungen Vorwärts F, Rückwärts A, Rechts R und Links L manövrieren. Die Robotersteuerung **200** kann den Roboter **100** über einen im Wesentlichen zufälligen (z. B. pseudo-zufälligen) Pfad leiten, während er die Reinigungsoberfläche **10** überquert. Die Robotersteuerung **200** kann auf einen oder mehrere Sensoren (z. B. Unebenheiten-, Nähe-, Wand-, Stillstands- und Klippensensoren) reagieren, die um den Roboter **100** angeordnet sind. Die Robotersteuerung **200** kann die Rollenmodule **128a**, **128b** als Reaktion auf von den Sensoren empfangene Signale umleiten, was den Roboter **100** veranlasst, während des Manövrieren über die Oberfläche **10** Hindernisse und Gerümpel zu vermeiden. Wenn der Roboter **100** während des Einsatzes stecken bleibt oder sich verfangt, kann die Robotersteuerung **200** eine Reihe

von Befreiungsverhalten für die Rollenmodule **128a**, **128b** anweisen, sodass sich der Roboter **100** befreien und seine normalen Reinigungshandlungen fortführen kann.

**[0046]** Um zuverlässige und robust autonome Bewegung zu erzielen, beinhaltet der Roboter **100** in einigen Ausführungen ein vom Roboterkörper **104** gestütztes Sensorsystem **500**, das einen oder mehrere Typen von Sensoren **505** aufweist, die verwendet werden können, um eine Wahrnehmung der Umgebung des Roboters bereitzustellen, die ausreichend ist, um es dem Roboter **100** zu ermöglichen, intelligente Entscheidungen hinsichtlich in dieser Umgebung vorzunehmenden Handlungen zu treffen. Das Sensorsystem **500** kann Hinderniserkennungs-/Hindernisvermeidungs-(ODOA)-Sensoren, Kommunikationssensoren, Navigationssensoren usw. beinhalten. Diese Sensoren können beinhalten, sind jedoch nicht beschränkt auf: Näherungssensoren, Kontaktsensoren, eine Kamera (z. B. volumetrische Punktwolkenbildgebung, dreidimensionale (3D)-Bildgebungs- oder Tiefenkartensensoren, Kamera für sichtbares Licht und/oder Infrarotkamera), Schallmessgerät, bildgebendes Schallmessgerät, Radar, LIDAR (engl. Light Detection and Ranging, Lichterkennung und Abstandsmessung, was eine optische Entfernungsmessung beinhalten kann, die Eigenschaften von gestreutem Licht misst, um den Abstand und/oder andere Informationen von einem entfernten Ziel herauszufinden), LADAR (engl. Laser Detection and Ranging, Lasererkennung und Abstandsmessung), Entfernungsschallmessungssensoren, einen Laserscanner usw.

**[0047]** Ein vorderer Abschnitt **112** des Körpers **104** trägt eine Stoßfängeranordnung **108**, die (z. B. anhand eines oder mehrerer Sensoren) ein oder mehrere Ereignis(se) in einem Fahrweg des Roboters **100** erkennt, zum Beispiel wenn die Rollenmodule **128a**, **128b** den Roboter **100** während einer Reinigungsroutine über die Reinigungsoberfläche **10** befördern. Der Roboter **100** kann auf von der Stoßfängeranordnung **108** erkannte Ereignisse (z. B. Hindernisse, Klippen, Wände) reagieren, indem die Rollenmodule **128a**, **128b** gesteuert werden, um den Roboter **100** als Reaktion auf das Ereignis (z. B. weg von einem Hindernis) zu manövrieren. Die Stoßfängeranordnung **108** stellt eine Erkennungsmöglichkeit und demnach Feedback bereit, wenn der Roboter mit der Außenumgebung in physischen Kontakt kommt. Zusätzlich schützt die Stoßfängeranordnung **108** die Elemente des Roboters **100** vor Aufprallkräften, die durch derartigen physischen Kontakt verursacht werden. Während einige Sensoren hierin als auf der Stoßfängeranordnung **108** angeordnet beschrieben sind, können diese Sensoren zusätzlich oder alternativ auf beliebigen verschiedener unterschiedlicher Positionen auf dem Roboter **100** angeordnet sein.

**[0048]** Mit Bezugnahme auf **Fig. 2A** kann die Stoßfängeranordnung **108** mehrere Schichten beinhalten, die aufeinander angeordnet sind. Die Schichten beinhalten eine innerste Schicht **110** (auch als eine innere Rahmenschicht bezeichnet), eine Erkennungsschicht **120** (auch als eine Membranschalteranordnungsschicht bezeichnet), eine kraftübertragende Schicht **185** (auch als eine Aktivierungsschicht bezeichnet), eine kraftabsorbierende Schicht **188** (auch als eine schockabsorbierende Schicht bezeichnet) und eine äußere Schicht **190** (auch als eine äußere Schutzschicht bezeichnet). Die Stoßfängeranordnung **108** kann unter Umständen nicht alle der obigen Schichten beinhalten oder alternativ können einige der Elemente der obigen Schichten in eine einzige Schicht integriert sein. Das Erkennungssystem **500** kann die Membranschalteranordnungsschicht **120** beinhalten, die Kontaktsignale an die Steuerung **200** bereitstellen kann.

**[0049]** Wie in **Fig. 2A** dargestellt, kann die innerste Schicht **110** (auch als der vordere Abschnitt des Roboterkörpers **107** bezeichnet) eine innere feste Wand **110** der Stoßfängeranordnung **108** sein, die durch ein Fahrgestell **104** eines Roboters **100** gebildet wird, auf dem die Stoßfängeranordnung **108** gekoppelt oder montiert ist, oder kann eine separate Komponente der Stoßfängeranordnung **108** sein. Die Wand **110** kann aus einem steifen Kunststoffmaterial, z. B. einem ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol), bestehen und geformt sein, um eine glatte Oberfläche bereitzustellen, gegen die die Erkennungsschicht **120** positioniert werden kann. ABS ist eine Polymerart, die biegsam wird, wenn sie eine bestimmte Temperatur erreicht. Wenn ABS abkühlt, kehrt es zu seinem festen Zustand zurück. Die Glätte der Oberfläche verringert das Potenzial einer fehlerhaften Betätigung der Erkennungsschicht **120**. Nur die Abschnitte der innersten Schicht **110**, die mit der Erkennungsschicht **120** in Kontakt kommen, stellen eine glatte Oberfläche zur Positionierung angrenzend an die Erkennungsschicht **120** bereit. Wenn das Roboterfahrgestell **104** zum Beispiel Fenster oder Öffnungen **106** in einem Bereich beinhalten, der die Stoßfängeranordnung **108** aufnimmt, können sowohl die innerste Schicht **110** und beliebige zusätzliche Schichten der Stoßfängeranordnung **108**, wie die Erkennungsschicht **120**, Öffnungen **106** beinhalten, die den Fahrgestellöffnungen **104** entsprechen, wie in **Fig. 3** dargestellt.

**[0050]** Mit erneuter Bezugnahme auf **Fig. 1** beinhaltet die Erkennungs- oder Membranschalteranordnungsschicht **120** in einigen Ausführungen drei Schichten: eine erste leitfähige Schicht **130**, eine zweite leitfähige Schicht **140** und eine dazwischenliegende Trennschicht **150**, die zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140** positioniert ist. Jede der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140** sowie die Trennschicht **150** kann aus einem fle-

xiblen Material bestehen, wie einem Polyethylenterephthalat (PET) oder Indiumzinnoxid (ITO).

**[0051]** Mit Bezugnahme auf **Fig. 4A–Fig. 4E** kann jede leitfähige Schicht **130**, **140** ein flexibles Substrat bilden, das eine Mehrzahl an elektrischen Kontakten **160a** bzw. **160b** beinhaltet. Wie in **Fig. 5A–Fig. 5C** und **Fig. 7** dargestellt, können die elektrischen Kontakte **160a**, **160b** Teil einer Schaltung **165** bilden, die auf jeder flexiblen leitfähigen Schicht **130**, **140** bereitgestellt ist. Die elektrischen Kontakte **160a**, **160b** enthaltende Schaltung **165** auf jeder leitfähigen Schicht **130**, **140** kann eine Schaltung sein, die auf das flexible Substrat **130**, **140** gedruckt ist. Jede leitfähige Schicht **130**, **140** kann zum Beispiel einen Polyesterfilm beinhalten, der mit einer leitfähigen Tinte, wie Kupfer, Silber oder Graphit, durch Siebdruck bedruckt ist. Andere Materialarten, die für gedruckte Schaltungen geeignet sind, wie sie im Stand der Technik bekannt sind, können ebenfalls verwendet werden, um die erste und zweite leitfähige Schicht **130**, **140** zu bilden.

**[0052]** In einigen Ausführungen ist die Trennschicht **150** eine Schicht aus dielektrischer Tinte. Die dielektrische Tintenschicht **150** kann direkt auf eine der leitfähigen Schichten **130**, **140** gedruckt werden, um als Isolierung zwischen den zwei leitfähigen Schichten **130**, **140** zu fungieren. Dies erzeugt basierend auf der Dicke und Anzahl an Schichten der dielektrischen Tinte, die gedruckt wurden, eine steuerbare Abstandlücke **C** zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140**. Die dielektrische Tinte als Trennschicht **150** eliminiert den Bedarf an einem isolierenden Film, um die Lücke zu erzeugen. Die Position, der Abstand, die Form und die Dicke der dielektrischen Tintenschicht können angepasst werden, um die Aktivierungskraft des Schalters in verschiedenen Regionen der Stoßfängeranordnung **108** anzupassen.

**[0053]** Wie in **Fig. 4D** und **Fig. 6A** dargestellt, können die auf der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140** gebildeten elektrischen Kontakte **160a**, **160b** einander gegenüberliegen, getrennt durch die Trennschicht **150**. Wenn ein elektrischer Kontakt **160a** auf der ersten leitfähigen Schicht **130** mit einem elektrischen Kontakt **160b** auf der zweiten leitfähigen Schicht **140** in Kontakt gebracht wird, ist der Schalter „AN“ und wenn der Kontakt unterbrochen wird, ist der Schalter „AUS“. Die Membranschalteranordnung **120** kann mit der Steuerung **200** (z. B. einem Rechenprozessor) verbunden sein und Signale an sie übertragen, um anzuzeigen, wann und wo ein Aufprall erkannt wird. Die Steuerung **200** kann konfiguriert sein, um die Größe, den Standort und die Anzahl an Aufprallen zu erkennen. Die Aufpralle können nach Zone identifiziert werden, zum Beispiel vorne, hinten, seitlich, oben usw. oder durch eine Matrix.

**[0054]** Mit erneuter Bezugnahme auf **Fig. 2A** und **Fig. 4C** sind die elektrischen Kontakte **160a** auf der ersten leitfähigen Schicht **130** in einigen Ausführungen durch eine Trennschicht **150** von den elektrischen Kontakten **160b** auf der zweiten leitfähigen Schicht **140** getrennt. Die Trennschicht **150** kann eine Mehrzahl an Öffnungen **170** definieren, durch die die elektrischen Kontakte **160a** auf der ersten leitfähigen Schicht **130** mit den elektrischen Kontakten **160b** auf der zweiten leitfähigen Schicht **140** in Kontakt gebracht werden können.

**[0055]** Die Empfindlichkeit der Erkennungs- oder Membranschalteranordnungsschicht **120** kann teilweise durch die Dichte der elektrischen Kontakte **160a**, **160b**, die auf der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140** bereitgestellt sind, gesteuert werden. Wie in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** dargestellt, kann jede leitfähige Schicht **130**, **140** die gleiche Anzahl an elektrischen Kontakten **160a**, **160b** oder eine abweichende Anzahl an elektrischen Kontakten **160a**, **160b** beinhalten. Die elektrischen Kontakte **160a**, **160b** können auf der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140** identisch gemustert sein oder können andere Muster, Größen und Formen aufweisen. Je größer die Anzahl der Möglichkeiten für die elektrischen Kontakte **160a** auf der ersten leitfähigen Schicht **130** mit den elektrischen Kontakten **160b** auf der zweiten leitfähigen Schicht **140** in Kontakt zu kommen, desto empfindlicher ist die Membranschalteranordnung **120**. Gleichermaßen steuert die Größe, Form und Position der Öffnungen **170** in der Trennschicht **150** die Anzahl an Stellen (oder Möglichkeiten), an denen Kontakt zwischen den elektrischen Kontakten **160a** auf der leitfähigen Schicht **130** und den elektrischen Kontakten **160b** auf der zweiten leitfähigen Schicht **140** hergestellt werden kann. Jede Öffnung **170** in der Trennschicht **150** stellt eine Möglichkeit für Kontakt zwischen den elektrischen Kontakten **160a** auf der ersten leitfähigen Schicht **130** und den elektrischen Kontakten **160b** auf der zweiten leitfähigen Schicht **140** bereit.

**[0056]** In einigen Ausführungen sind die erste und zweite leitfähige Schicht **130**, **140** (z. B. gedruckte Leiterplatten (PCBs)) wärmostabilisierte Polyesterfilme, die durch Siebdruck mit einer mit Silber gedruckten Schaltung bedruckt sind. Die erste und zweite leitfähige PCB-Schicht **130**, **140** sind 0,127 mm dick. Die Trennschicht **150** (mit Öffnung **170** darin) ist ein Membranschalterabstandhalter mit einer Dicke von 0,0254 mm. Jede der drei Schichten (erste und zweite leitfähige Schicht **130**, **140** und die Trennschicht **150**) definiert Ausrichtungslöcher, um sie im Verhältnis zueinander auszurichten. Die innerste leitfähige Schicht **130** kann mit der innersten Schicht **110** (z. B. einer Kunststoffwand) verklebt sein und die drei Schichten **130**, **140**, **150** der Erkennungsschicht **120** können unter Verwendung von doppelseitigem Klebeband befestigt sein. Es ist außerdem möglich, die

zwei leitfähigen Schichten (PCBs) **130**, **140** und die Trennschicht **150** als eine abgetrennte Einheit herzustellen.

**[0057]** Das Komprimieren der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140** ergibt eine elektrische Verbindung, wenn die elektrischen Kontakte **160a**, **160b** miteinander in Kontakt kommen. Die Anzahl der Kontakte, die hergestellt werden, wenn die erste und zweite leitfähige Schicht **130**, **140** komprimiert werden, kann eine Größe oder Kraft des Aufpralls auf der Stoßfängeranordnung durch die Außenumgebung repräsentieren. Das Ausmaß des Kontakts kann durch die Kontaktpunkte **160a**, **160b** oder durch Zonen **132a–n**, **142a–n** bestimmt werden. Wie in **Fig. 5A** und **Fig. 5B** dargestellt, beinhalten die erste und zweite leitfähige Schicht **130**, **140** zum Beispiel jeweils elektrische Kontakte **160a**, **160b**, die identisch positioniert und in sechs verschiedene Zonen **132a–f**, **142a–f** aufgeteilt sind. Wenn die elektrischen Kontakte **160a**, **160b** auf einer leitfähigen Schicht **130** vertikal verbunden sind (z. B. sechs Zonen **132a–f**) und horizontal (z. B. sechs Zonen **142a–f**) auf der anderen leitfähigen Schicht **140**, ist alternativ eine einfache x-y-Karte der potenziellen Zonen (z. B. 36 Zonen) möglich, bei der ein Kontakt stattfinden kann, ohne dass die Anzahl der elektrischen Kontakte **160a**, **160b** erhöht wird. Dies ermöglicht eine genauere Lokalisierung von Aufprallpunkten. Das Konzept kann außerdem derart implementiert werden, dass mehrere Zonen **132a–f**, **142a–f** gleichzeitig abgelesen werden, was es der Stoßfängeranordnung **108** ermöglicht, als Multitouch-Sensor zu fungieren, und durch die Anzahl an Zonen **132a–f**, **142a–f**, die gleichzeitig ausgelöst werden, als ein Maß der Kraft des Aufpralls. In einigen Beispielen weisen die Zonen **132a–f**, **142a–f** der Leiterschichten **130**, **140** jeweils eine Höhe von 4,57 cm (1,8 Zoll) auf. Zusätzlich können die erste Zone **132a**, **142a** und die sechste Zone **132f**, **142f** jeweils eine Breite von 8,89 cm (3,5 Zoll) aufweisen. Die zweite Zone **132b**, **142b** und die fünfte Zone **132e**, **142e** können jeweils eine Breite von 10,67 cm (4,2 Zoll) aufweisen. Zu guter Letzt können die dritte Zone **132c**, **142c** und die vierte Zone **132d**, **142d** jeweils eine Breite von 7,74 cm (3,05 Zoll) aufweisen.

**[0058]** In einigen Ausführungen besteht die Trennschicht **150** mit Verweis auf **Fig. 4D** aus druckelektrischem Material. Wenn Druck auf druckelektrisches Material ausgeübt wird, erfährt das druckelektrische Material eine Veränderung des Widerstands. Eine derartige Veränderung veranlasst Veränderungen im Atomabstand, wodurch es für das leitfähige Band leichter wird, Elektronen zu leiten. Die Bewegung von Elektronen führt zu einer Veränderung des Widerstands des druckelektrischen Materials. Piezoelektrizität wird basierend auf der folgenden Gleichung gemessen:

$$\rho_{\sigma} = \frac{\left(\frac{\delta\rho}{\rho}\right)}{\varepsilon} \quad (1)$$

wobei  $\rho_{\sigma}$  die Piezoelektrizität ist,  $\delta\rho$  die Veränderung des Widerstands ist,  $\rho$  der ursprüngliche Widerstand ist, und  $\varepsilon$  die Belastung ist. Die zwei leitfähigen Schichten **130**, **140** umgeben das druckelektrische Material, das die Trennschicht **150** bildet. In einigen Beispielen wird eine äußere schock- oder kraftabsorbierende Schicht **188** aus Gummi oder Neopren verwendet, um die Kraft zu verteilen und einen konzentrierten Aufprall zu mindern. Druckempfindliche Materialien, die verwendet werden können, beinhalten, sind jedoch nicht beschränkt auf Velostat von 3M und Linqstat von Caplinq. Das druckempfindliche Material als Trennschicht **150** hilft dabei, den auf eine spezifische Zone der Stoßfängeranordnung **108** ausgeübten Druck zu bestimmen; erfordert weniger mechanische Bewegung, ist kalibrierbar und kann weniger anfällig für mechanische Ermüdung sein.

**[0059]** Angrenzend an die und außerhalb der Membranschalteranordnungsschicht **120** ist eine Kraftübertragungs- oder Aktivierungsschicht **180**. Die kraftübertragende Schicht **180** kann aus einem Urethanschaummaterial hergestellt sein, das entwickelt wurde, um permanentem Druckverformungsrest zu widerstehen. Ein Beispiel eines geeigneten Materials ist Poron® Urethanschaum. Die kraftübertragende Schicht **180** kann eine Dicke aufweisen, die zwischen ungefähr 7,94 mm und ungefähr 4,76 mm variiert, und kann eine Dicke von ungefähr 0,5 mm aufweisen. Wie in **Fig. 2A**, **Fig. 3**, **Fig. 5** und **Fig. 7** dargestellt, beinhaltet die kraftübertragende Schicht **180** eine Mehrzahl an kraftübertragenden Elementen **185**. Die kraftübertragenden Elemente **185** sind kleine Ausbuchtungen, die sich von einer Oberfläche **182** der kraftübertragenden Schicht **180** aus erstrecken und angrenzend an die Membranschalteranordnungsschicht **120** positioniert sind. Die Größe und Form der kraftübertragenden Elemente **185** kann nach Bedarf variieren, um eine auf die Stoßfängeranordnung **108** ausgeübte Kraft anhand von kraftübertragenden Elementen **185** durch die kraftübertragende Schicht **180** an die Membranschalteranordnungsschicht **120** zu übertragen. Zusätzlich kann die Steifheit des Schaums, der die kraftübertragende(n) Schicht **180** und Elemente **185** bildet, erhöht oder verringert werden, um die Empfindlichkeit der Membranschalteranordnungsschicht **120** weiter zu variieren. Derartige Variationen in der Steifheit des Schaums und den Abmessungen der kraftübertragenden Elemente **185** können verwendet werden, um das Ausmaß an Kraft zu kalibrieren, das erforderlich ist, um die Membranschalteranordnungsschicht **120** zu betätigen. Zum Beispiel kann die Membranschalteranordnungsschicht **120** durch eine Kraft zwischen ungefähr 227 g (0,5 Pfund) und ungefähr 68,5 g (0,151 Pfund) betätigt werden. Eine geringe Kraft von etwa 113,4 g (0,25 Pfund) ist ausreichend, um einen

Aufprall mit der Außenumgebung anzuzeigen, stoppt den Roboter **100** jedoch nicht beim ersten Kontakt, wie zum Beispiel bei einer Bettschürze, die Kraftempfindlichkeit kann jedoch basierend auf den Fähigkeiten der Membranschalterschicht **120** höher oder niedriger eingestellt werden.

**[0060]** Die Anzahl an kraftübertragenden Elementen **185** kann die gleiche sein wie die Anzahl an potenziellen elektrischen Kontaktpunkten **160a**, **160b** zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140**. Die kraftübertragenden Elemente sind in ihrer Größe anpassbar und positionierbar, um mit jedem elektrischen Kontakt **160a**, **160b** auf der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140** der Membranschalteranordnungsschicht **120** ausgerichtet zu werden. Zum Beispiel können die kraftübertragenden Elemente **185** rund sein und einen Durchmesser aufweisen, der einem Durchmesser der elektrischen Kontakte **160a**, **160b** entspricht. Zum Beispiel können die kraftübertragenden Elemente **185** einen Durchmesser von 8 mm und eine Höhe von 1,25 mm aufweisen. Demnach dienen die kraftübertragenden Elemente **185** dazu, einen Teil der Aufprallenergie zu Kontaktpunkten der Membranschalteranordnungsschicht **120** zu leiten. Wenn derartige Energie an die Membranschalteranordnungsschicht **120** übertragen wird und ausreichend ist, um wenigstens einen elektrischen Kontakt **160a** einer ersten leitfähigen Schicht **130** mit wenigstens einem elektrischen Kontakt **160b** der zweiten leitfähigen Schicht **140** in Kontakt zu bringen, ist der Membranschalter für die Dauer des Kontakts „AN“.

**[0061]** Gleichermaßen können die kraftübertragende Schicht **180**, die schock- oder kraftabsorbierende Schicht **188** aus einem Urethanschaummaterial hergestellt sein, das entwickelt ist, um permanentem Druckverformungsrest zu widerstehen. Ein Beispiel eines geeigneten Materials ist Paron® Urethanschaum. Zusätzliche beispielhafte Materialien beinhalten EVA-Schaum (Kernmaterial), ein Polyurethanelastomer. Die schockabsorbierende Schicht **188** kann eine Dicke aufweisen, die geeignet ist, um einen erheblichen Teil der Kraft von einem Aufprall des Stoßfängers **108** mit der Außenumgebung zu absorbieren, um das Fahrgestell **104** des Roboters **100** zu schützen. Insbesondere sollte der Stoßfänger **108** den ganzen Aufprall der Kollision absorbieren, um den Roboter **100** von Aufprallkräften zu schützen, wenn sich der Roboter **100** mit einer Höchstgeschwindigkeit von 30,5 cm (1 Fuß)/Sekunde bewegt und sollte die Geräusche eines derartigen Aufpralls verringern und/oder eliminieren. In einigen Beispielen kann die schock- oder kraftabsorbierende Schicht **188** in die kraftübertragende Schicht **180** integriert sein.

**[0062]** In einigen Ausführungen ist die Außenseite der Stoßfängeranordnung **108** mit einer äußeren



Schutzschicht oder Beschichtung **190** ausgestattet. Die äußere Schutzschicht **190** kann eine abriebfeste Haut bilden, die dazu dient, die Stoßfängeranordnung **108** vor Abnutzung, Schnitten und Löchern zu schützen. Jedes beliebige geeignete Elastomermaterial, zum Beispiel ein verstärktes Vinylmaterial, kann verwendet werden. Die äußere Schutzschicht **190** kann eine Dicke von zum Beispiel ungefähr 1 mm aufweisen. Die äußere Schutzschicht **190** kann einteilig mit der schock- oder kraftabsorbierenden Schicht **188** gebildet sein. In derartigen Ausführungen kann die schock- oder kraftabsorbierende Schicht **188** aus einem Polyurethanschaum hergestellt und mit einer Polyurethanhaut bedeckt sein. Ein Beispiel eines geeigneten Materials ist ein von Vibram® hergestelltes und verwendetes Polyurethan.

**[0063]** Mit Bezugnahme auf **Fig. 2A** und **Fig. 6B** beinhaltet die erste leitfähige Schicht **130** der Erkennungsschicht **120** in einigen Ausführungen Reihen an Kontakten **160**, die auf einer glatten Oberfläche **110** sitzen (d. h. dem vorderen Abschnitt des Roboterkörpers **107**). Die erste leitfähige Schicht **130** liegt auf einer Trennschicht **150**. Die Trennschicht **150** beinhaltet Öffnungen **170**. Wie vorab beschrieben, können die Öffnungen **170** im Durchmesser angepasst sein, um die Empfindlichkeit der Membranschalteranordnungsschicht **120** anzupassen und demnach die Empfindlichkeit der Stoßfängeranordnung **108** anzupassen. Die zweite leitfähige Schicht **140** kann eine Schaltermatrix beinhalten, die den Schalter schließt, wenn sie mit der ersten leitfähigen Schicht **130** in Kontakt kommt. Angrenzend an die zweite leitfähige Schicht **140** befindet sich eine Kraftübertragungs- oder Aktivierungsschicht **180**. Die Kraftübertragungs- oder Aktivierungsschicht **180** kann zwei Schichten beinhalten, die durch Aufsatzschnitt und Stanzen an der ersten leitfähigen Schicht **130** befestigt sind. Die erste Schicht beinhaltet kraftübertragende Elemente **185**. Die zweite Schicht beinhaltet eine Oberfläche **182**. In einigen Beispielen wird die Höhe der übertragenden Elemente **185** manipuliert, um die Empfindlichkeit der Stoßfängeranordnung **108** anzupassen. Die übertragenden Elemente **185** können durch Aufsatzschnittverfahren hergestellt sein. Das Aufsatzschnittverfahren ist ein Prozess, bei dem die Elementrückseite nicht geschnitten wird und der einzige Schnitt um das Element erfolgt, wodurch eine Ausbuchtung erzeugt wird (z. B. die übertragenden Elemente **185**). Die Oberfläche **182** kann gestanzt sein. Beim Stanzen wird die Form des Elements geschnitten. Sowohl Stanzen als auch Aufsatzschnitt verwenden eine Prägeplatte, um die Form der Elemente zu schneiden. Die Prägeplatte ist üblicherweise an die spezifischen Anforderungen des Elements angepasst. Die Oberfläche **182** ist mit der zweiten leitfähigen Schicht **140** und um die übertragenden Element **185** verbunden. Die Oberfläche **182** stellt einen Abstandhalter zwischen den übertragenden Elementen **185** und den elektrischen Kontakten **160** bereit. Die

Oberfläche **182** und die übertragenden Elemente **185** können aus einem steiferen Material hergestellt sein als der Schaum, der in der schockabsorbierenden Schicht **188** verwendet wird, das sich verformt, wenn ein Aufprall auf die Stoßfängeranordnung **108** stattfindet. Die schockabsorbierende Schicht **188** stellt die Form des Stoßfängers **108** bereit und wird komprimiert, wenn ein Aufprall auf den Stoßfänger stattfindet. Die Kompression wird durch den Schaum auf die schockabsorbierende Schicht **188** übertragen und bewegt die übertragenden Elemente **185**, was wiederum den Schalter in der ersten leitfähigen Schicht **130** schließt. In einigen Beispielen wird die externe Schicht **190** als eine äußere Schutzschicht verwendet und stellt eine Haut bereit, die ohne Rücksichtnahme auf die Beschaffenheit des in der schockabsorbierenden Schicht **188** verwendeten Schaums in ihrer Beschaffenheit angepasst werden kann. Die externe Schicht **190** verlängert die Lebensdauer der Stoßfängeranordnung **190** aufgrund des Schutzes, den sie für die Membranschalteranordnung **120** bereitstellt.

**[0064]** Wie in **Fig. 3** und **Fig. 8A–Fig. 8D** dargestellt, kann die Stoßfängeranordnung **108** verwendet werden, um einen Stoßfänger **108b**, **108c**, der nur einen Teil des Roboterfahrgestells **104b**, **104c** bedeckt, oder einen Stoßfänger **108a**, **108d**, der das Roboterfahrgestell **104a**, **104d** umgibt, zu bilden. Die Stoßfängeranordnung **108** ist ausreichend flexibel, um sich an einen runden Umriss (**Fig. 8A**, **Fig. 8B**) des Roboterfahrgestells **104a**, **104b** anzupassen, oder kann eine quadratische Form (**Fig. 8C**, **Fig. 8D**) annehmen, um sich an ein Roboterfahrgestell **104c**, **104d** anzupassen. Gleichermaßen ermöglicht die Flexibilität der Stoßfängeranordnung **108**, dass sich die Membranschalteranordnung **120** über eine Seite des Fahrgestells **104** hinaus und auf eine obere Kante **109** (**Fig. 1A**) des Roboterfahrgestells **104** erstreckt. Das Bereitstellen einer Membranschalteranordnungsschicht **120** entlang der oberen Kante des Roboterfahrgestells **104** ermöglicht das Erkennen von Kräften, die nach unten auf das Fahrgestell des Roboters drücken oder es einklemmen. Dies ist besonders nützlich, wenn sich der Roboter **100** in einer Umgebung befindet, in der er sich unter tiefhängenden Objekten bewegen kann. Es kann wünschenswert sein, dass eine oben auf einem Roboterfahrgestell **104** positionierte Membranschalteranordnungsschicht **120** weniger empfindlich ist als eine Membranschalteranordnungsschicht **120**, die auf einer Kante des Roboterfahrgestells **104** positioniert ist. Wie oben beschrieben, kann die Empfindlichkeit von Abschnitten der Membranschalteranordnungsschicht **120** variiert werden, indem die Größe, Abstände und Position der elektrischen Kontakte **160a**, **160b**, die Größe, Form und Abstände der Öffnungen **170** in der Trennschicht **150** und die Steifheit des Schaums der kraftübertragenden Schicht **180** sowie die Größe und Form der kraftübertragenden Elemente **185** angepasst werden.

[0065] Die Stoßfängeranordnung **108** kann ungefähr ein Drittel des von vorherigen Stoßfängern erforderten physischen Volumens einnehmen. Sie weist keine beweglichen Teile auf, wodurch mechanische Montagekomplexität, sichtbare Nähte und Quetschstellen eliminiert werden. Die Stoßfängeranordnung **108**, wie sie beschrieben wurde, bietet eine praktisch unbegrenzte Anzahl an Erkennungszonen für eine erheblich verbesserte Lokalisierung von Aufprallpunkten und ermöglicht eine Annäherung der Kraft eines Aufpralls durch Zählen der Anzahl an erkannten Kontaktpunkten. Zu guter Letzt ist die Stoßfängeranordnung **108** als vollständig umgebender Stoßfänger nützlich und kann Aufprälle von vorne, von den Seiten und von hinten und außerdem einklemmende Kräfte von oben erkennen.

[0066] Mit Bezugnahme auf Fig. 9A–Fig. 9C kann in einigen Ausführungen die Erkennungs- oder Membranschalteranordnungsschicht **120** auf einen Zylinder **400** aufgebracht werden. Der Zylinder **400** kann in einem Roboter ausgeführt sein, um eine Unebenheit oder einen auf den Abschnitt des Roboters mit der Membranschalteranordnungsschicht **120** ausgeübten Druck zu erkennen. In einigen Beispielen kann ein Roboter **100** einen Roboterarm **600** zum Manipulieren und Bewegen von Objekten beinhalten. Der Roboterarm **600** kann den von der Membranschalteranordnungsschicht **120** umgebenen Zylinder **400** beinhalten. Wie vorab beschrieben, kann die Erkennungs- oder Membranschalteranordnungsschicht **120** eine erste leitfähige Schicht **130**, eine zweite leitfähige Schicht **140** und eine dazwischenliegende Trennschicht **150** beinhalten. Die erste leitfähige Schicht **130** verläuft horizontal und beinhaltet eine leitfähige Zone **132a–f** (z. B. einen Streifen leitfähiges Band), die zweite leitfähige Schicht **140** verläuft vertikal und bildet ein Gittermuster mit der ersten leitfähigen Schicht **130**. In einigen Beispielen liegen die erste und zweite Schicht **130**, **140** lotrecht zueinander. Zusätzlich verläuft eine Trennschicht **150** entlang der Länge der horizontalen ersten leitfähigen Schicht **130**. Die Trennschicht **150** kann eine einzige Platte sein, die zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht **130**, **140** positioniert ist.

[0067] In einigen Ausführungen steht die erste leitfähige Schicht **130** mit der Robotersteuerung **200** in Kommunikation, die einen Analog-Digital-Wandler (ADC) **210** beinhalten kann. Ein ADC **210** ist eine Vorrichtung zum Umwandeln einer kontinuierlichen physischen Menge in eine digitale Zahl. Die kontinuierliche physische Menge kann eine elektrische Spannung sein und die digitale Zahl repräsentiert die Höhe der physischen Menge. Die Robotersteuerung **200** kann eine einzelne Zone **132a–f** auf der ersten leitfähigen Schicht **130** aktivieren (z. B. in dieser Zone **132a–f** erzeugte Signale zulassen/annehmen), ohne die anderen Zonen **132a–f** dieser Schicht **130** zu aktivieren. Zusätzlich kann die vertikale zweite leitfähige

Schicht **140** außerdem mit der Robotersteuerung **200** verbunden sein. Wenn die Robotersteuerung **200** eine horizontale Zone **132a–f** der ersten leitfähigen Schicht **130** aktiviert, liest der ADC **210** Daten für jede der vertikalen Zonen **142a–f** ab, die die aktivierte horizontale Zone **132a–f** schneiden. Die gesammelten ADC-Daten zeigen den auf einen spezifischen Punkt auf der durch die erste und zweite leitfähige Schicht **130**, **140** gebildeten Zonenmatrix ausgeübten Druck.

[0068] Mit Bezugnahme auf Fig. 9D kann die Erkennungs- oder Membranschalteranordnungsschicht **120** in einigen Ausführungen mehrere Anwendungen haben, wie als Roboterarme **600** oder als eine Haut **620** für eine Hand- oder Fingerprothese. In einigen Beispielen kann die Erkennungs- oder Membranschalteranordnungsschicht **120** auf einer Basis **602** angeordnet sein, um eine Lastverteilung über die Basis **602** zu erkennen.

[0069] Mit Bezugnahme auf Fig. 10 beinhaltet der Roboter **100** in einigen Ausführungen eine Stoßfängeranordnung **108**, die einen Stoßfängerkörper **107** aufweist, der einen oder mehrere diskret platzierte(n) Hindernissensor(en) **120a**, **120c** und einen oder mehrere diskret platzierte(n) Einklemmsensor(en) **120b**, **120d** trägt. Die Sensoren **120a–d** können jeder beliebige Schalter zum Anzeigen eines Kontaktes sein, wie, jedoch nicht beschränkt auf, jede beliebige der oben beschriebenen Ausführungen der Membranschalteranordnungsschicht **120**, ein Kondensator/dielektrischer Schalter mit einer komprimierbaren dielektrischen Schicht zwischen zwei Kondensatorschichten oder ein beliebiger binärer Schalter. In dem in Fig. 10 dargestellten Beispiel sind die Sensoren **120a**, **120b** Arrays desselben Typs in den Unebenheiten- und Einklemmpositionen, wobei sich die Unebenheitenposition auf einem Wandabschnitt **110** der Stoßfängeranordnung **108** in der Vorwärtsfahrtrichtung F befindet und sich die Einklemmposition auf einer oberen Oberfläche **109** oder einem „oberen Rampenabschnitt **109**“ des Stoßfängerkörpers **107**, der, wie dargestellt, gewinkelt sein kann, befindet. Hier beinhaltet die Beschreibung „gewinkelt“ gekrümmte Oberflächenkonturen. In einigen Beispielen können die Hindernissensorenarrays **120a**, **120b** und die optionalen Einklemmsensorenarrays **120c**, **120d** vorgeformt sein, um den Umrissen des Wandabschnitts **110** und des oberen Rampenabschnitts **109** des Stoßfängerkörpers **107** zu entsprechen. Ferner können die vorgeformten Sensorarrays **120a–d** vom hierin beschriebenen druckelektrischen Membranschalteranordnungstyp sein.

[0070] Ein erstes Array an Sensoren **120a** kann entlang des Umrisses des Wandabschnitts **110** des Stoßfängerkörpers **107** oder der nach vorne in die Fahrtrichtung F gerichteten Stoßfängeranordnung **108** angeordnet sein. Die Bezeichnung „Array“ be-

deutet zunächst verschiedene Erkennungspositionen entlang des Umrisses. Optional verläuft das Array **120a** auch vertikal für die verschiedenen Erkennungspositionen entlang der Höhe des Wandabschnitts **110** des Stoßfängerkörpers **107**. Dies kann erzielt werden durch Bereitstellen eines kontinuierlichen Sensorarrays **120a** oder zwei oder mehr eigenständiger Sensorarrays **120a**, **120b**, die an separaten Höhen entlang des Umrisses des Stoßfängers **108** (d. h. entlang des Stoßfängerumfangsprofils) positioniert sind. In dieser späteren Ausführung werden die zwei eigenständigen Sensorarrays **120a**, **120c** durch ein berührungsloses ODOA-Sensorarray **505** getrennt. Das Trennen der eigenständigen Stoßfängersensorarrays **120a**, **120c** lässt einen nicht belegten Bereich des Wandabschnitts **110** des Stoßfängerkörpers **107** frei, um einen oder mehrere zusätzliche Sensoren darauf und/oder darin zu positionieren, ohne das Sichtfeld davon zu versperren. In Ausführungen, die zwei oder mehr Stoßfängersensorarrays **120a**, **120c** aufweisen, die eigenständig entlang der Höhe des Wandabschnitts **110** positioniert sind, ermöglicht es die Platzierung dieser Sensoren **120a**, **120c** an eigenständigen Positionen entlang der Höhe des Wandabschnitts **110** dem Roboter **100**, Kontakt an mehreren Positionen entlang des Roboters **100** zu erkennen, die an typisch anzutreffende Objekte anstoßen (z. B. Wände, Stuhlbeine, Zehen usw.).

**[0071]** In einigen Ausführungen ist ein zweites Array an Sensoren **120b** entlang des oberen Rampenabschnitts **109** des vorderen Umrisses des Stoßfängerkörpers **107** angeordnet, dem Abschnitt des Stoßfängerkörpers **107**, der zurück in eine Richtung weg von der Vorwärtsfahrtrichtung **F** gewinkelt ist. Die Bezeichnung „Array“ bedeutet zunächst verschiedene Erkennungspositionen entlang des Umrisses (d. h. entlang des äußeren Stoßfängerprofilrands). Optional verläuft das Array **120b** außerdem vertikal für verschiedene Erkennungspositionen entlang der Höhe des Rampenabschnitts **109** des Stoßfängerkörpers **107**. Dies kann erzielt werden durch Bereitstellen eines kontinuierlichen Sensorarrays **120b** oder zwei oder mehr diskreter Sensorarrays **120b**, **120d**, die an eigenständigen Höhen entlang des Umrisses des Stoßfängerkörpers **107** (d. h. entlang des äußeren Stoßfängeranordnungsprofils **108**) positioniert sind.

**[0072]** Die zwei oder mehr eigenständigen Stoßfängersensorarrays **120a**, **120c** und zwei oder mehr eigenständige Einklemmsensorarrays **120b**, **120d** ermöglichen es dem Roboter **100**, die Höhe des Aufpralls zu erkennen. Der Roboter **100** kann die Unebenheiten- und Einklemmsensorarrays **120a**, **120b** und optionale Unebenheiten- und Einklemmsensorarrays **120c**, **120d** verwenden, um die zeitliche Abstimmung der von verschiedenen Arraypositionen entlang des Wandabschnitts **110** und des oberen Rampenabschnitts **109** ausgegebenen Signale zu vergleichen, um zu bestimmen, ob sich das durch den

Roboter **100** berührte Hindernis bewegt (z. B. Anstoßen eines sich bewegenden Schuhs vs. eines stationären Stuhlbeins).

**[0073]** Wie oben beschrieben, können die Hindernissensorarrays **120a**, **120c** und optionalen Einklemmsensorarrays **120b**, **120d** auf einen Erkennungsgrenzwert angepasst werden, um verschiedene Hindernisse zu erkennen, wie weiche Hindernisse, sich bewegende Hindernisse, Wände und Möbel vs. Wände, wobei diese Auflistung nicht abschließend ist. Der Roboter **100** kann die Hindernissensorarrays **120a**, **120b** und die optionalen Einklemmsensorarrays **120c**, **120d** verwenden, um kontinuierlichen oder getrennt variablen Druck zu vergleichen, um die Eigenschaft des angestoßenen Materials zu bestimmen (z. B. Vorhänge).

**[0074]** In einigen Beispielen verwendet der Roboter **100** die Einklemmsensorarrays **120b**, **120d** entlang des oberen Rampenabschnitts **109** des vorderen Umrisses des Stoßfängerkörpers **107**, um kontinuierlichen oder getrennt variablen Druck zu vergleichen, um die Eigenschaften überstehender Oberfläche zu bestimmen. Zum Beispiel kann der Roboter **100** ein erhöhtes Einklemmrisko erkennen, weil sich die vertikale Position der Sensorarrays **120b**, **120d**, die Kontakt erkennen, über die Oberseite **109** des Roboters nach unten erstreckt, oder ein abnehmendes Einklemmrisko, weil sich die vertikale Position der Sensorarrays **120b**, **120d**, die einen Kontakt erkennen, nach oben erstreckt. Zusätzlich oder alternativ kann der Roboter **100** ein erhöhtes Einklemmrisko erkennen, weil der Oberflächenbereich des einklemmenden Überhangs, der die Einklemmsensorarrays **120b**, **120d** berührt, breit und/oder weich ist, oder der Roboter **100** kann ein geringes Einklemmrisko erkennen, weil der Oberflächenbereich des einklemmenden Überhangs, der die Einklemmsensorarrays **120b**, **120d** berührt, schmal und/oder hart ist.

**[0075]** Verschiedene Ausführungen der hierin beschriebenen Systeme und Techniken können in digitalen elektronischen und/oder optischen Schaltungen, integrierten Schaltungen, spezifisch entwickelten ASICs (anwendungsspezifischen integrierten Schaltungen), Computerhardware, Firmware, Software und/oder Kombinationen davon umgesetzt werden. Diese verschiedenen Ausführungen können Ausführungen in einem oder mehreren Computerprogramm(en) beinhalten, die auf einem programmierbaren System, einschließlich wenigstens eines programmierbaren Prozessors, der einen speziellen oder allgemeinen Zweck erfüllt, ausführbar und/oder interpretierbar sind, gekoppelt mit einem Speichersystem, um Daten und Anweisungen von diesem zu empfangen und Daten und Anweisungen an dieses zu übertragen, wenigstens einem Eingabegerät und wenigstens einem Ausgabegerät.

**[0076]** Um Interaktionen mit einem Benutzer zu ermöglichen, kann/können ein oder mehrere Aspekt(e) der Offenbarung auf einem Computer implementiert sein, der ein Anzeigegerät, z. B. einen CRT-(Kathodenstrahlröhre), LCD-(Flüssigkristallanzeige)-Bildschirm oder Touchscreen, zum Anzeigen von Informationen an den Benutzer und optional eine Tastatur und ein Zeigegerät, z. B. eine Maus oder einen Trackball, über das der Benutzer Eingaben an den Computer bereitstellen kann, aufweist. Andere Arten von Geräten können ebenfalls verwendet werden, um Interaktionen mit einem Benutzer bereitzustellen; zum Beispiel kann an den Benutzer bereitgestelltes Feedback jede beliebige Form von Sensorfeedback haben, z. B. sichtbares Feedback, hörbares Feedback oder fühlbares Feedback; und eine Eingabe vom Benutzer kann in jeder beliebigen Form empfangen werden, einschließlich akustischer, gesprochener oder fühlbarer Eingabe. Zusätzlich kann ein Computer durch Senden und Empfangen von Dokumenten an ein und von einem Gerät, das vom Benutzer verwendet wird, mit einem Benutzer interagieren; zum Beispiel durch Senden von Webseiten an einen Webbrowser auf einem Clientgerät eines Benutzers als Reaktion auf vom Webbrowser empfangene Anfragen.

**[0077]** Während diese Beschreibung viele spezifische Einzelheiten enthält, sind diese nicht als Einschränkungen des Umfangs der Offenbarung oder des beanspruchbaren Inhalts auszulegen, sondern vielmehr als Beschreibungen von Merkmalen, die bestimmten Ausführungen der Offenbarung eigen sind. Bestimmte in dieser Beschreibung im Zusammenhang mit separaten Ausführungen beschriebene Merkmale können außerdem in Kombination in einer einzigen Ausführung implementiert sein. Im Gegensatz dazu können verschiedene Merkmale, die im Zusammenhang einer einzigen Ausführung beschrieben sind, auch in mehreren Ausführungen separat oder in einer beliebigen geeigneten Unterkombination implementiert sein. Wenngleich Merkmale oben als in bestimmten Kombinationen agierend beschrieben und zunächst sogar als solches beansprucht sein können, kann/können ein oder mehrere Merkmal(e) einer beanspruchten Kombination in einigen Fällen aus der Kombination eliminiert werden und die beanspruchte Kombination kann an eine Unterkombination oder eine Variation einer Unterkombination verwiesen werden.

**[0078]** Es wurden mehrere Ausführungen beschrieben. Dennoch versteht es sich, dass verschiedene Modifikationen vorgenommen werden können, ohne vom Geist und Umfang der Offenbarung abzuweichen. Dementsprechend fallen auch andere Ausführungen in den Umfang der nachfolgenden Ansprüche. Zum Beispiel können die in den Ansprüchen aufgeführten Handlungen in einer anderen Reihenfolge

ausgeführt werden und trotzdem gewünschte Ergebnisse erzielen.

### Patentansprüche

1. Roboterstoßfängeranordnung (**108**), die Folgendes umfasst:  
 einen Stoßfängerkörper (**107**);  
 ein erstes Sensorarray (**120a**), das entlang des äußeren Rands eines vorderen Abschnitts (**110**) des Stoßfängerkörpers (**107**) angeordnet und an dessen Form angepasst ist, wobei das erste Sensorarray (**120a**) Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des Umrisses des äußeren Rands des vorderen Abschnitts (**110**) der Stoßfängerkörpers (**107**) erkennt; und  
 ein zweites Sensorarray (**120b**), das entlang des äußeren Rands eines oberen Abschnitts (**109**) des vorderen Abschnitts (**110**) des Stoßfängerkörpers (**107**) angeordnet und an dessen Form angepasst ist, wobei der obere Abschnitt (**109**) rampenförmig nach oben gewinkelt ist und das zweite Sensorarray (**120b**, **120d**) Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des äußeren Rands des gewinkelten oberen Abschnitts (**109**) des Stoßfängerkörpers (**107**) erkennt.

2. Roboterstoßfängeranordnung (**108**) nach Anspruch 1, wobei das erste Sensorarray (**120a**) vertikal entlang einer Höhe des vorderen Abschnitts (**110**) des Stoßfängerkörpers (**107**) verläuft.

3. Roboterstoßfängeranordnung (**108**) nach Anspruch 1 oder 2, die ferner ein drittes Sensorarray (**120c**) umfasst, das entlang des äußeren Rands eines vorderen Abschnitts (**110**) des Stoßfängerkörpers (**107**) angeordnet und an dessen Form angepasst ist, wobei das dritte Sensorarray (**120c**) Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des Umrisses des äußeren Rands des vorderen Abschnitts (**110**) des Stoßfängerkörpers (**107**) erkennt und vertikal in Abständen vom ersten Sensorarray (**120c**) entlang des vorderen Abschnitts (**110**) des Stoßfängerkörpers (**107**) angeordnet ist.

4. Roboterstoßfängeranordnung (**108**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das erste und zweite Sensorarray (**120a**, **120b**, **120c**, **120d**) druckempfindlich sind.

5. Roboterstoßfängeranordnung (**108**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das zweite Sensorarray (**120b**) vertikal entlang einer Höhe des gewinkelten oberen Abschnitts (**109**) des Stoßfängerkörpers (**107**) verläuft.

6. Roboterstoßfängeranordnung (**108**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der gewinkelte obere Abschnitt (**109**) gekrümmt ist.

7. Roboterstoßfängeranordnung (**108**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, die ferner ein viertes Sensorarray (**120d**) umfasst, das angrenzend an das zweite Sensorarray (**120b**) entlang des äußeren Rands des gewinkelten oberen Abschnitts (**109**) des vorderen Abschnitts (**110**) des Stoßfängerkörpers (**107**) angeordnet ist, wobei die Form des vierten Sensorarrays (**120d**) an die Oberfläche des gewinkelten oberen Abschnitts (**109**) angepasst ist und Kontakt mit einer Außenumgebung an Positionen entlang des äußeren Rands des gewinkelten oberen Abschnitts (**109**) des Stoßfängerkörpers (**107**) erkennt.

8. Roboterstoßfängeranordnung (**108**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Stoßfängerkörper (**107**) einen im Wesentlichen kreisförmigen äußeren Rand oder einen wenigstens teilweise quadratischen äußeren Rand definiert.

9. Roboterstoßfängeranordnung (**108**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, die ferner ein berührungsloses Sensorarray (**505**) umfasst, das auf dem vorderen Abschnitt (**110**) des Stoßfängerkörpers (**107**) und vertikal in einem Abstand zwischen dem ersten Sensorarray (**120a**) und dem zweiten Sensorarray (**120b**) angeordnet ist.

10. Roboter nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das erste und zweite Sensorarray (**120a**, **120b**) Membranschalter sind, die durch eine Trennschicht (**150**) getrennte erste und zweite leitfähige Schichten (**130**, **140**) umfassen.

11. Roboterstoßfänger (**108**), der Folgendes umfasst:  
eine kraftabsorbierende Schicht (**188**);  
eine Membranschalterschicht (**120**), die eine Mehrzahl an elektrischen Kontakten (**160**) umfasst; und  
eine kraftübertragende Schicht (**185**), die zwischen der kraftabsorbierenden Schicht (**188**) und der Membranschalterschicht (**120**) angeordnet ist, wobei die kraftübertragende Schicht (**185**) eine Mehrzahl an kraftübertragenden Elementen (**185**) umfasst, die konfiguriert sind, um Kraft an die Membranschalterschicht (**120**) zu übertragen.

12. Roboterstoßfänger (**108**) nach Anspruch 11, wobei die Membranschalterschicht (**120**) eine erste Platte (**130**), die eine Mehrzahl an elektrischen Kontaktpunkten (**160a**) aufweist, und eine zweite Platte (**140**), die eine Mehrzahl an elektrischen Kontaktpunkten (**160b**) aufweist, umfasst.

13. Roboterstoßfänger (**108**) nach Anspruch 12, wobei die Membranschalterschicht (**120**) ferner eine Trennschicht (**150**) umfasst, die zwischen der ersten und zweiten Platte (**130**, **140**) positioniert und konfiguriert ist, um versehentlichen oder zufälligen Kontakt zwischen der Mehrzahl an elektrischen Kontakt-

punkten (**160a**, **160b**) auf der ersten und zweiten Platte (**130**, **140**) zu verhindern.

14. Roboterstoßfänger (**108**) nach Anspruch 13, wobei die Trennschicht (**150**) ein druckelektrisches Material umfasst.

15. Roboterstoßfänger (**108**) nach Anspruch 12, wobei die elektrischen Kontaktpunkte (**160a**) auf der ersten Platte (**130**) ein erstes Muster bilden und die elektrischen Kontaktpunkte (**160b**) auf der zweiten Platte (**140**) ein zweites Muster bilden.

16. Roboterstoßfänger (**108**) nach Anspruch 15, wobei das erste Muster und das zweite Muster identisch sind.

17. Roboterstoßfänger (**108**) nach einem der Ansprüche 12–16, wobei die Mehrzahl an elektrischen Kontaktpunkten (**160a**, **160b**) auf jeder Platte (**130**, **140**) eine Mehrzahl an Zonen (**132**, **142**) bildet, wobei jede Zone (**132**, **142**) einem Aufprallpunkt auf einer Außenoberfläche des Stoßfängers (**108**) entspricht.

18. Roboterstoßfänger (**108**) nach Anspruch 17, wobei jeder elektrische Kontaktpunkt (**160a**, **160b**) eine einzelne Zone bildet (**132**, **142**).

19. Roboterstoßfänger (**108**) nach einem der Ansprüche 11–18, wobei sich die Schichten (**102**, **185**, **188**) an eine Form eines Roboterfahrgestells (**104**) anpassen.

Es folgen 22 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

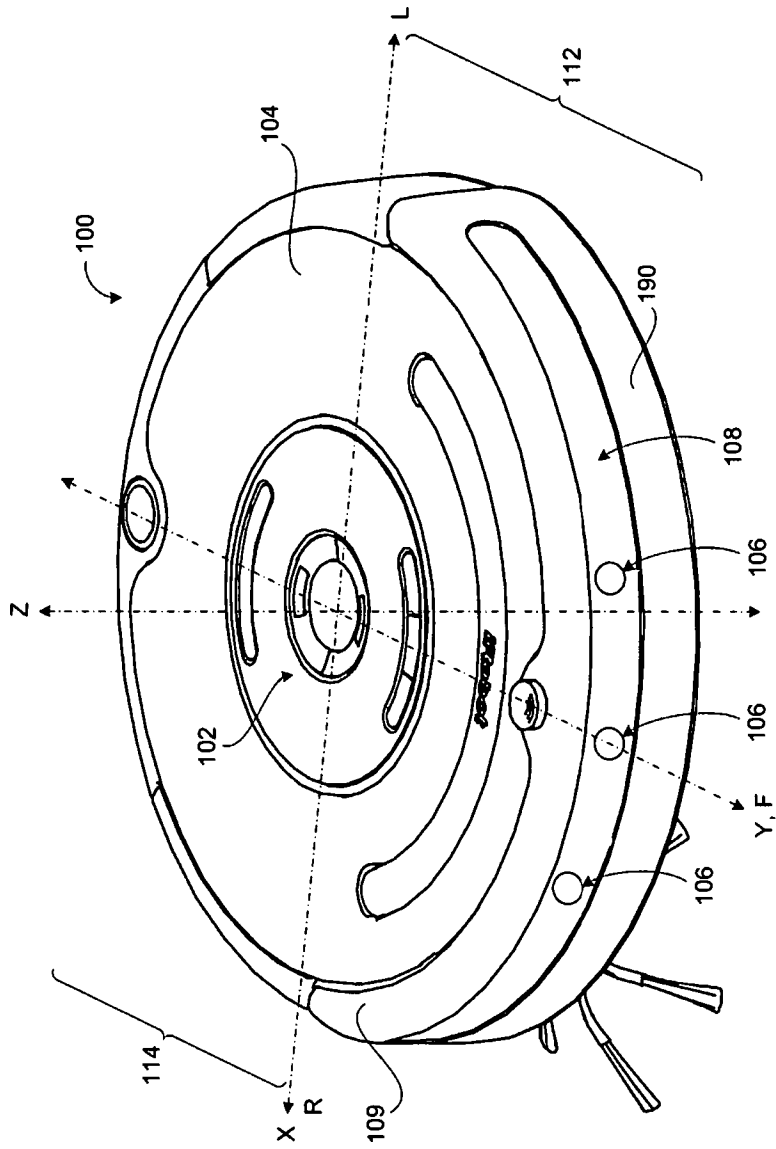


FIG. 1A

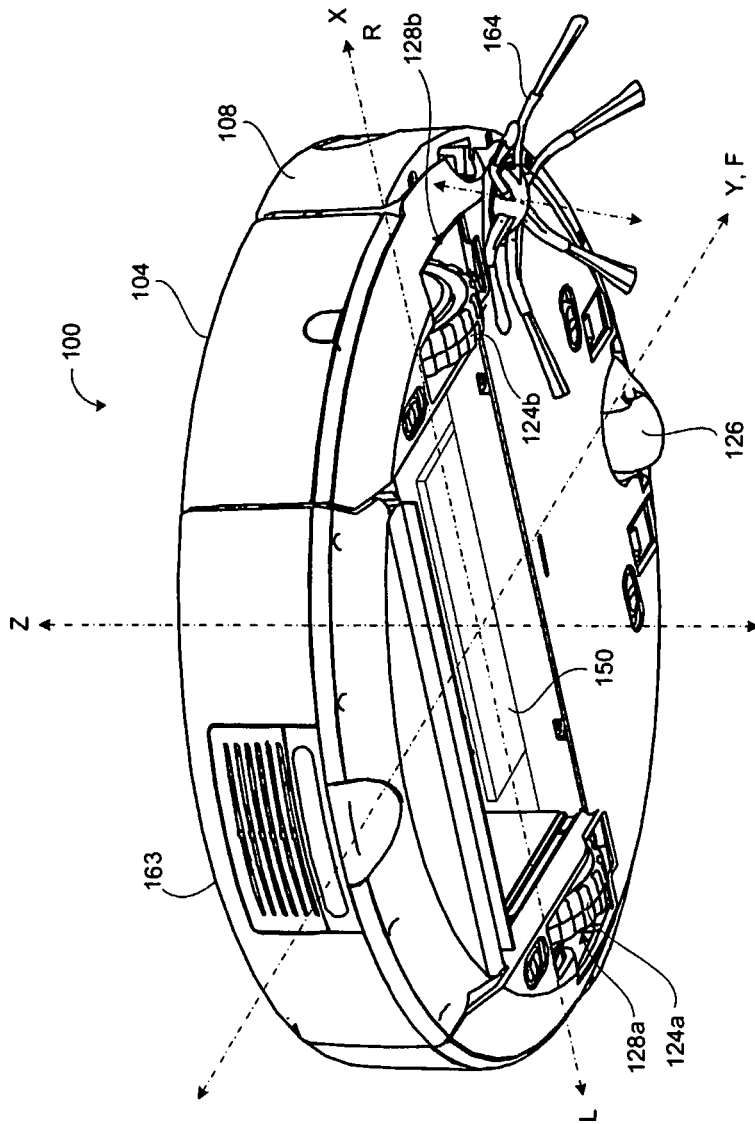


FIG. 1B

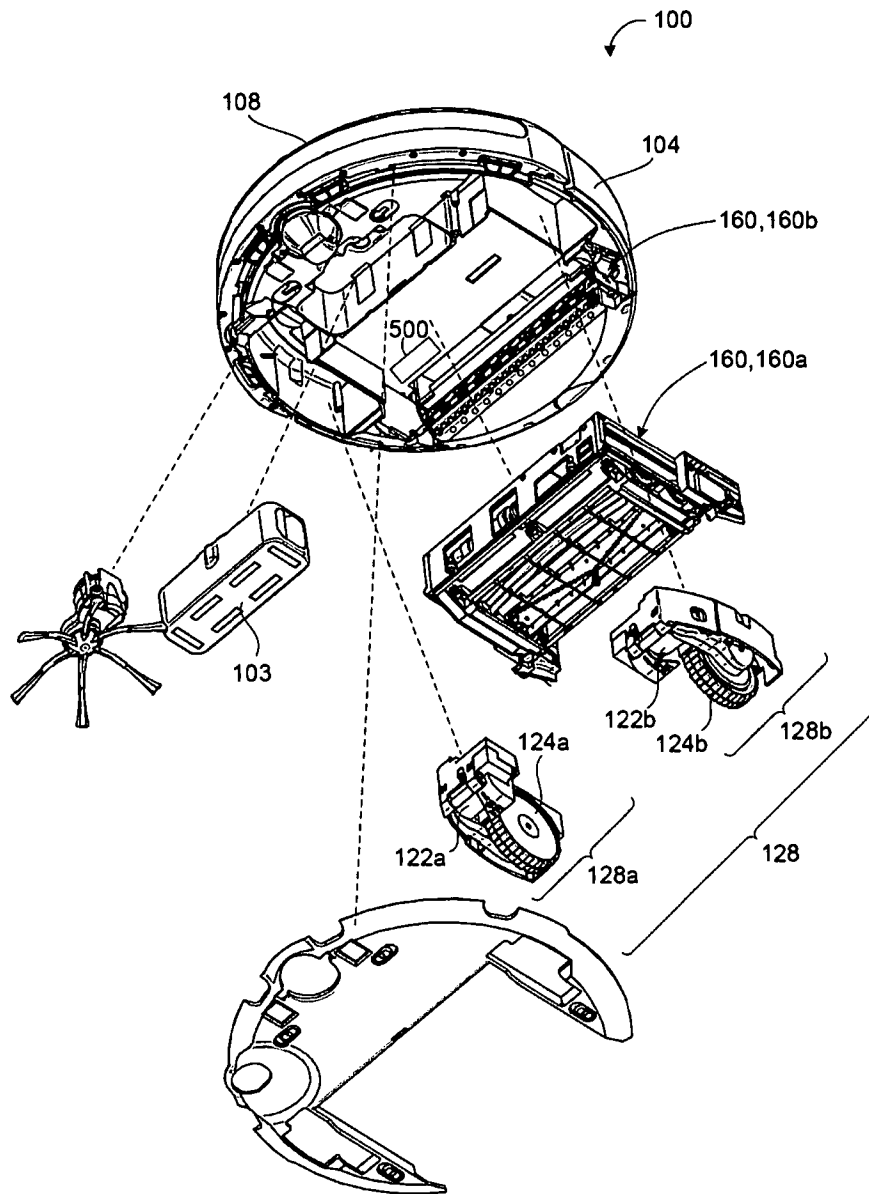


FIG. 1C



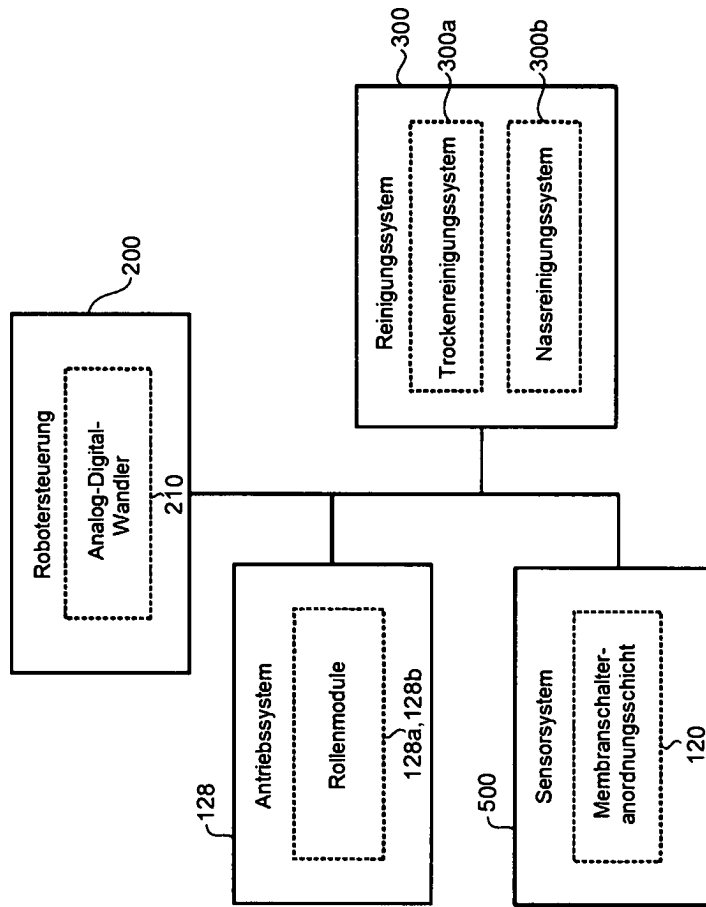


FIG. 1D

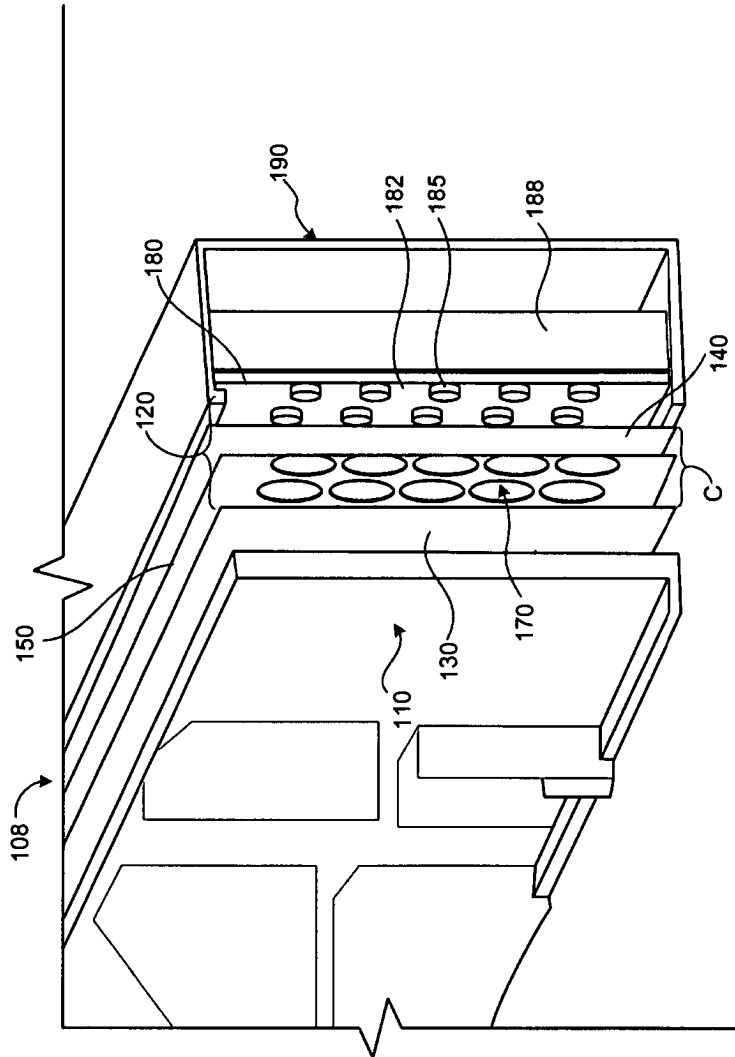


FIG. 2A

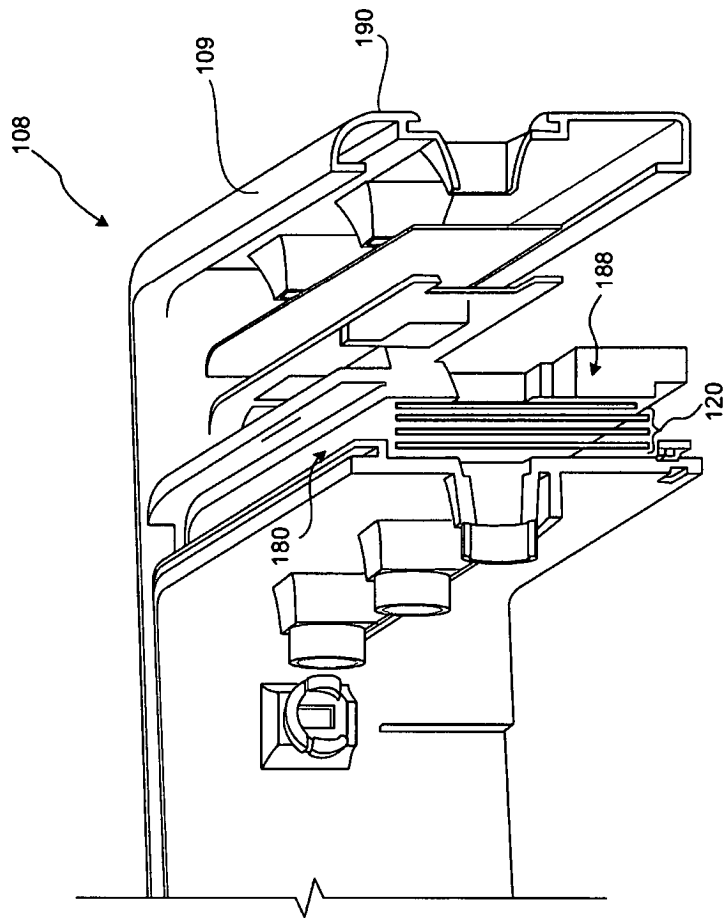


FIG. 2B

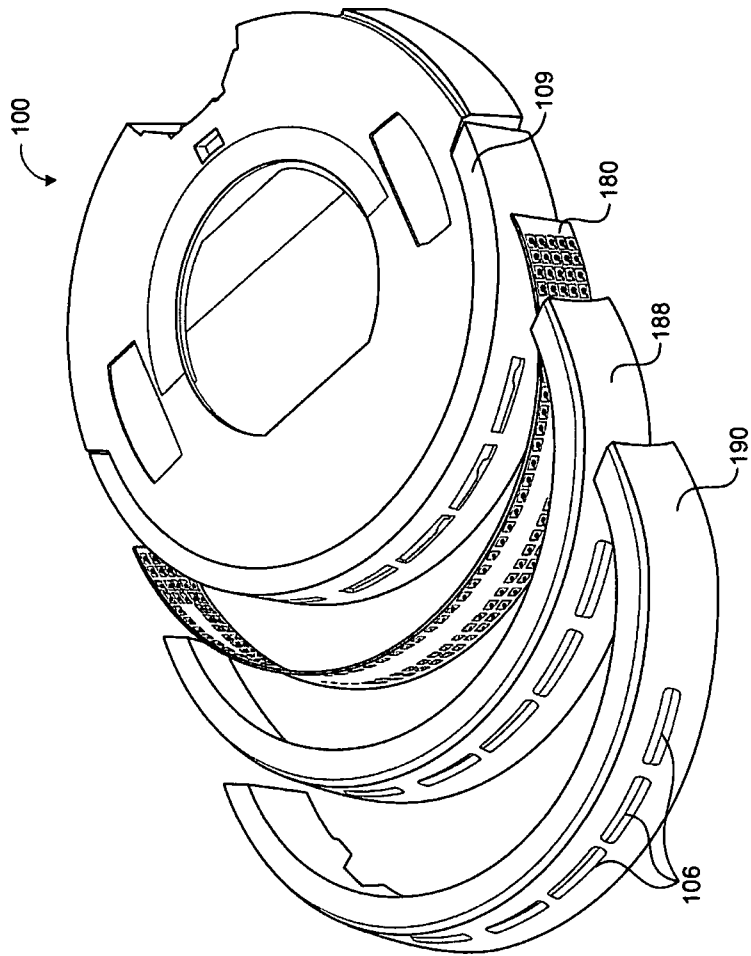


FIG. 3

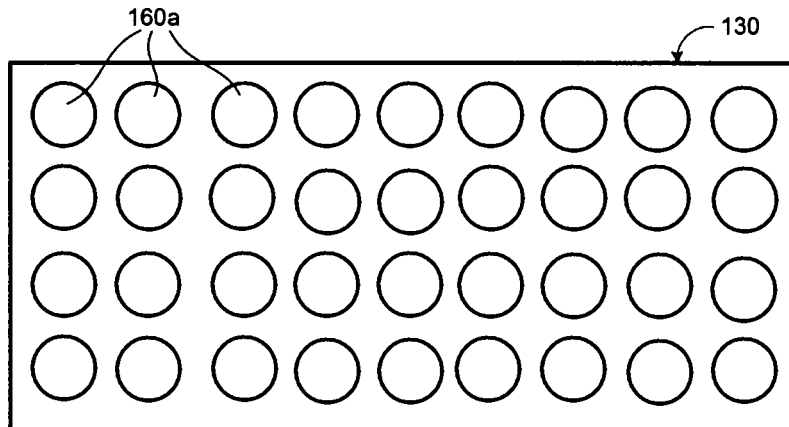


FIG. 4A

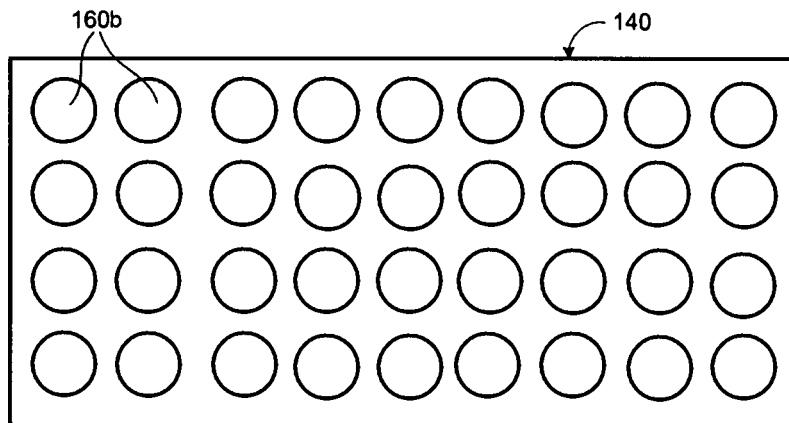


FIG. 4B

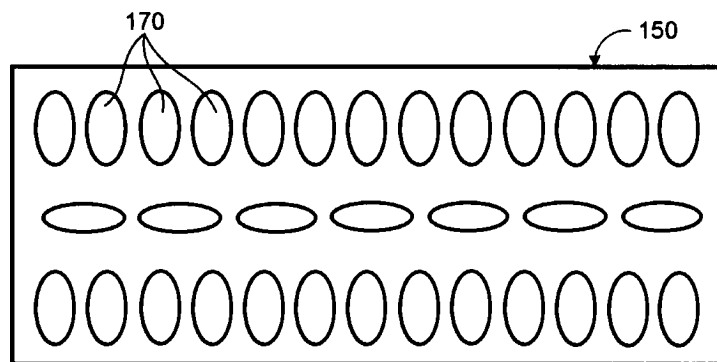


FIG. 4C

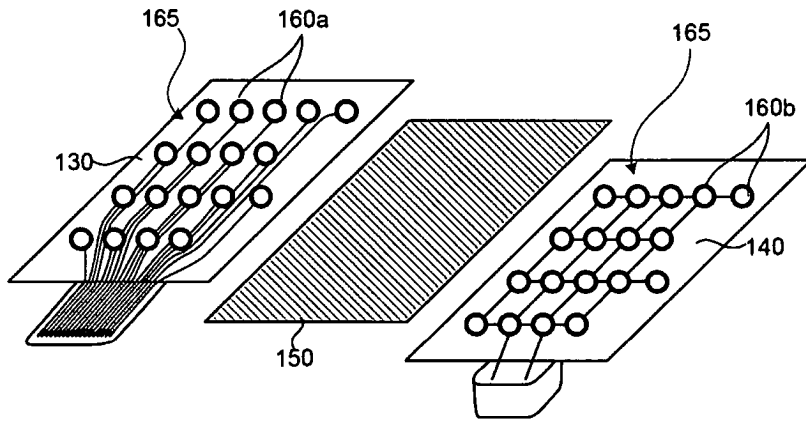


FIG. 4D

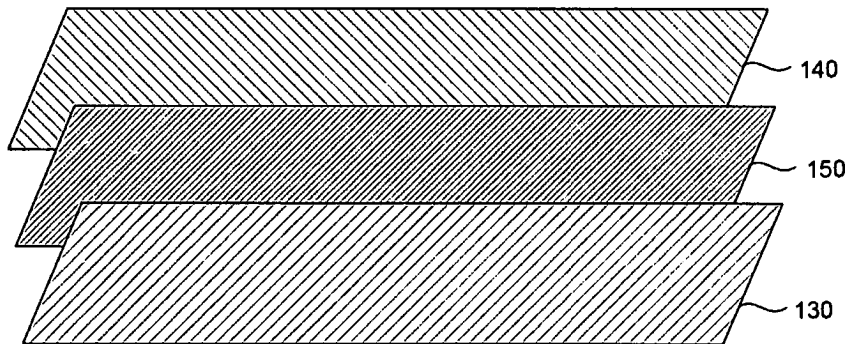


FIG. 4E

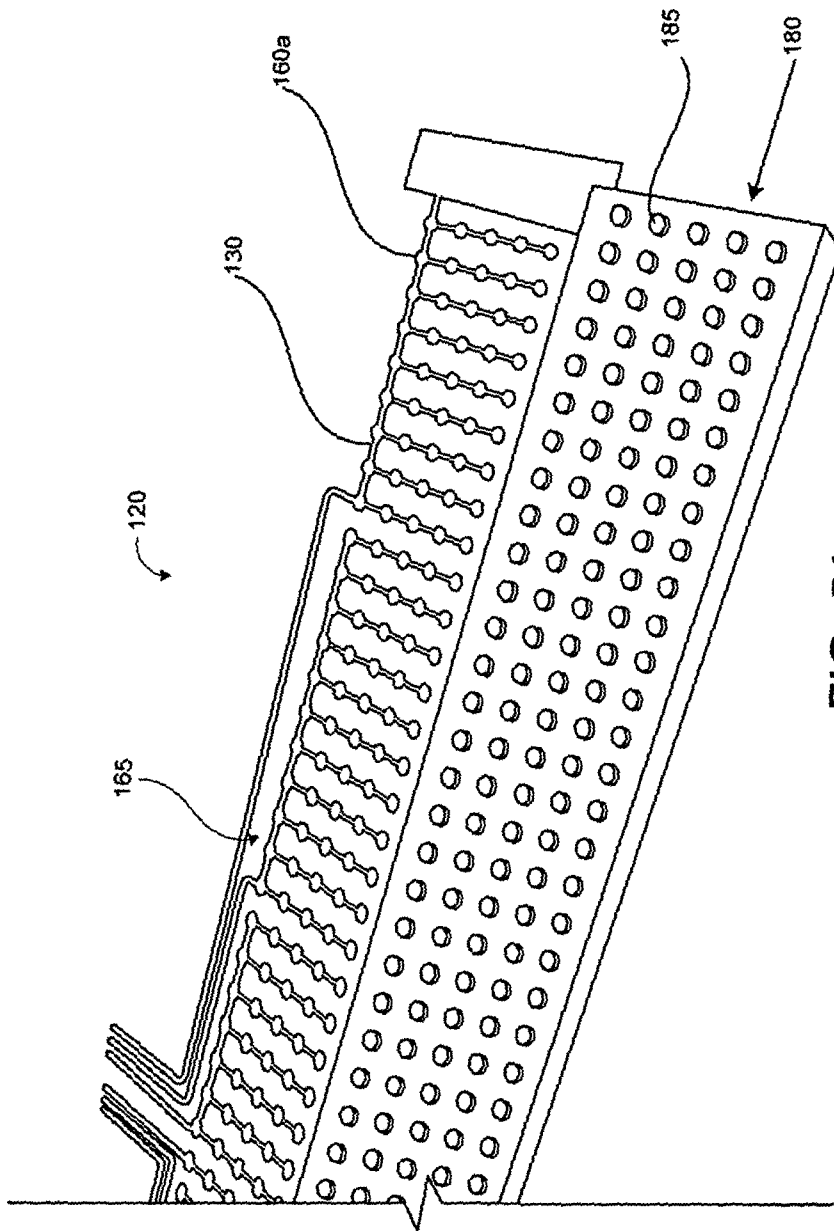


FIG. 5A



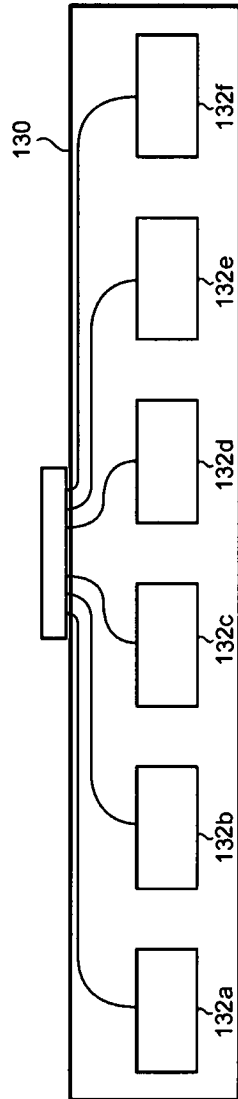


FIG. 5B

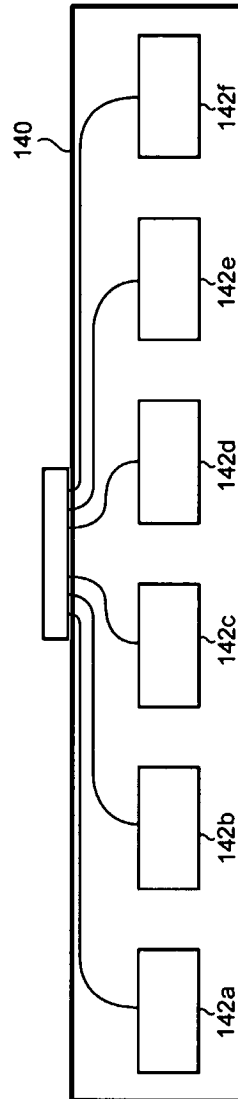


FIG. 5C

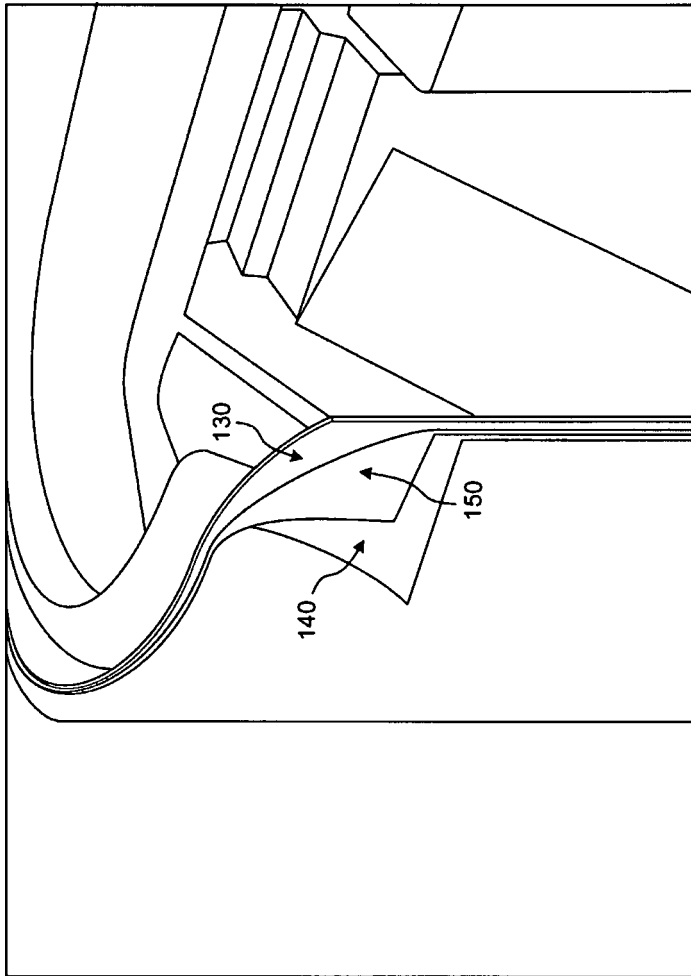


FIG. 6A

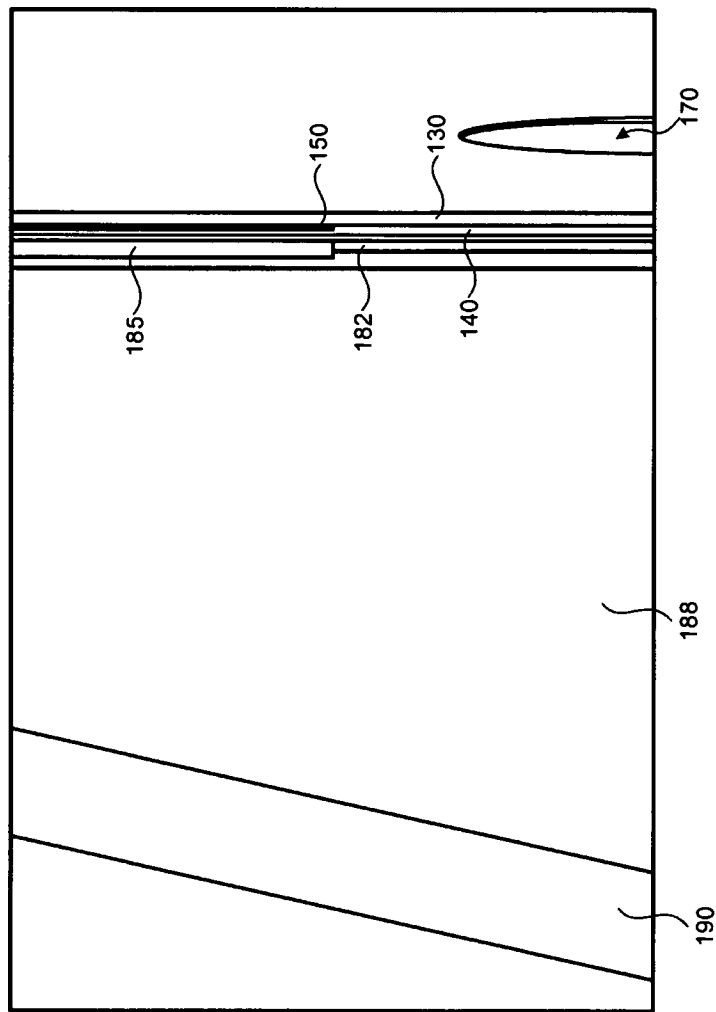


FIG. 6B

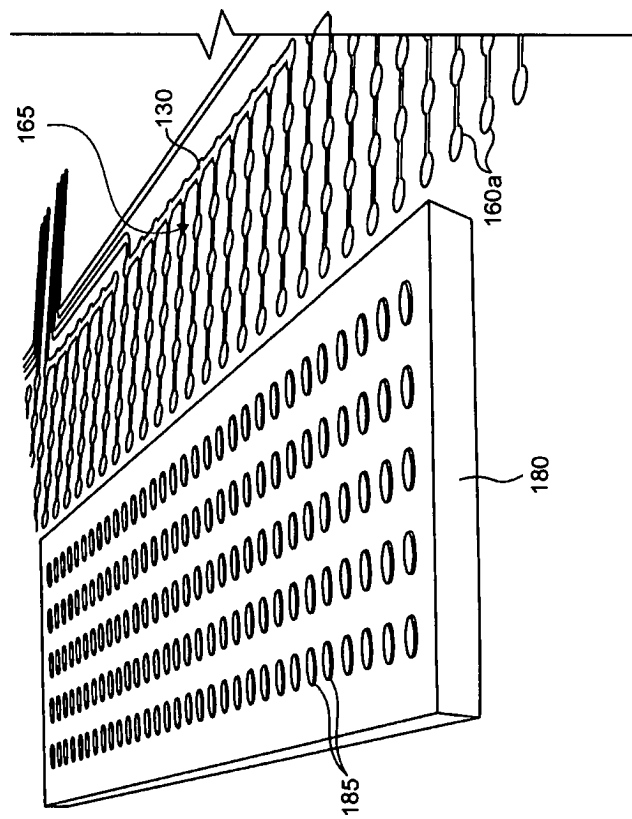


FIG. 7

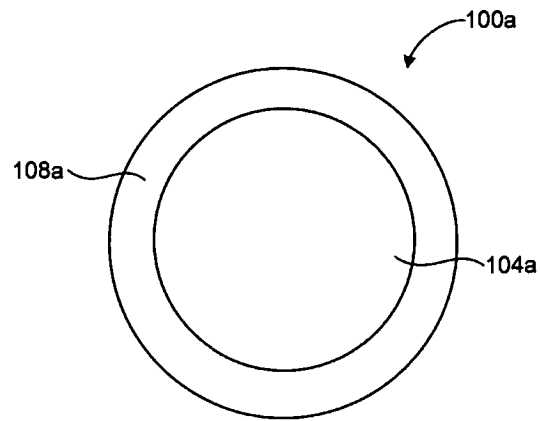


FIG. 8A

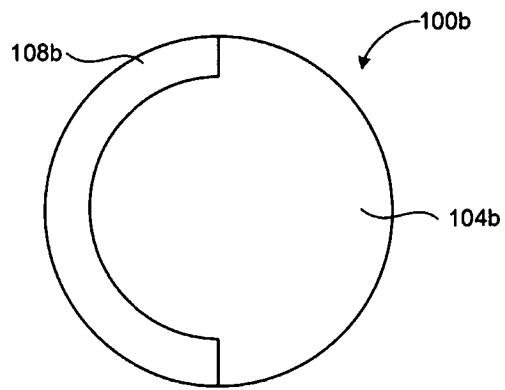


FIG. 8B

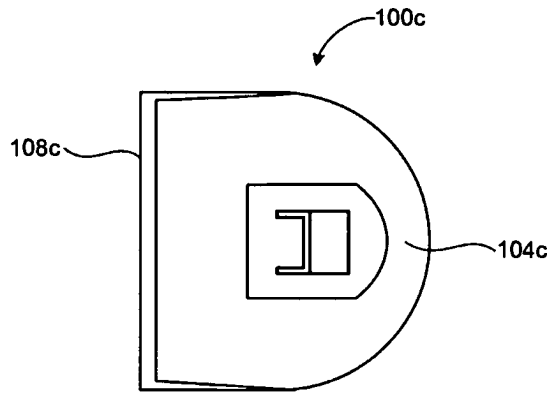


FIG. 8C

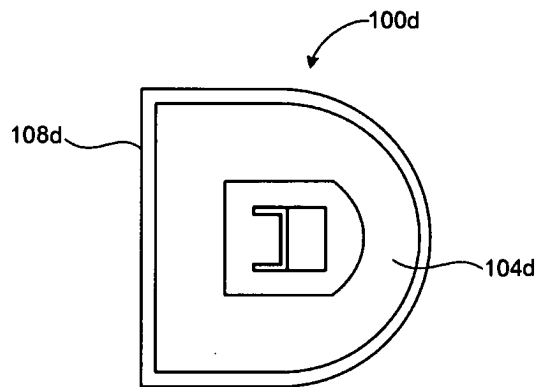


FIG. 8D

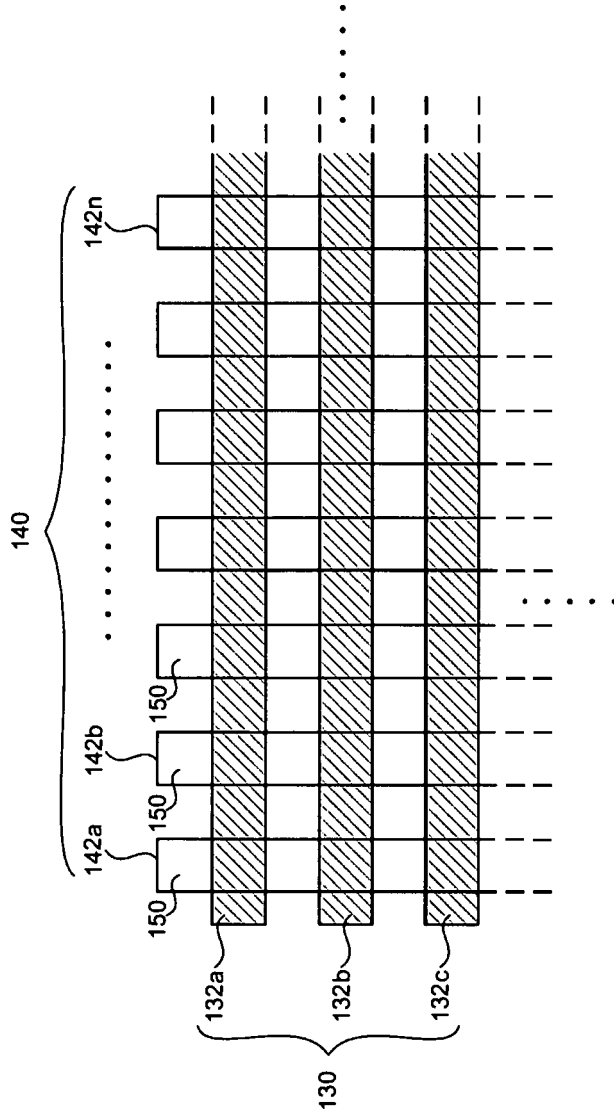


FIG. 9A

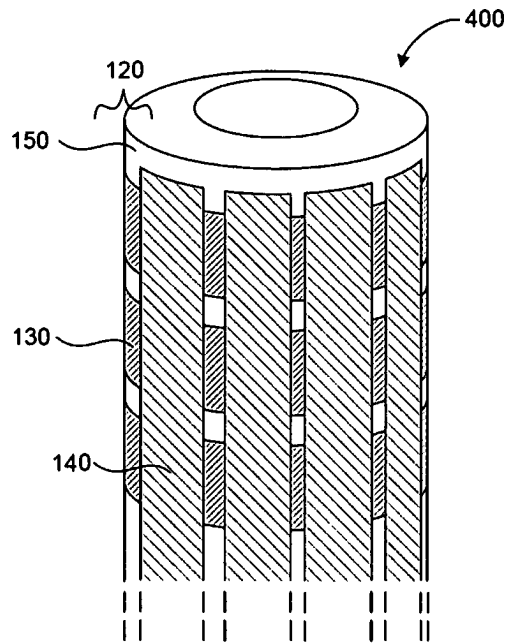


FIG. 9B



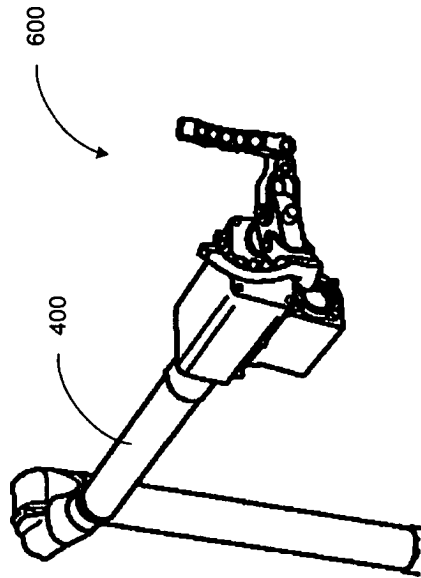
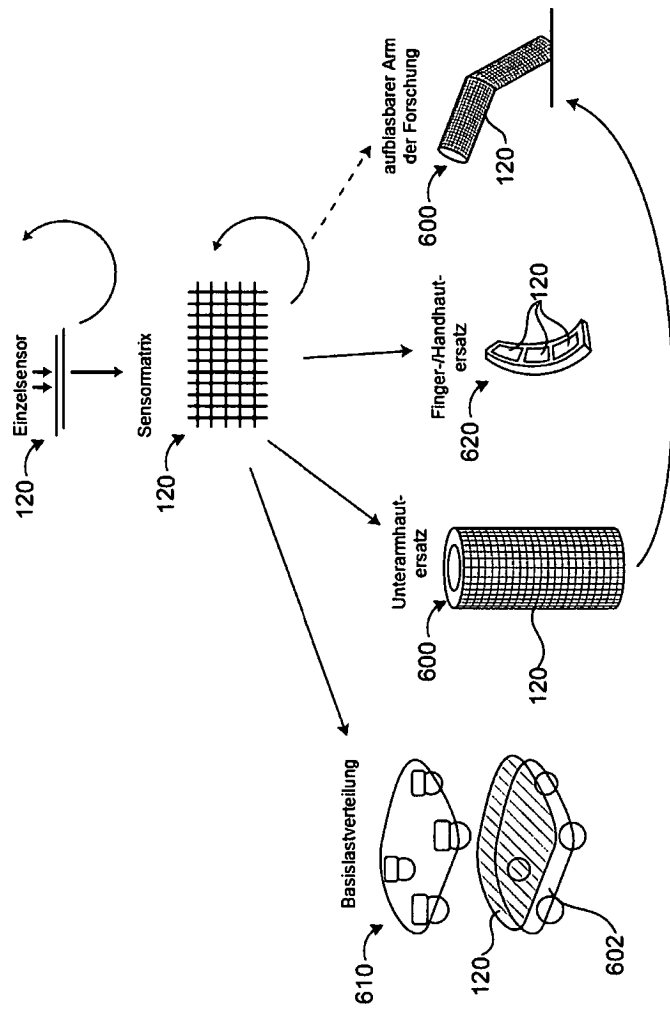


FIG. 9C



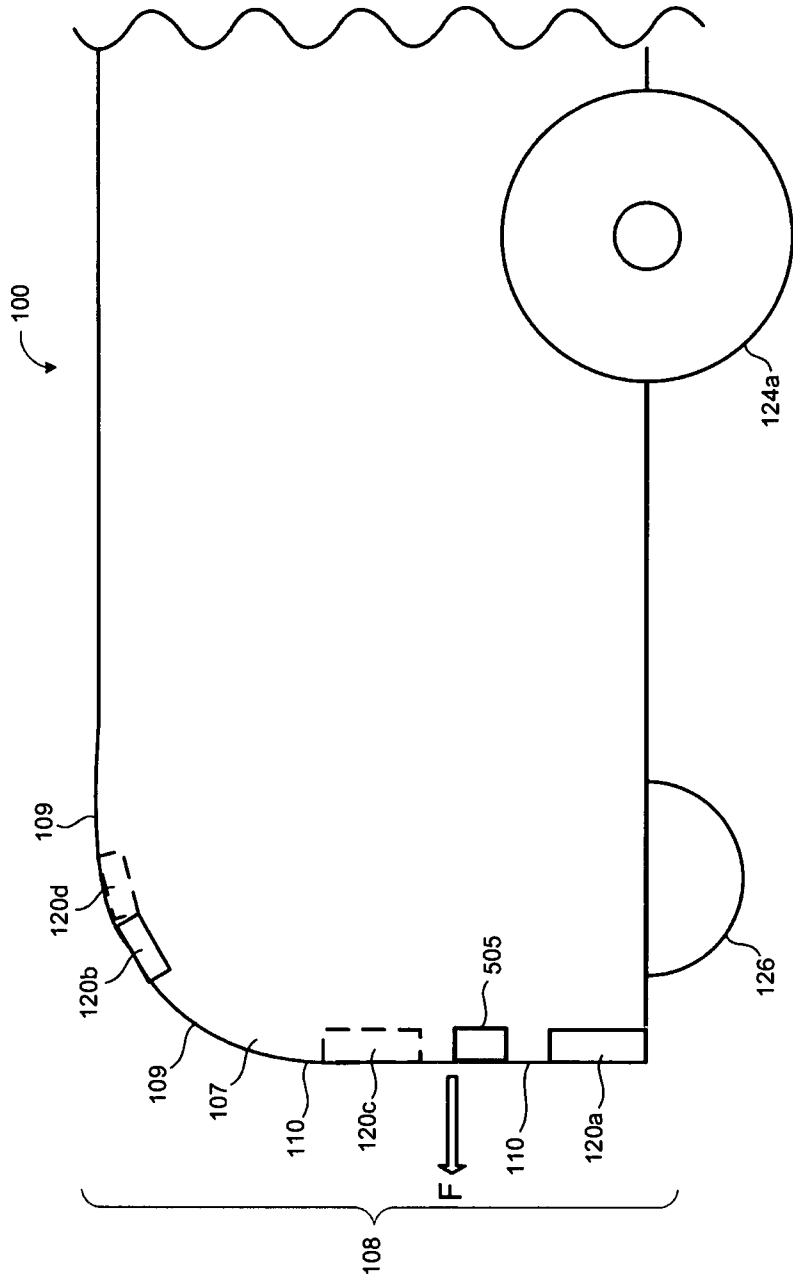


FIG. 10