



(10) **DE 10 2013 208 825 B4** 2021.05.20

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 208 825.6**
 (22) Anmeldetag: **14.05.2013**
 (43) Offenlegungstag: **20.11.2014**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **20.05.2021**

(51) Int Cl.: **B81B 3/00 (2006.01)**
B81B 7/02 (2006.01)
G01C 19/5733 (2012.01)
G01P 15/125 (2006.01)
G01P 15/08 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

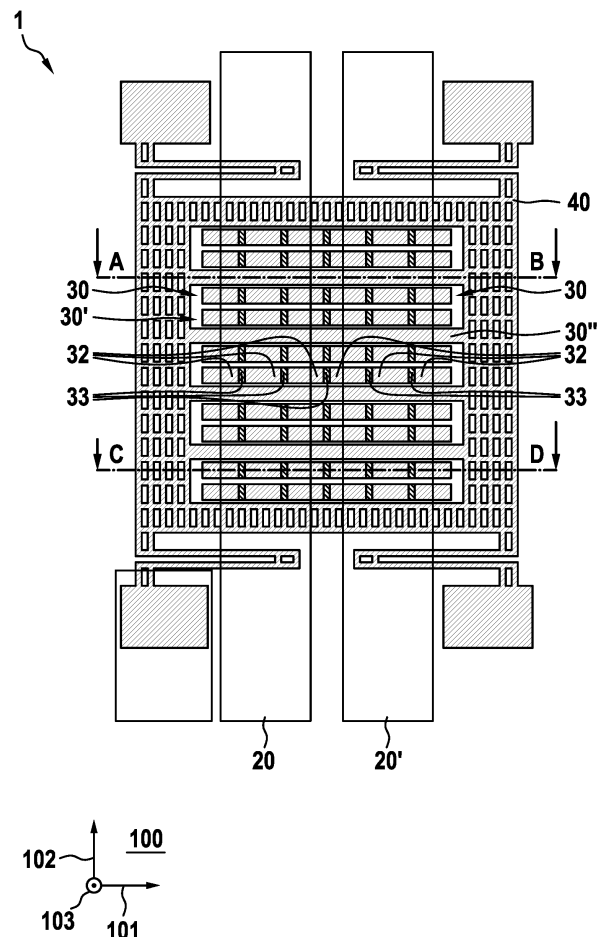
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2011 007 217	A1
US	2003 / 0 225 362	A1
US	2005 / 0 179 099	A1

(72) Erfinder:
Classen, Johannes, 72770 Reutlingen, DE

(54) Bezeichnung: **Mikrostrukturbauelement und Verfahren zur Herstellung eines Mikrostrukturbauelements**

(57) Hauptanspruch: Mikrostrukturbauelement (1), insbesondere zum Erfassen von Beschleunigungen und/oder Drehraten, mit einem eine Substrathauptstreckungsebene (100) aufweisenden Substrat (10), einer Elektrode (30, 30') und einer weiteren Elektrode (30''), wobei die Elektrode (30, 30') eine Elektrodenhauptstreckungsebene (300) und die weitere Elektrode (30'') eine weitere Elektrodenhauptstreckungsebene (300'') aufweist, wobei die Elektrodenhauptstreckungsebene (300) parallel zu einer zur Substrathauptstreckungsebene (100) senkrechten Normalrichtung (103) angeordnet ist, wobei die weitere Elektrodenhauptstreckungsebene (300'') parallel zur Normalrichtung (103) angeordnet ist, wobei die Elektrode (30, 30') eine sich in die Normalrichtung (103) erstreckende Elektrodenhöhe (303) aufweist, wobei die Elektrode (30, 30') einen sich parallel zur Substrathauptstreckungsebene (100) vollständig durch die Elektrode (30, 30') hindurch erstreckenden Strömungskanal (33) aufweist, wobei der Strömungskanal (33) eine sich parallel zur Normalrichtung (103) erstreckende Kanaltiefe (333) aufweist, wobei die Kanaltiefe (333) kleiner ist als die Elektrodenhöhe (303), wobei die Elektrode (30, 30') eine Elektrodenhauptstreckungsrichtung (301) parallel zur Elektrodenhauptstreckungsebene (300) und parallel zur Substrathauptstreckungsebene (100) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (30, 30') mehrere entlang der Elektrodenhauptstreckungsrichtung (301) angeordnete Strömungskanäle ...



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Mikrostrukturbauelement nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Solche Mikrostrukturbauelemente sind allgemein bekannt. Beispielsweise werden als mikromechanische Inertialsensoren ausgebildete Mikrostrukturbauelemente zur Messung von Beschleunigungen und Drehraten für verschiedene Applikationen im Automobilbereich und/oder im Verbrauchsgüterkauf in Massenfertigung hergestellt. Üblicherweise weisen die Inertialsensoren Elektrodenanordnungen zur Detektion einer Kapazitätsänderung auf, wobei die Kapazitätsänderung ein Maß für eine auf eine Inertialmasse des Inertialsensors wirkende Inertialkraft ist. Beispielsweise ist eine Inertialkraft eine Beschleunigungskraft und/oder eine Corioliskraft eines Beschleunigungssensors und/oder eines Drehratensensors. Die Elektrodenanordnung weist beispielsweise zwei Plattenelektroden mit jeweils parallel zueinander angeordneten Elektrodenhaupterstreckungsebenen auf, wobei eine der Plattenelektroden entlang einer zur Elektrodenhaupterstreckungsebene senkrechten Schwingungsrichtung zu einer Schwingung antreibbar ist. Die Schwingungsrichtung ist hierbei beispielsweise parallel zu einer Substrathaupterstreckungsebene eines Substrats des Mikrostrukturbauelements angeordnet. Die Elektrodenanordnung ist üblicherweise in einer hermetisch abgedichteten Kaverne oder Hohlraum des Mikrostrukturbauelements angeordnet, wobei in der Kaverne ein vergleichsweise geringer Kavernendruck herrscht. Mit zunehmender Schichtdicke bzw. Elektrodenhöhe entlang einer zur Substrathaupterstreckungsebene senkrechten Normalrichtung wirken sich Randströmeffekte und Dämpfungseffekte, beispielsweise die sogenannte Quetschfilmdämpfung, negativ auf Güte, Signalrauschen und/oder Offset aus.

[0003] Die DE 10 2011 007 217 A1 betrifft eine Erfassungsvorrichtung für eine physikalische Größe zum Erfassen einer physikalischen Größe auf der Grundlage der Verformung einer Membran. Die US 2005 / 0 179 099 A1 offenbart ein mikroelektromechanisches System und ein Herstellungsverfahren für ein solches mikroelektromechanisches System. Die US 2003 / 0 225 362 A1 offenbart Mikrostrukturelemente.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Mikrostrukturbauelement und ein Verfahren zur Herstellung eines Mikrostrukturbauelements bereitzustellen, wobei bei einem gegebenen Kavernendruck Dämpfungskräfte in der Elektrodenanordnung gegenüber dem Stand der Technik reduziert und die

mechanische Güte erhöht wird und/oder wobei die elektrische Empfindlichkeit der Elektrodenanordnung verbessert wird, ohne die Dämpfungskräfte zu erhöhen.

[0005] Das erfindungsgemäße Mikrostrukturbauelement und das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Mikrostrukturbauelements gemäß den nebengeordneten Ansprüchen haben gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass durch die Einführung eines oder mehrerer Strömungskanäle, welche sich jeweils durch die, insbesondere als Plattenelektrode ausgebildete, Elektrode parallel zur Substrathaupterstreckungsebene und/oder senkrecht zur Elektrodenhaupterstreckungsebene, vollständig durch die Elektrode hindurch erstrecken, austretende Gasmoleküle beim Auftreten der Quetschfilmdämpfung durch die Strömungskanäle entweichen können, sodass auf die Elektroden wirkende Dämpfungskräfte im Vergleich zu Elektroden ohne Strömungskanal erheblich reduziert werden. Die Ausbildung der Strömungskanäle der Elektrode bewirkt in vorteilhafter Weise, dass die Empfindlichkeit der Elektrodenanordnung, welche nachfolgend auch als Kondensatoranordnung bezeichnet wird, nur geringfügig sinkt. Ein Teil der fehlenden Kondensatorfläche wird besonders vorteilhaft durch Streufeldanteile von den Seitenflächen der geschlitzten Elektrode bzw. den Strömungskanal aufweisenden Elektrode kompensiert. Somit wird durch eine Vergrößerung der Elektrodenhöhe die Empfindlichkeit der Elektrodenanordnung bezüglich der Detektion der Kapazitätsänderung verbessert, wobei die Dämpfungseffekte nur geringfügig oder gar nicht mit zunehmender Elektrodenhöhe zunehmen. Besonders bevorzugt durchdringen die Strömungskanäle, welche hier auch Schlitze genannte werden, die Elektrodenhöhe die Elektrode parallel zur Substrathaupterstreckungsebene, und insbesondere senkrecht zur Elektrodenhaupterstreckungsebene vollständig, wobei insbesondere der Kanalabstand im Falle von mindestens zwei an der Elektrode angeordneten Strömungskanälen bevorzugt kleiner als die Elektrodenhöhe oder gleich der Elektrodenhöhe ist. Bevorzugt erstreckt sich die Kanaltiefe über mehr als 50% der Elektrodenhöhe entlang der Normalrichtung. Alternativ zu einer verglichen mit der Elektrodenhöhe kleineren Kanaltiefe ist die Kanaltiefe insbesondere gleich der Elektrodenhöhe.

[0006] Durch einen zweistufigen Trenchprozess des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es weiterhin vorteilhaft möglich, einen Strömungskanal aus der Elektrode auszubilden, ohne die Elektrode durch die gesamte Schichtdicke der Funktionsschicht oder durch die gesamte Elektrodenhöhe in Normalrichtung zu ätzen. In dem zweiten Herstellungsschritt wird die Elektrodenstruktur - welche insbesondere die Elektrode, die weitere Elektrode und/oder die Inertialstruktur umfasst - bis zu einer ersten Strukturtiefe

fe während des ersten Zeitintervalls aus der Funktionsschicht ausgebildet. Die Strukturtiefe, welche hier auch als Tiefe des ersten Trenches bezeichnet wird, wird über die Dauer des ersten Zeitintervalls bzw. der ersten Prozessführung bestimmt, was bedeutet, dass es hier keinen definierten Ätzstopp gibt. In dem dritten Herstellungsschritt wird die Elektrodenstruktur weiter geätzt, wobei nun aber zusätzlich die Strömungskanäle in der ersten Elektrode und/oder weiteren Elektrode ausgebildet bzw. geätzt werden. Um ein vollständiges Durchätzen der Funktionsschicht zu verhindern wird der dritte Herstellungsschritt nach dem zweiten Zeitintervall rechtzeitig beendet und eine starke Überätzung vermieden.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen entnehmbar.

[0008] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung beträgt die Kanaltiefe zwischen 60% und 95%, bevorzugt zwischen 70% und 90%, ganz besonders bevorzugt ungefähr 80% der Elektrodenhöhe. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, die Elektrode durch die Anordnung mehrere Strömungskanäle einstückig mit einer Kammstruktur auszubilden, wobei mehrere zinnenförmige als Teilelektroden bezeichnete senkrecht zur Schwingungsrichtung und parallel zur Substrathaupterstreckungsebene durch die Strömungskanäle voneinander beabstandete Elektrodensegmente elektrisch leitfähig miteinander verbunden sind. Insbesondere sind alternativ die Teilelektroden auf einem gemeinsamen Träger angeordnet, wobei der Träger aus einer weiteren Funktionsschicht ausgebildet wird, welche von der Funktionsschicht verschieden ist, aus der die Elektrode ausgebildet ist.

[0009] Erfindungsgemäß weist die Elektrode eine Elektrodenhaupterstreckungsrichtung parallel zur Elektrodenhaupterstreckungsebene und parallel zur Substrathaupterstreckungsebene auf, wobei die Elektrode mehrere entlang der Elektrodenhaupterstreckungsrichtung angeordnete Strömungskanäle aufweist. Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist es insbesondere denkbar, dass die mehreren Strömungskanäle einen Kanalabstand aufweisen, wobei insbesondere der Kanalabstand kleiner als die Elektrodenhöhe ist. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, einen verbesserten Strömungspfad für die von der Quetschfilmdämpfung herrührenden austretenden Gasmoleküle bereitzustellen. Insbesondere ist vorteilhaft möglich, eine sich über sämtliche Elektroden der Elektrodenanordnung erstreckende Strömungskanalstruktur bereitzustellen.

[0010] Erfindungsgemäß weist die Elektrode eine Mehrzahl von durch die mehreren Strömungskanäle voneinander beabstandete Teilelektroden auf, wobei die Teilelektroden auf einem gemeinsamen Träger

angeordnet sind. Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist es insbesondere möglich, dass die Elektrode aus einer Funktionsschicht ausgebildet ist, wobei der Träger insbesondere aus einer mit der Funktionsschicht verbundenen weiteren Funktionsschicht ausgebildet ist. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, eine platzsparende und Dämpfungskräfte reduzierende Elektrodenanordnung des Mikrostrukturbauelements bereitzustellen.

[0011] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung sind die Teilelektroden über den Träger elektrisch leitfähig miteinander verbunden, wobei der Träger über, insbesondere genau, ein Elektrodenkontaktelement mit einem Leitungsmittel elektrisch leitfähig verbunden ist, wobei das Leitungsmittel auf dem Substrat angeordnet ist oder in einem mit dem Substrat verbundenen weiteren Substrat angeordnet ist, wobei das weitere Substrat insbesondere einen integrierten Schaltkreis umfasst. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, die Leitungsmittel bzw. den integrierten Schaltkreis unabhängig von der in der Funktionsschicht, und insbesondere weiteren Funktionsschicht, ausgebildeten Elektrodenanordnung zu strukturieren. Insbesondere ist es durch die Anbringung der Teilelektroden auf dem einen integrierten Schaltkreis umfassenden weiteren Substrat vorteilhaft möglich, eine Leitungsstruktur bereitzustellen, um eine Vielzahl, parallel zur Elektrodenhaupterstreckungsrichtung eine vergleichsweise geringe Länge aufweisende Teilelektroden anzuordnen.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist die Elektrode relativ zum Substrat ortsfest angeordnet, wobei die weitere Elektrode relativ zum Substrat zu einer Bewegung entlang einer Schwingungsrichtung auslenkbar ist, wobei die Schwingungsrichtung insbesondere zur Substrathaupterstreckungsebene parallel angeordnet ist, wobei die Schwingungsrichtung insbesondere zur Elektrodenhaupterstreckungsebene und/oder zur weiteren Elektrodenhaupterstreckungsebene senkrecht angeordnet ist. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, die beweglichen Elektroden und/oder die festen Elektroden mit Strömungskanälen auszubilden, sodass die Gasmoleküle auf Grund der Quetschfilmdämpfung besonders effizient aus den Zwischenräumen zwischen der Elektrode und der weiteren Elektrode abzuleiten.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist die weitere Elektrode parallel zur Normalrichtung die Elektrodenhöhe auf, wobei die weitere Elektrode einen sich parallel zur Substrathaupterstreckungsebene vollständig durch die weitere Elektrode hindurch erstreckenden weiteren Strömungskanal aufweist, wobei der weitere Strömungskanal eine sich parallel zur Normalrichtung erstreckende weitere Kanaltiefe aufweist, wobei die weitere Kanaltiefe kleiner ist als die Elektrodenhöhe, wobei insbesondere der Strömungskanal und der weitere Strömungs-

kanal in eine entlang der Schwingungsrichtung verlaufende Projektionsrichtung in einer Reihe hintereinander oder versetzt nebeneinander angeordnet sind. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, die Quetschfilmdämpfungskräfte zu reduzieren und zugleich eine besonders stabile und platzsparende Elektrodenanordnung bereitzustellen.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden im zweiten Herstellungsschritt aus der Funktionsschicht in Abhängigkeit der zweiten Strukturierungsmaske die Elektrode mit einer Elektrodenhaupterstreckungsebene und die weitere Elektrode mit einer weiteren Elektrodenhaupterstreckungsebene ausgebildet, wobei die Elektrodenhaupterstreckungsebene parallel zur Normalrichtung angeordnet wird, wobei die weitere Elektrodenhaupterstreckungsebene parallel zur Normalrichtung angeordnet wird, wobei an der Elektrode eine sich in die Normalrichtung erstreckende Elektrodenhöhe ausgebildet wird. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, die Elektrodenstruktur mit der Elektrode, der weiteren Elektrode und/oder Inertialstruktur auszubilden, bevor die Strömungskanäle auf der Elektrode und/oder der weiteren Elektrode angeordnet werden. Hierdurch wird ein vergleichsweise einfaches und kostengünstiges Herstellungsverfahren bereitgestellt, um eine Vielzahl von Mikrostrukturbauelementen in einfacher Weise gleichzeitig herstellen zu können.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird im dritten Herstellungsschritt aus der Elektrode in Abhängigkeit der ersten Strukturierungsmaske ein sich parallel zur Substrathaupterstreckungsebene vollständig durch die Elektrode hindurch erstreckender Strömungskanal mit einer sich parallel zur Normalrichtung erstreckenden Kanaltiefe ausgebildet, wobei die Kanaltiefe in Abhängigkeit des zweiten Zeitintervalls kleiner als die Elektrodenhöhe ausgebildet wird. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, durch eine Kombination der, insbesondere als Oxidmaske ausgebildeten, ersten Maske und der, insbesondere als Lackmaske ausgebildeten, zweiten Maske auf der eine vergleichsweise glatte Oberfläche parallel zur Substrathaupterstreckungsebene aufweisenden Funktionsschicht anzuordnen, um die Strömungskanäle mit einer Kanaltiefe kleiner als die Elektrodenhöhe in der Elektrode und/oder weiteren Elektrode auszubilden.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird im dritten Herstellungsschritt die Funktionsschicht mit einer Funktionsschichtdicke bereitgestellt, wobei im vierten Herstellungsschritt der Strömungskanal mit der Kanaltiefe gleich der Funktionsschichtdicke ausgebildet wird. Insbesondere wird die Funktionsschicht in Normalrichtung über einer weiteren Funktionsschicht angeordnet, wobei zwischen der weiteren Funkti-

onsschicht und der Funktionsschicht eine Strukturierungsmaske angeordnet wird. Insbesondere wird die Kanaltiefe des Strömungskanals durch die Lage der Strukturierungsmaske zwischen der Funktionsschicht und der weiteren Funktionsschicht bestimmt. Insbesondere ist die Strukturierungsmaske eine Ätzstoppschicht, welche die Kanaltiefe des Strömungskanals während des Ätzvorgangs begrenzt. Weiterhin werden hierdurch insbesondere eine Mehrzahl von Teilelektroden auf einem aus der weiteren Funktionsschicht ausgebildeten Träger bereitgestellt. Bevorzugt wird die Ätzstoppschicht in einem fünften Herstellungsschritt entfernt.

[0017] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Figurenliste

[0018] Es zeigen

Fig. 1 eine Schnittbildansicht eines Mikrostrukturbauelements zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 und **Fig. 3** Schnittbildansichten verschiedener Ausführungsformen einer Elektrode zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung,

Fig. 4 eine Draufsicht eines Mikrostrukturbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 5 bis **Fig. 9** Schnittbildansichten verschiedener Ausführungsformen einer Elektrode gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 10 bis **Fig. 15** Schnittbildansichten eines Mikrostrukturbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 16 bis **Fig. 17** Schnittbildansichten verschiedener Ausführungsformen einer Elektrode gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und

Fig. 18 und **Fig. 19** Draufsichten verschiedener Ausführungsformen einer Anordnung der Strömungskanäle einer Elektrode gemäß der vorliegenden Erfindung.

Ausführungsform(en) der Erfindung

[0019] In den verschiedenen Figuren sind gleiche Teile stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden daher in der Regel auch jeweils nur einmal benannt bzw. erwähnt.

[0020] In **Fig. 1** ist eine Schnittbildansicht eines Mikrostrukturbauelements **1** zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung dargestellt. Die Schnittbildansicht zeigt das Mikrostrukturelement **1** in einem Schnitt entlang einer zu einer Substrathaupterstreckungsebe-

ne **100** eines Substrats **10** des Mikrostrukturbauelements **1** parallelen Schnittebene. Das Mikrostrukturbauelement **1**, hier ein Beschleunigungssensor, weist eine entlang einer Schwingungsrichtung **102**, welche hier auch Y-Richtung **102** genannt wird, auslenkbare Inertialstruktur **40** auf. Ferner weist das Mikrostrukturbauelement eine fest mit dem Substrat ortsfest und/oder lagefest verbundene Elektrode **30** auf. Bevorzugt weist die Elektrode **30** eine Elektrodenhaupterstreckungsrichtung **301** (siehe **Fig. 6**) parallel zu einer X-Richtung **101** auf, wobei die Elektrodenhaupterstreckungsrichtung **301** und/oder X-Richtung **101** parallel zur Substrathaupterstreckungsebene **100**. Die Elektrode ist bevorzugt über ein Elektrodenkontaktelelement **31** elektrisch leitfähig mit einem Leitungselement **20**, insbesondere einer auf dem Substrat **10** aufgebrachten Leiterbahn **20**, verbunden. In einer alternativen Ausführungsform weist das Mikrostrukturelement eine gleichartig zur Elektrode **30** ausgebildete Differenzelektrode **30'** auf, wobei die Differenzelektrode über ein weiteres Elektrodenkontaktelelement **31'** mit einem weiteren Leitungselement **20'** elektrisch leitfähig verbunden ist. Bevorzugt beträgt eine Ausdehnung der Leiterbahn **20** und/oder der weiteren Leiterbahn **20'** parallel zur X-Richtung **101** weniger als 40 Mikrometer. In einer weiteren alternativen Ausführungsform sind eine Mehrzahl von Elektroden **30** und/oder Differenzelektroden **30'** in dem Mikrostrukturbauelement **1** ausgebildet.

[0021] Die Inertialstruktur **40** ist insbesondere über mehrere, beispielsweise vier, Federelemente **43** mit einem Antriebsmittel **42** verbunden, wobei das Antriebsmittel **42** auf dem Substrat **10** verankert ist. Insbesondere sind die Antriebsmittel **42**, die Federelemente **43** und/oder die Inertialstruktur **40** über ein Antriebskontaktelelement **41** mit einem Antriebsleitungselement **20''** elektrisch leitfähig verbunden. An der Inertialstruktur **40** ist bevorzugt eine weitere Elektrode **30''** angeordnet, welche zusammen mit der Inertialstruktur **40** auslenkbar ist.

[0022] In einem Zentralbereich weist die Inertialstruktur **40** insbesondere eine parallel zur Substrathaupterstreckungsebene **100** sich erstreckende Ausnehmung auf, wobei in die Ausnehmung insbesondere rechteckförmig ausgebildet ist, um eine Mehrzahl von Elektroden **30** und/oder Differenzelektroden **30'** zu umgeben. Bevorzugt weist die weitere Elektrode **30''** eine weitere Elektrodenhaupterstreckungsebene **300''** (siehe beispielsweise **Fig. 2**) parallel zur Elektrodenhaupterstreckungsebene **300** der Elektrode **30** auf. Hier wird die weitere Elektrode **30''** zusammen mit der Inertialstruktur **40** entlang der Schwingungsrichtung **102** derart mitbewegt, dass sich die weitere Elektrode **30''** zwischen einer ersten Endstellung und einer zweiten Endstellung bewegt, wobei in der ersten Endstellung die Elektrode **30** und die weitere Elektrode **30''** einen geringeren Abstand voneinander

parallel zur Schwingungsrichtung **102** aufweisen, als in der zweiten Endstellung.

[0023] In **Fig. 2** und **Fig. 3** sind Schnittbildansichten verschiedener Ausführungsformen einer Elektrode **30**, **30'**, **30''** zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung dargestellt. **Fig. 2** zeigt eine Schnittbildansicht der weiteren Elektrode **30''** entlang der Schnittrichtung A-B gemäß **Fig. 1**. Hier ist die sich entlang der X-Richtung **101** bzw. weiteren Elektrodenhaupterstreckungsrichtung erstreckende weitere Elektrode **30''** mit der weiteren Elektrodenhaupterstreckungsebene **300''** dargestellt. Die weitere Elektrodenhaupterstreckungsebene **300''** ist bevorzugt senkrecht zur Substrathaupterstreckungsebene **100** angeordnet, wobei die weitere Elektrodenhaupterstreckungsrichtung parallel zur X-Richtung **101** angeordnet ist. Die weitere Elektrode **30''** ist mit der Inertialstruktur **40** fest verbunden und entlang der Schwingungsrichtung **102** (siehe **Fig. 1**) auslenkbar. Die weitere Elektrode **30''** ist weder mit dem Substrat **10** noch mit dem Leitungselement **20** oder dem weiteren Leitungselement **20'** verbunden. Das Leitungselement **20** ist bevorzugt auf dem Substrat **10** mittels eines Verbindungsmittels, insbesondere eines Oxids, insbesondere einer 0.5 bis 3 Mikrometer in Normalrichtung **103** ausgedehnten Oxidschicht, verbunden. Entsprechend ist bevorzugt das weitere Leitungselement **20'** über ein weiteres, insbesondere als weiteres Oxid ausgebildetes, Verbindungsmittel **21'** mit dem Substrat **10** verbunden. Hierbei sind insbesondere das Leitungselement **20** und das weitere Leitungselement **20'** elektrisch voneinander isoliert. **Fig. 3** zeigt eine Schnittbildansicht der Elektrode **30** entlang der Schnittrichtung C-D gemäß **Fig. 1**. Die Elektrode **30** weist hier eine Elektrodenhaupterstreckungsebene **300** parallel zur weiteren Elektrodenhaupterstreckungsebene **300''** und/oder senkrecht zur Substrathaupterstreckungsebene **100** auf. Die Elektrode ist hier im Wesentlichen in gleicher Weise wie die weitere Elektrode **30''** ausgebildet. Der Unterschied besteht hier in dem elektrisch leitfähigen Elektrodenkontaktelelement **31**, über welches die Elektrode **30** elektrisch leitfähig mit dem Leitungselement **20**, und insbesondere ortsfest und/oder lagefest, mit dem Substrat **10** verbunden ist. Eine (nicht in einer Schnittbildansicht dargestellte) in **Fig. 1** dargestellte Differenzelektrode **30'** ist beispielsweise gleichartig ausgebildet wie die Elektrode **30**, außer, dass die Differenzelektrode **30'** nicht mit dem Leitungselement **20**, sondern nur mit dem weiteren Leitungselement **20'** elektrisch leitfähig verbunden ist.

[0024] In **Fig. 4** ist eine Draufsicht eines Mikrostrukturbauelements **1** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Das Mikrostrukturbauelement **1** entspricht im Wesentlichen der in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsform, wobei der Unterschied darin besteht, dass die Elektrode **30**, die Differenzelektrode **30'** und/oder die weitere Elektrode

30'' jeweils mehrere Strömungskanäle **33**, **33'** (siehe auch **Fig. 18**) aufweisen. Hier sind mehrere Strömungskanäle **33**, **33'** entlang der zur X-Richtung **101** parallelen Elektrodenhaupterstreckungsrichtung **301** angeordnet, wobei die Elektrodenhaupterstreckungsrichtungen der Elektrode **30**, der Differenzelektrode **30'** und der weiteren Elektrode **30''** zusammenfassend als die Elektrodenhaupterstreckungsrichtung **301** bezeichnet werden, welche allesamt parallel zueinander angeordnet sind. Insbesondere weisen die Elektrode **30**, die Differenzelektrode **30'** und/oder die weitere Elektrode eine Mehrzahl von durch die Strömungskanäle **33**, **33'** voneinander beabstandete Elektrodensegmente **32** auf, welche auch Teilelektroden **32** genannt werden, auf. Hierbei ist es vorteilhaft möglich, dass die Gasmoleküle, welche auf Grund der Quetschfilmdämpfung austreten, während der Bewegung der weiteren Elektrode **30''** relativ zum Substrat durch die Strömungskanäle **33**, **33'** geleitet werden. Hierbei wird besonders vorteilhaft eine auf die weitere Elektrode **30''** wirkende, im Wesentlichen von der Quetschfilmdämpfung hervorgerufene Dämpfungskraft reduziert. Insbesondere sind eine Mehrzahl von Elektroden **30** über das Leitungselement **20** elektrisch leitfähig miteinander verbunden, eine Mehrzahl von Differenzelektroden **30'** über das weitere Leitungselement **20'** miteinander elektrisch leitfähig verbunden und eine Mehrzahl von weiteren Elektroden **30''** über die Inertialstruktur **40** miteinander elektrisch leitfähig verbunden.

[0025] In **Fig. 5** bis **Fig. 9** sind Schnittbildansichten verschiedener Ausführungsformen einer Elektrode **30**, **30'**, **30''** gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt.

[0026] In **Fig. 5** und **Fig. 6** ist jeweils eine aus zwei Funktionsschichten **530**, **530'** ausgebildete Elektrode **30**, **30'** bzw. weitere Elektrode **30''** dargestellt. Hier wird in einem ersten Herstellungsschritt ein Substrat **10** mit einer Substrathaupterstreckungsebene **100** aufweisenden Substratschicht **510** bereitgestellt. In einer zur Substrathaupterstreckungsebene **100** senkrechten Normalrichtung **103** wird hier in einem zweiten Herstellungsschritt eine weitere Funktionsschicht **530'** angeordnet und anschließend auf der weiteren Funktionsschicht **530'** eine Strukturierungsmaske **500**, insbesondere eine Ätzstoppschicht **500**, aufgebracht. In einem dritten Herstellungsschritt wird hier eine Funktionsschicht **530** in Normalrichtung **103** über der weiteren Funktionsschicht **530'** angeordnet, so dass insbesondere die Strukturierungsmaske **500** zwischen der Funktionsschicht **530** und der weiteren Funktionsschicht **530'** angeordnet ist. Insbesondere wird auf der Funktionsschicht **530** eine weitere Strukturierungsmaske (nicht dargestellt) aufgebracht. Anschließend werden in einem vierten Herstellungsschritt eine Elektrode **30**, **30'** und eine weitere Elektrode **30''** aus einer die Funktionsschicht **530** und die weitere Funktionsschicht **530'** bilden-

den Funktionsschichteinheit **530**, **530'** in Abhängigkeit der weiteren Strukturierungsmaske ausgebildet. Insbesondere wird weiterhin in der Elektrode **30**, **30'** ein Strömungskanal **33** in Abhängigkeit der weiteren Strukturierungsmaske ausgebildet, wobei eine Kanaltiefe **333** des Strömungskanals **33** in Abhängigkeit der Strukturierungsmaske **500** ausgebildet wird. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, eine Elektrode **30**, **30'** mit einem Träger **34** und darauf angeordneten Teilelektroden **32** und/oder Strömungskanälen **33** mit einer Kanaltiefe gleich einer Funktionsschichtdicke **323** der Funktionsschicht **530** bereitzustellen. Hierdurch wird insbesondere eine solche Elektrode **30**, **30'** bzw. weitere Elektrode **30''** mit vergleichsweise geringen Fertigungstoleranzen bereitgestellt.

[0027] **Fig. 5** zeigt die weitere Elektrode **30''**, welche im Wesentlichen der in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsform entspricht, mit dem Unterschied, dass die weitere Elektrode **30''** hier aus einer Funktionsschicht mit einer Funktionsschichtdicke **323** und aus einer weiteren Funktionsschicht **530'** mit einer weiteren Funktionsschichtdicke **343** ausgebildet ist. Insbesondere weist hierbei die weitere Elektrode **30''** eine oder mehrere weitere Teilelektroden **32''** oder weitere Elektrodensegmente **32''** auf, welche auf einem gemeinsamen weiteren Träger **34''** angeordnet sind. Insbesondere ist die weitere Teilelektrode **32''** aus der Funktionsschicht ausgebildet und weist als Teilelektrodenhöhe **323** die Funktionsschichtdicke **323** auf und der weitere Träger **34''** ist insbesondere aus der weiteren Funktionsschicht ausgebildet und weist als Trägerhöhe **343** die weitere Funktionsschichtdicke **343** auf. Insbesondere ist die weitere Elektrodenhöhe **303** hier gleich der Summe aus weiterer Teilelektrodenhöhe **323** und Trägerhöhe **343**. Bevorzugt beträgt die Elektrodenhöhe **303** zwischen 10 und 60 Mikrometer, wobei insbesondere die Längen der Elektroden **30**, **30'**, **30''** parallel zur X-Richtung **101** jeweils mehr als 100 Mikrometer betragen.

[0028] **Fig. 6** zeigt die Elektrode **30**, welche im Wesentlichen der in **Fig. 3** dargestellten Ausführungsform der Elektrode **30** entspricht, mit dem Unterschied, dass die Elektrode **30** mehrere entlang der Elektrodenhaupterstreckungsrichtung **301** angeordnete Strömungskanäle **33** aufweist und eine Mehrzahl von Teilelektroden **32** entlang der Elektrodenhaupterstreckungsrichtung **301** auf einem gemeinsamen Träger **34** angeordnet sind. Entsprechend der in **Fig. 5** dargestellten weiteren Elektrode **30''** ist der Träger aus der weiteren Funktionsschicht **530'** ausgebildet und weist als Trägerhöhe **343** die weitere Funktionsschichtdicke **343** auf, wobei die Teilelektroden **32** aus der Funktionsschicht **530** ausgebildet sind und als Teilelektrodenhöhe **323** jeweils die Funktionsschichtdicke **323** aufweisen. Die Elektrodenhöhe **303** entspricht hier der Elektrodenhöhe der in **Fig. 5** dargestellten weiteren Elektrode **30''**. Die Strömungskanäle **33** sind entlang der Elektrodenhaupterstre-

ckungsrichtung **301** mit einem Kanalabstand **321**, bevorzugt zwischen 5 und 30 Mikrometern, voneinander beabstandet, wobei jeder Strömungskanal **33** insbesondere eine sich parallel zur Elektrodenhaupterstreckungsrichtung **301** erstreckende Kanalbreite **331**, bevorzugt zwischen 1 und 5 Mikrometern, aufweist. Die Strömungskanäle **33** weisen weiterhin in Z-Richtung **103** bzw. Normalrichtung **103** eine Kanaltiefe **333** auf, welche hier im Wesentlichen gleich der Teilelektrodenhöhe **323** oder Funktionsschichtdicke **323** ist. Die Teilelektroden **32** sind insbesondere über den elektrisch leitfähigen Träger **34** miteinander elektrisch leitfähig verbunden, wobei der Träger **34** elektrisch leitfähig über das Elektrodenkontaktelement **31** mit dem Leitungselement **20** verbunden ist. Die Funktionsschichtdicke **323** beträgt insbesondere ungefähr 5 bis 50 Mikrometer, wobei die weitere Funktionsschichtdicke **343** insbesondere ungefähr 1 bis 20 Mikrometer beträgt

[0029] Fig. 7 zeigt die im zweiten Herstellungsschritt aus der Funktionsschicht **530** hergestellte Elektrode **30** und Inertialstruktur **40** mit der ersten Strukturtiefe **303'**, wobei sich die erste Strukturtiefe **303'** in Abhängigkeit der Dauer des ersten Zeitintervalls ergibt. Die Funktionsschicht **530** ist insbesondere über die Leitungsschicht **520**, in der das Leitungselement **20** und das weitere Leitungselement **20'** angeordnet ist, mit dem die Substratschicht **510** aufweisenden Substrat **10** verbunden. Bevorzugt beträgt die Ausdehnung der Leitungsschicht **520** in Normalrichtung zwischen 0.2 und 1 Mikrometer, insbesondere beträgt die erste Strukturtiefe **303'** weniger als 50%, bevorzugt weniger als 30%, der Elektrodenhöhe **303**, welche hier die Funktionsschichtdicke **323** ist. Fig. 8 zeigt die in Fig. 7 dargestellte Elektrode **30** und Inertialstruktur **40** in Schnittbildansicht nach dem dritten Herstellungsschritt. Hier sind die Strömungskanäle **33** in der Elektrode **30** ausgebildet, wobei die Strömungskanäle **33** die Kanaltiefe **333** aufweisen, wobei die Kanaltiefe **333** einer zweiten Strukturtiefe **303''** entspricht. Die zweite Strukturtiefe **303''** ergibt sich in Abhängigkeit der Dauer des zweiten Zeitintervalls. Weiterhin sind die Teilelektroden **32** nach dem dritten Herstellungsschritt ausgebildet. Hier ist die Elektrode **30** insbesondere einstückig ausgebildet, wobei die Kanaltiefe **333** kleiner als die Elektrodenhöhe **303** ist. Die Inertialstruktur **40** ist hier vollständig freigestellt.

[0030] Fig. 9 zeigt eine weitere Ausführungsform der Elektrode **30** gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Ausführungsform entspricht im Wesentlichen den bereits beschriebenen Ausführungsformen der Fig. 1 bis Fig. 8 mit dem Unterschied, dass die Kanaltiefe **333** hier der Elektrodenhöhe **303** entspricht, so dass insbesondere mehrere separat auf dem Substrat **10** befestigte Teilelektroden **32** aus der Elektrode **30** ausgebildet sind. Jede der Teilelektroden **32** ist über das Elektrodenkontaktelement **31** mit dem Leitungselement **20** elektrisch leitfähig mit den anderen

Teilelektroden **32** verbunden. Die Leitungselemente **20**, **20'**, hier Leiterbahnen **20**, **20'**, sind gegen einen Gasphasenätzangriff mittels eines Isoliermittels **22** geschützt und bevorzugt zwischen 2 und 10 Mikrometer breit ausgeführt. Das Isoliermittel ist insbesondere eine Siliziumnitridschicht, beispielsweise Si₃N₄. Bevorzugt wird das Isoliermittel **22** an den parallel zur Substrathaupterstreckungsebene **100** angeordneten Stellen der Elektrodenkontaktelemente **31** in Normalrichtung **103** geöffnet, an denen jeweils ein Elektrodenkontaktelement **31** der Teilelektroden **32** angeordnet ist. Insbesondere ist das Isoliermittel im Bereich der Kanten und/oder der nicht mit Elektrodenkontaktelement **31**, **31'** verbundenen Stellen aufgebracht bzw. nicht parallel zur Normalrichtung **103** geöffnet.

[0031] In Fig. 10 bis Fig. 15 sind Schnittbildansichten eines Mikrostrukturbauelements **1** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Hier ist ein Herstellungsverfahren zur Herstellung eines entlang der Normalrichtung **103** einen Schichtaufbau aufweisenden Mikrostrukturbauelements **1** dargestellt. Der Schichtaufbau umfasst eine Substratschicht **510** eines Substrats **10** und eine in einem ersten Herstellungsschritt in Normalrichtung **103** auf dem Substrat **10** angeordnetes weiteres Substrat **10'** einer Leitungsschicht **520**, welche insbesondere mit der Substratschicht **510** verbunden wird. In der Leitungsschicht **520** wird insbesondere ein aus einem vorstrukturierten Wafer (CMOS Wafer) mit einer Auswerteschaltung, ausgebildeter integrierter Schaltkreis angeordnet, wobei in der Substratschicht **10'** insbesondere die Leitungselemente **20**, **20'**, **20''** und/oder eine Leitungsstruktur **23** zur elektrisch leitfähigen Verbindung jeweils von Teilen der Leitungselemente **20**, **20'**, **20''** angeordnet werden. Insbesondere wird anschließend ein Oxid auf dem weiteren Substrat **10'** abgeschieden, insbesondere ein Oxid-Nitrid Stapel. In einem zweiten Herstellungsschritt wird eine Funktionsschicht **530** in Normalrichtung **103** über der Leitungsschicht angeordnet. Insbesondere wird die Funktionsschicht **530** als ein unstrukturierter Mikroelektromechanischer (MEMS)-Wafer bereitgestellt, welcher mittels eines Direktbondverfahrens auf den vorstrukturierten Oxid-Nitrid-Stapel gebondet wird. Bevorzugt wird der MEMS-Wafer anschließend auf eine Zieldicke in Normalrichtung **103** von 10 bis 80 Mikrometer, bevorzugt 30 Mikrometer geschliffen. Bevorzugt werden in einem dritten Herstellungsschritt Elektrodenkontaktelemente **31** zur Kontaktierung der Funktionsschicht **530** mit den Leitungselementen **20**, **20'**, **20''** der weiteren Substratschicht **10'** ausgebildet, wobei insbesondere ein erster Trench **31** zum Anlegen von als Kontaktlöcher **31** ausgebildeten Elektrodenkontaktelementen **31** zwischen MEMS-Wafer und integrierten Schaltkreis angeordnet werden. Bevorzugt wird in dem ersten Trench **31** ein Metall, insbesondere Wolfram, abgeschieden, um insbesondere einen elektrisch leitfähigen Kontakt zwischen dem MEMS und einer Leiter-

bahn **20** des weiteren Substrats **10'** herzustellen, wobei die Verfüllung insbesondere vollständig oder teilweise erfolgt. Bevorzugt wird eine Wolframschicht auf einer zur Substrathaupterstreckungsebene **100** parallelen Oberfläche der Funktionsschicht **530** strukturiert und/oder angeordnet. In einem vierten Herstellungsschritt wird eine Elektrodenstruktur **30, 30', 30'', 40**, insbesondere umfassend eine Elektrode **30**, eine Differenzelektrode **30'**, eine weitere Elektrode **30''** und/oder eine Inertialstruktur **40**, in der Funktionsschicht **530** freigestellt. Hierbei wird insbesondere ein zweiter Trench zur Strukturierung der MEMS-Schicht bzw. Elektrodenstruktur erzeugt, wobei die Elektrodenstruktur freigestellt und getrennte Bereiche elektrisch isoliert werden. In einem fünften Herstellungsschritt wird insbesondere ein Abdeckelement auf der Leitungsschicht angebracht. Bevorzugt wird eine aus einem Kappenwafer ausgebildete Kappe **50** auf der Leitungsschicht **520** bzw. dem integrierten Schaltkreis aufweisenden (ASIC-)Wafer oder auf dem MEMS-Wafer, insbesondere mittels eutektischem Bonden, beispielsweise mit Aluminium auf dem ASIC-Wafer und Germanium auf dem Kappenwafer, gebondet. Bevorzugt wird in einem von dem Abdeckelement **50** und dem weiteren Substrat **10'** hermetisch abgedichteten, eingeschlossenen Hohlraum die Elektrodenstruktur **30, 30', 30'', 40** angeordnet. Bevorzugt wird in dem Hohlraum ein niedriger Druck von beispielsweise 0.3 bis 3 Millibar erzeugt. **Fig. 15** zeigt das in **Fig. 14** dargestellte Mikrostrukturelement **1** in räumlicher Schnittbildansicht. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, sehr kleine Kontaktlöcher **31** bzw. Elektrodenkontaktmittel **31** mit den Leitungselementen **20, 20'** zu verbinden, wobei die Leitungselemente **20, 20'** innerhalb des integrierten Schaltkreises besonders einfach und auf flexible Weise strukturiert werden können.

[0032] In **Fig. 16** bis **Fig. 17** sind Schnittbildansichten verschiedener Ausführungsformen einer Elektrode **30, 30', 30''** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Die Elektrode **30** entspricht im Wesentlichen der in **Fig. 9** beschriebenen Ausführungsform, wobei der Unterschied darin besteht, dass die Teilelektroden **32** auf einem weiteren Substrat **10'** mit einem integrierten Schaltkreis angeordnet sind. Insbesondere sind die Leitungselemente **20, 20'** in dem integrierten Schaltkreis angeordnet. Die Teilelektroden **32** sind über als Wolfram-Plugs ausgebildete Elektrodenkontaktmittel **31** elektrisch leitfähig miteinander verbunden, wobei die Wolfram-Plugs insbesondere mittels Auffüllen eines Leitungskanals **31''** mit einem elektrisch leitfähigen Material erzeugt werden.

[0033] In **Fig. 18** und **Fig. 19** sind Draufsichten verschiedener Ausführungsformen einer Anordnung der Strömungskanäle **33, 33''** einer Elektrode **30, 30', 30''** gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. Der Strömungskanal **33** und der weitere Strömungskanal

33'' sind hier in eine entlang der Schwingungsrichtung **102** verlaufende Projektionsrichtung **102** in einer Reihe hintereinander (**Fig. 18**) oder versetzt nebeneinander (**Fig. 19**) angeordnet.

Patentansprüche

1. Mikrostrukturbauelement (1), insbesondere zum Erfassen von Beschleunigungen und/oder Drehraten, mit einem eine Substrathaupterstreckungsebene (100) aufweisenden Substrat (10), einer Elektrode (30, 30') und einer weiteren Elektrode (30''), wobei die Elektrode (30, 30') eine Elektrodenhaupterstreckungsebene (300) und die weitere Elektrode (30'') eine weitere Elektrodenhaupterstreckungsebene (300'') aufweist, wobei die Elektrodenhaupterstreckungsebene (300) parallel zu einer zur Substrathaupterstreckungsebene (100) senkrechten Normalrichtung (103) angeordnet ist, wobei die weitere Elektrodenhaupterstreckungsebene (300'') parallel zur Normalrichtung (103) angeordnet ist, wobei die Elektrode (30, 30') eine sich in die Normalrichtung (103) erstreckende Elektrodenhöhe (303) aufweist, wobei die Elektrode (30, 30') einen sich parallel zur Substrathaupterstreckungsebene (100) vollständig durch die Elektrode (30, 30') hindurch erstreckenden Strömungskanal (33) aufweist, wobei der Strömungskanal (33) eine sich parallel zur Normalrichtung (103) erstreckende Kanaltiefe (333) aufweist, wobei die Kanaltiefe (333) kleiner ist als die Elektrodenhöhe (303), wobei die Elektrode (30, 30') eine Elektrodenhaupterstreckungsrichtung (301) parallel zur Elektrodenhaupterstreckungsebene (300) und parallel zur Substrathaupterstreckungsebene (100) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektrode (30, 30') mehrere entlang der Elektrodenhaupterstreckungsrichtung (301) angeordnete Strömungskanäle (33) aufweist, wobei die Elektrode (30, 30') eine Mehrzahl von durch die mehreren Strömungskanäle (33) voneinander beabstandete Teilelektroden (32) aufweist, wobei die Teilelektroden (32) auf einem gemeinsamen Träger (34) angeordnet sind.

2. Mikrostrukturbauelement (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kanaltiefe (333) zwischen 60% und 95%, bevorzugt zwischen 70% und 90%, ganz besonders bevorzugt ungefähr 80% der Elektrodenhöhe (303) beträgt.

3. Mikrostrukturbauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mehreren Strömungskanäle (33) einen Kanalabstand (321) aufweisen, wobei insbesondere der Kanalabstand (321) kleiner als die Elektrodenhöhe (303) ist.

4. Mikrostrukturbauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektrode (30, 30') aus einer Funktionsschicht (530) ausgebildet ist, wobei der Träger

(34) insbesondere aus einer mit der Funktionsschicht (530) verbundenen weiteren Funktionsschicht (530') ausgebildet ist.

5. Mikrostrukturbauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Teilelektroden (32) über den Träger (34) elektrisch leitfähig miteinander verbunden sind, wobei der Träger (34) über, insbesondere genau, ein Elektrodenkontaktelement (31, 31'), mit einem Leitungsmittel (20) elektrisch leitfähig verbunden ist, wobei das Leitungsmittel (20) auf dem Substrat (10) angeordnet ist oder in einem mit dem Substrat (10) verbundenen weiteren Substrat (10') angeordnet ist, wobei das weitere Substrat (10') insbesondere einen integrierten Schaltkreis (10') umfasst.

6. Mikrostrukturbauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektrode (30, 30') relativ zum Substrat (10) ortsfest angeordnet ist, wobei die weitere Elektrode (30'') relativ zum Substrat (10) zu einer Bewegung entlang einer Schwingungsrichtung (102) auslenkbar ist, wobei die Schwingungsrichtung (102) insbesondere zur Substrathauptstreckungsebene (100) parallel angeordnet ist, wobei die Schwingungsrichtung insbesondere zur Elektrodenhauptstreckungsebene (300) und/oder zur weiteren Elektrodenhauptstreckungsebene (300') senkrecht angeordnet ist.

7. Mikrostrukturbauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Elektrode (30'') parallel zur Normalrichtung (103) die Elektrodenhöhe (303) aufweist, wobei die weitere Elektrode (30'') einen sich parallel zur Substrathauptstreckungsebene (100) vollständig durch die weitere Elektrode (30'') hindurch erstreckenden weiteren Strömungskanal (33'') aufweist, wobei der weitere Strömungskanal (33'') eine sich parallel zur Normalrichtung (103) erstreckende weitere Kanaltiefe aufweist, wobei die weitere Kanaltiefe kleiner ist als die Elektrodenhöhe (303), wobei insbesondere der Strömungskanal (33) und der weitere Strömungskanal (33'') in eine entlang der Schwingungsrichtung (102) verlaufende Projektionsrichtung (102) in einer Reihe hintereinander oder versetzt nebeneinander angeordnet sind.

8. Verfahren zur Herstellung eines Mikrostrukturbauelements (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, insbesondere zum Erfassen von Beschleunigungen und/oder Drehraten, wobei in einem ersten Herstellungsschritt ein Substrat (10) mit einer Substrathauptstreckungsebene (100) aufweisenden Substratschicht (510) bereitgestellt wird, wobei in einem zweiten Herstellungsschritt eine Funktionsschicht (530) in einer zur Substrathauptstreckungsebene (100) senkrechten Normalrichtung (103) über der Substratschicht (510) angeordnet wird, wobei ei-

ne erste Strukturierungsmaske auf der Funktionsschicht (530) aufgebracht wird, wobei auf der Funktionsschicht (530) in Normalrichtung (103) über der ersten Strukturierungsmaske eine zweite Strukturierungsmaske aufgebracht wird, wobei während eines ersten Zeitintervalls die Elektrode (30, 30') und die weitere Elektrode (30'') aus der Funktionsschicht (530) in Abhängigkeit der zweiten Strukturierungsmaske ausgebildet wird, wobei anschließend die zweite Strukturierungsmaske entfernt wird, wobei in einem dritten Herstellungsschritt während eines dem ersten Zeitintervall nachfolgenden zweiten Zeitintervalls die Strömungskanäle (33) aus der Elektrode (30, 30') in Abhängigkeit der ersten Strukturierungsmaske ausgebildet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass im zweiten Herstellungsschritt aus der Funktionsschicht (530) in Abhängigkeit der zweiten Strukturierungsmaske die Elektrode mit einer Elektrodenhauptstreckungsebene (300) und die weitere Elektrode mit einer weiteren Elektrodenhauptstreckungsebene (300'') ausgebildet werden, wobei die Elektrodenhauptstreckungsebene (300) parallel zur Normalrichtung (103) angeordnet wird, wobei die weitere Elektrodenhauptstreckungsebene (300'') parallel zur Normalrichtung (103) angeordnet wird, wobei an der Elektrode (30, 30') eine sich in die Normalrichtung (103) erstreckende Elektrodenhöhe (303) ausgebildet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass im dritten Herstellungsschritt aus der Elektrode (30, 30') in Abhängigkeit der ersten Strukturierungsmaske ein sich parallel zur Substrathauptstreckungsebene (100) vollständig durch die Elektrode (30, 30') hindurch erstreckender Strömungskanal (33) mit einer sich parallel zur Normalrichtung (103) erstreckenden Kanaltiefe (333) ausgebildet wird, wobei die Kanaltiefe (333) in Abhängigkeit des zweiten Zeitintervalls kleiner als die Elektrodenhöhe (303) ausgebildet wird.

11. Verfahren zur Herstellung eines Mikrostrukturbauelements (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, insbesondere zum Erfassen von Beschleunigungen und/oder Drehraten, mit einem Schichtaufbau umfassend eine Substratschicht (510), eine Funktionsschicht (530) und eine weitere Funktionsschicht (530'), wobei in einem ersten Herstellungsschritt ein Substrat (10) mit der Substrathauptstreckungsebene (100) aufweisenden Substratschicht (510) bereitgestellt wird, wobei in einem zweiten Herstellungsschritt die weitere Funktionsschicht (530') in einer zur Substrathauptstreckungsebene (100) senkrechten Normalrichtung (103) über der Substratschicht (510) angeordnet wird, wobei eine Strukturierungsmaske (500) auf der Funktionsschicht (530) aufgebracht wird, wobei in einem dritten Herstellungsschritt die Funktionsschicht (530) in Normal-

richtung (103) über der weiteren Funktionsschicht (530') angeordnet wird, wobei in einem vierten Herstellungsschritt die Elektrode (30, 30') und die weitere Elektrode (30'') aus der Funktionsschicht (530) und der weiteren Funktionsschicht (530') ausgebildet werden, wobei die Strömungskanäle (33) mit einer sich parallel zur Normalrichtung (103) erstreckenden Kanaltiefe (333) aus der Elektrode (30, 30') in Abhängigkeit der Strukturierungsmaske (500) ausgebildet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass im dritten Herstellungsschritt die Funktionsschicht (530) mit einer Funktionsschichtdicke (323) bereitgestellt wird, wobei im vierten Herstellungsschritt der Strömungskanal (33) mit der Kanaltiefe (333) gleich der Funktionsschichtdicke (323) ausgebildet wird.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Fig. 1

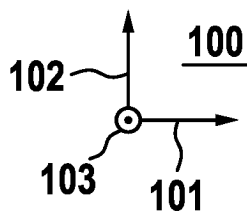
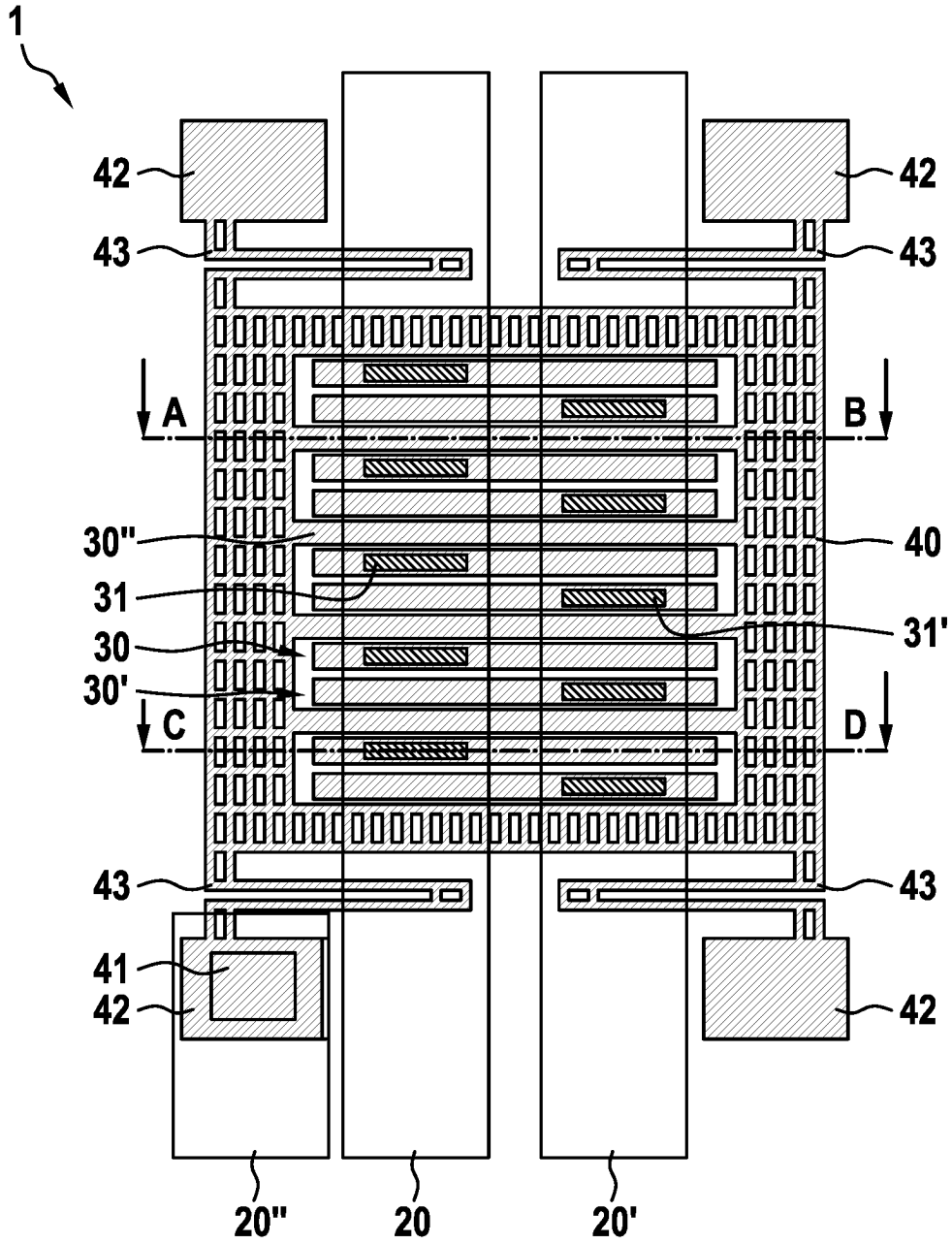


Fig. 2

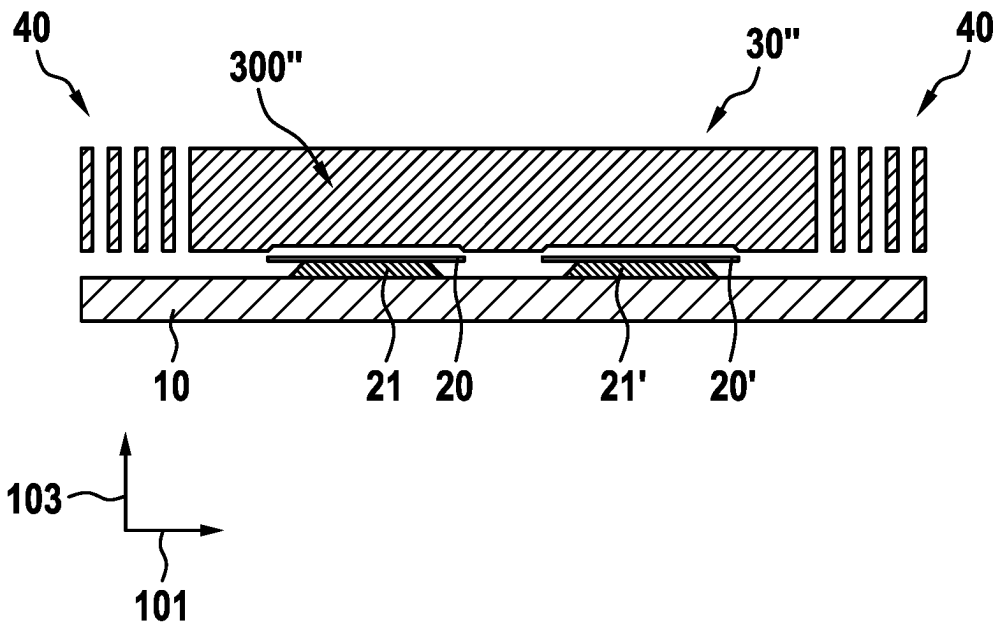


Fig. 3

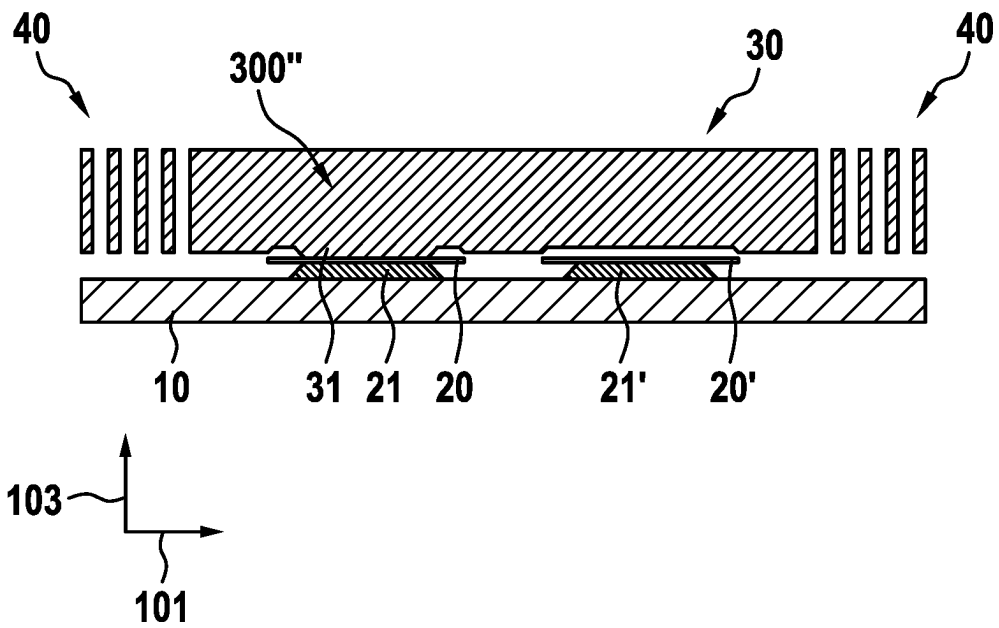


Fig. 4

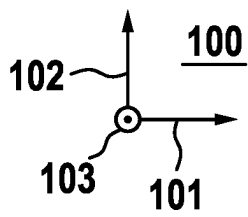
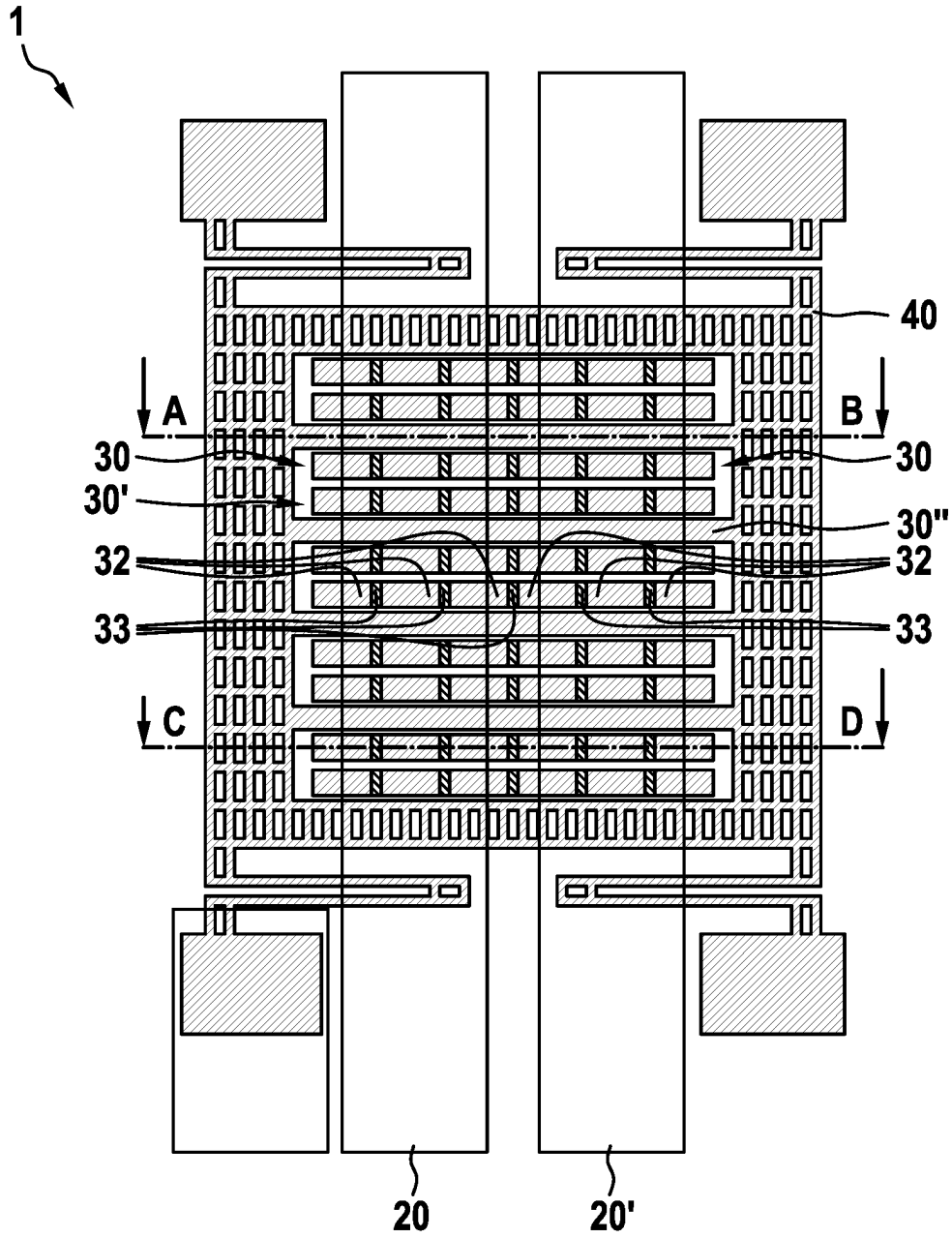


Fig. 5

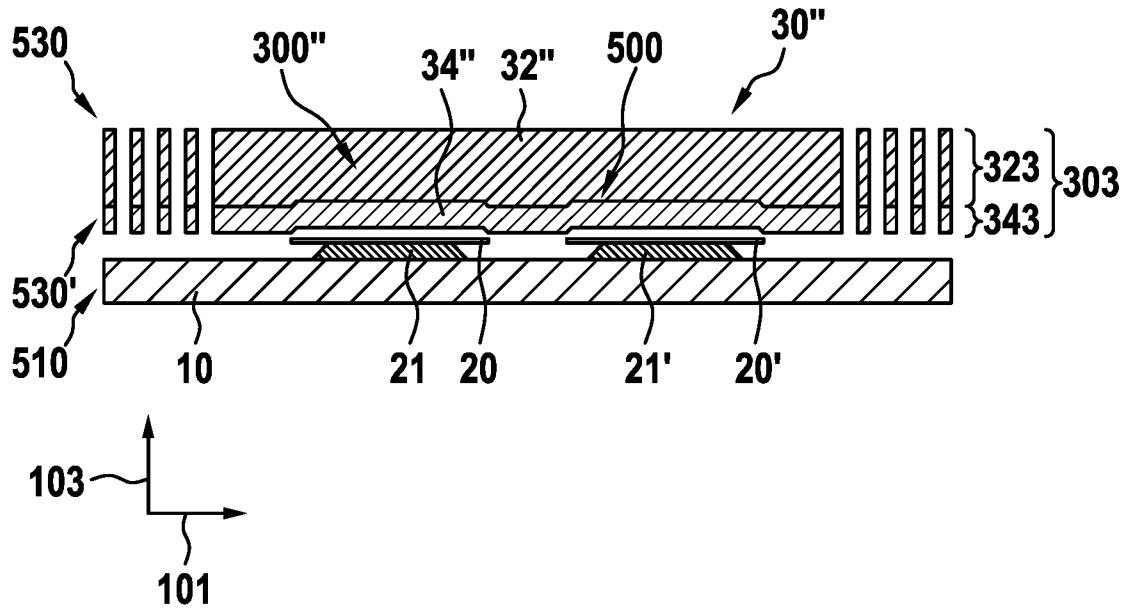


Fig. 6

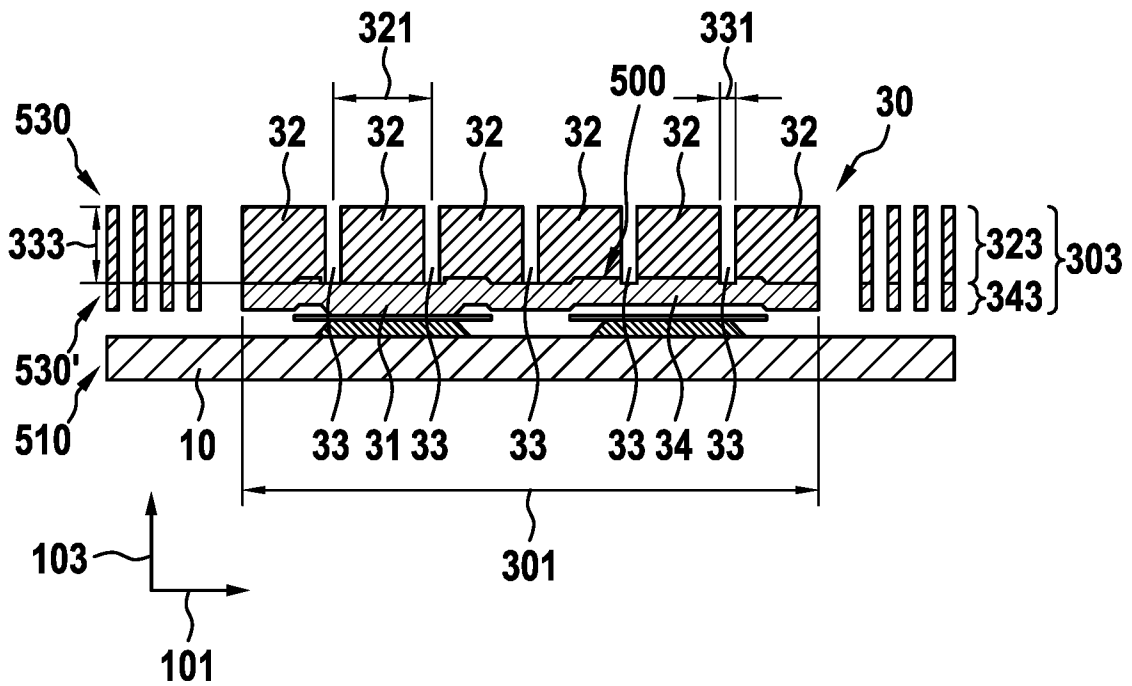


Fig. 7

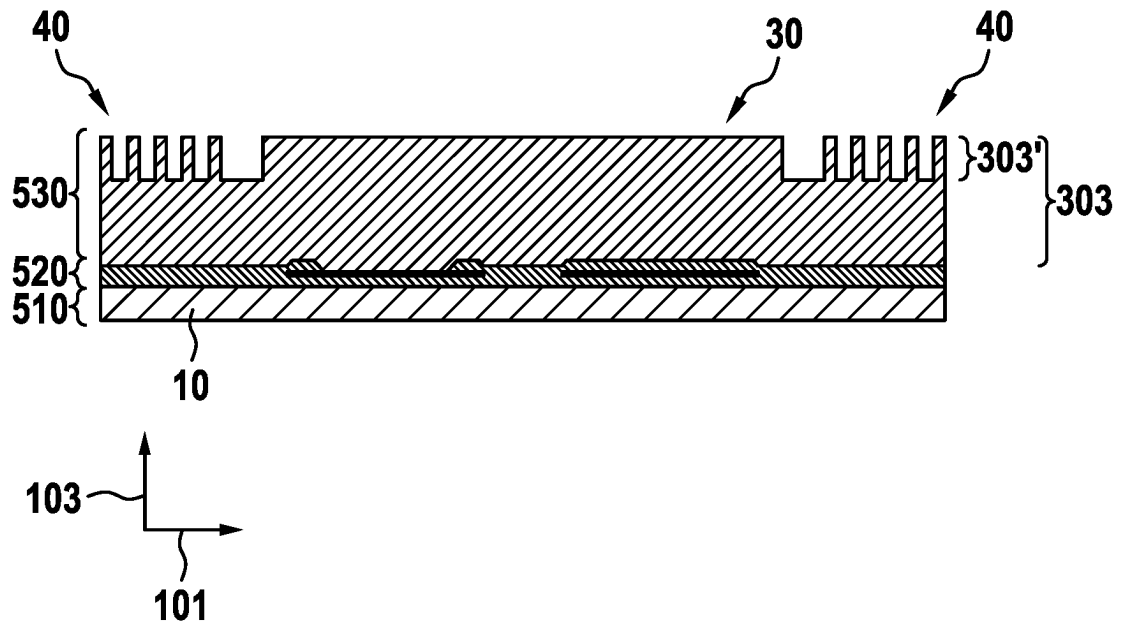


Fig. 8

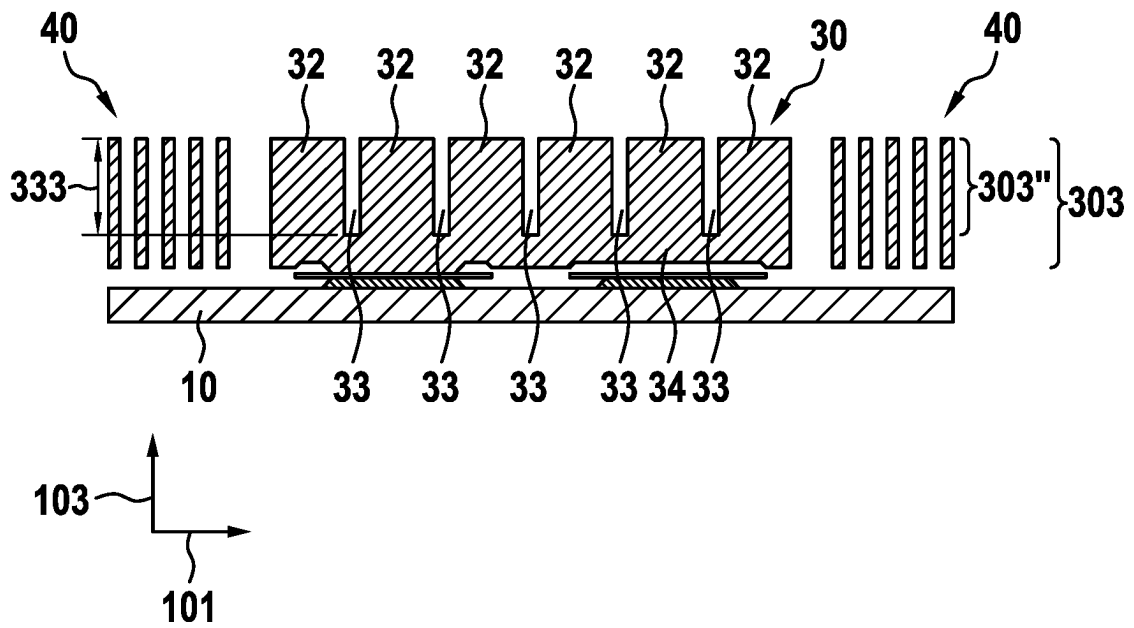


Fig. 9

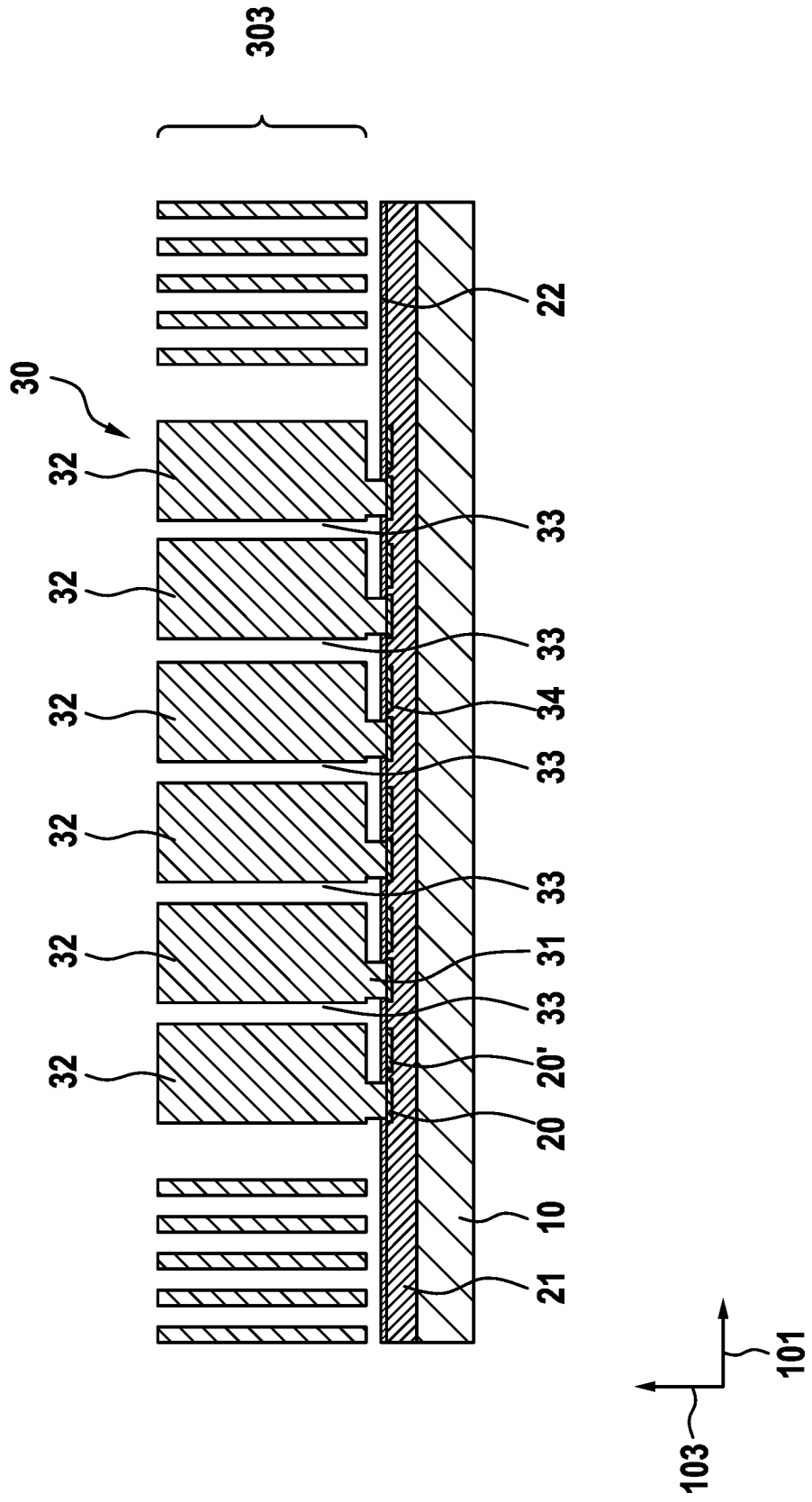


Fig. 10

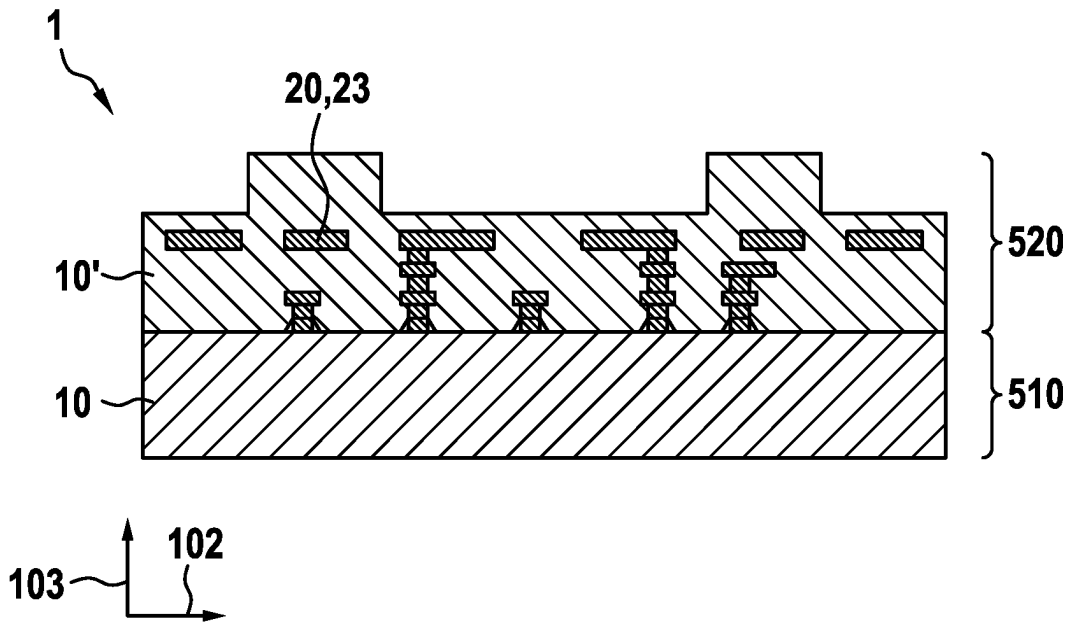


Fig. 11

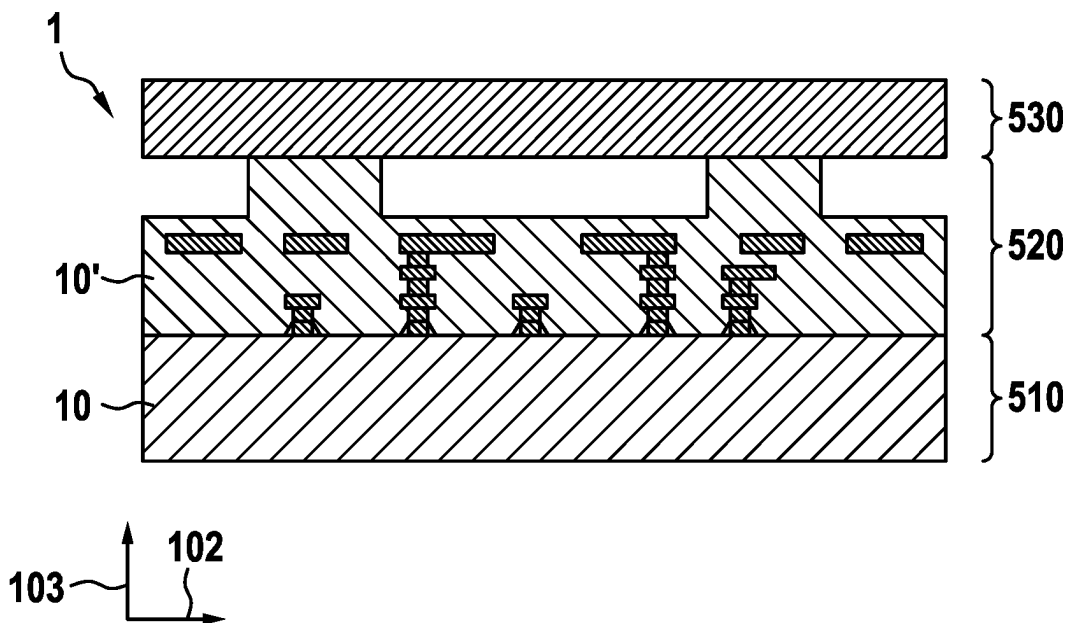


Fig. 12

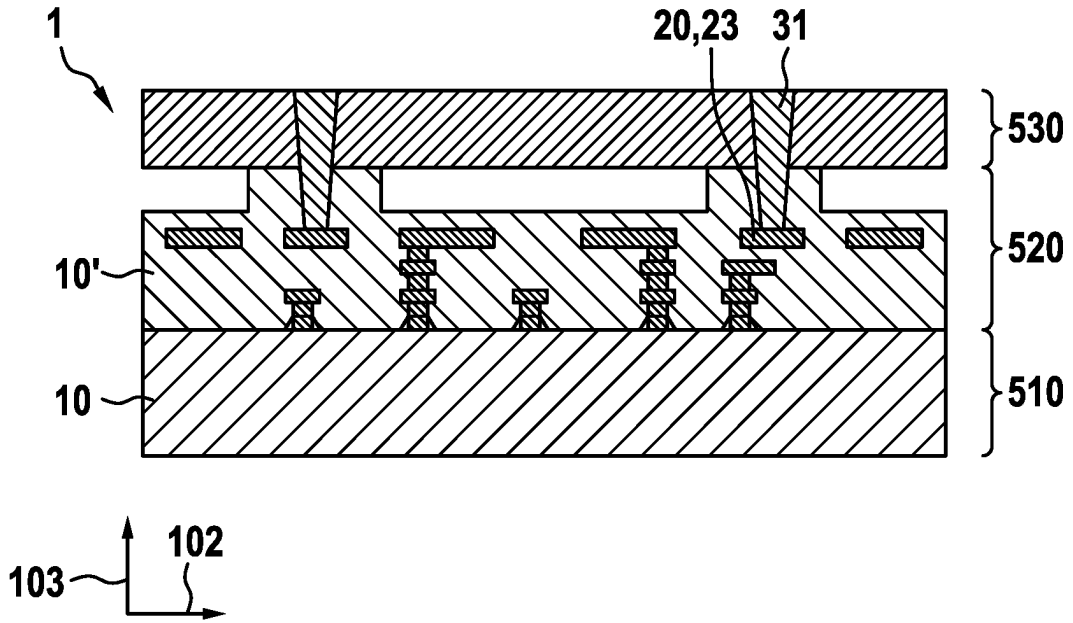


Fig. 13

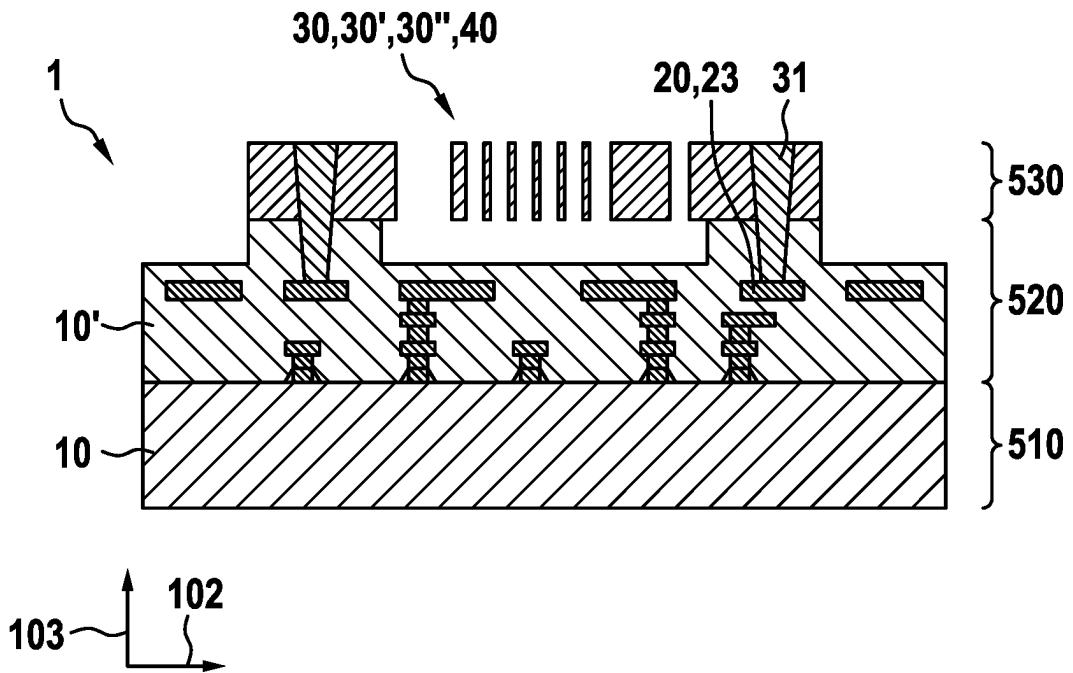


Fig. 14

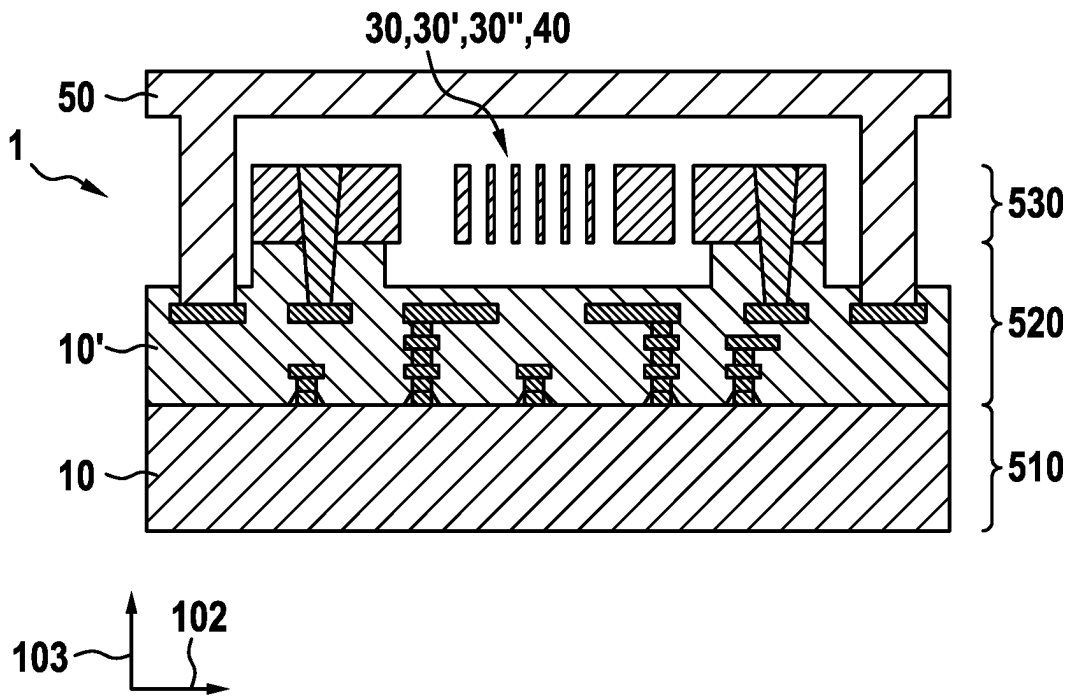


Fig. 15

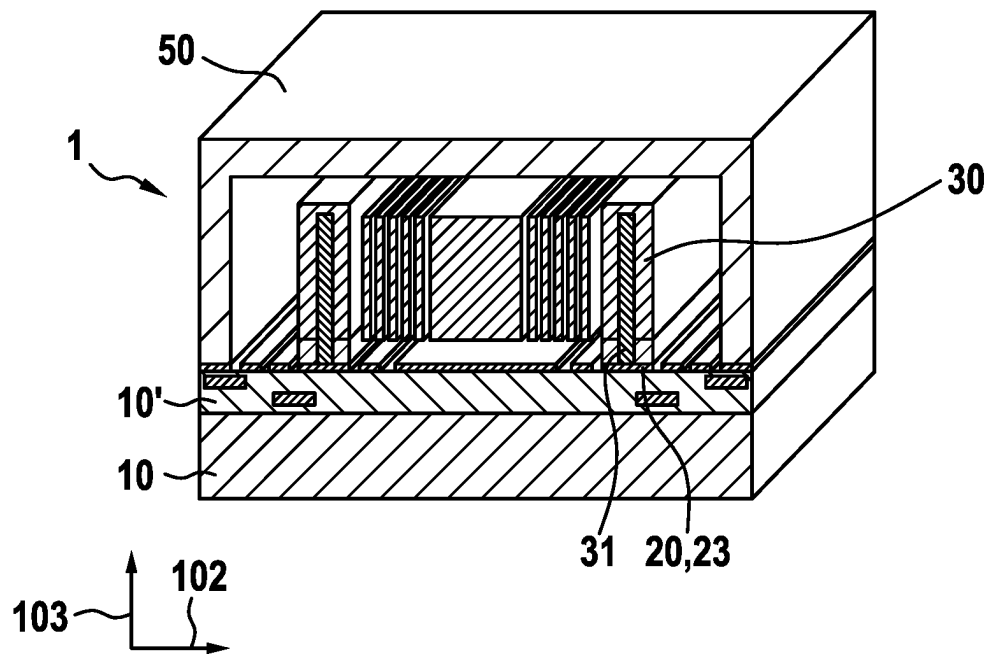


Fig. 16

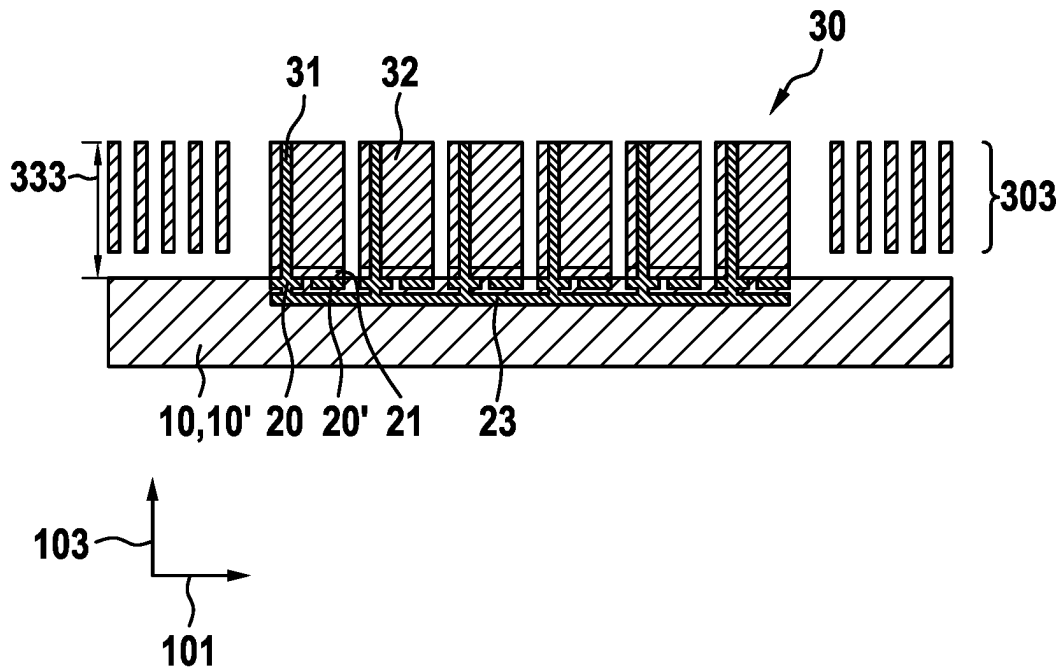


Fig. 17

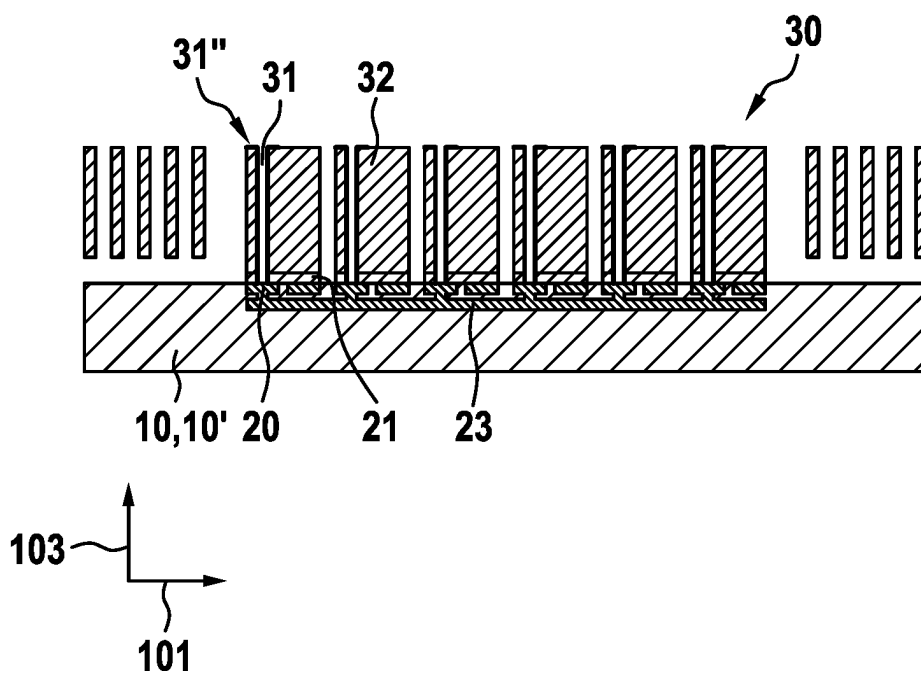


Fig. 18

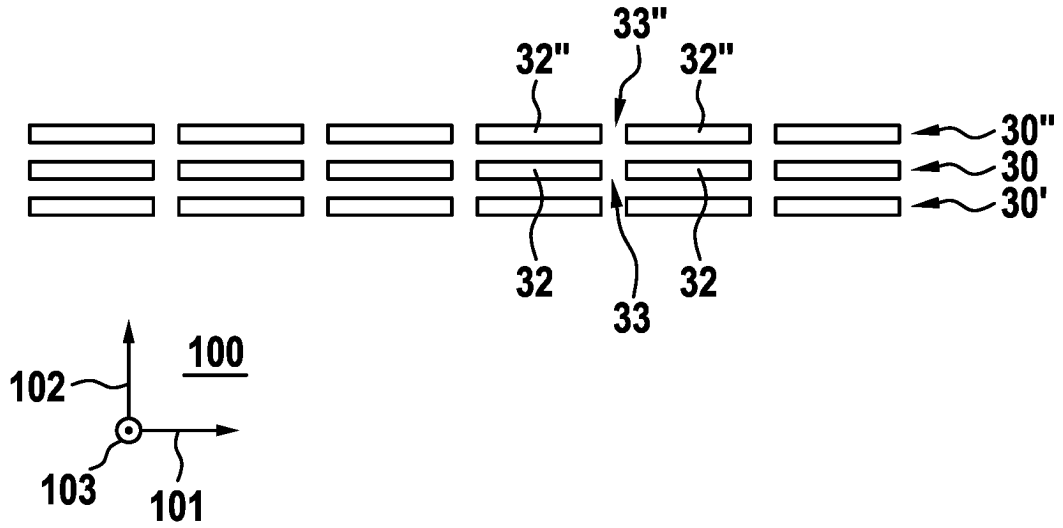


Fig. 19

