



(10) **DE 10 2018 211 331 A1** 2019.10.31

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 211 331.9**
 (22) Anmeldetag: **10.07.2018**
 (43) Offenlegungstag: **31.10.2019**

(51) Int Cl.: **G01L 9/12 (2006.01)**
G01L 13/06 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)
B81B 7/02 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Meisel, Daniel, 76646 Bruchsal, DE; Gokhan, Hatipoglu, Pittsburgh, PA, US

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	42 27 819	A1
DE	10 2011 017 462	A1
DE	10 2015 103 236	A1
CH	680 392	A5

US	6 431 003	B1
US	2013 / 0 001 550	A1
US	2018 / 0 172 534	A1
US	6 159 762	A
US	5 450 754	A
US	5 332 469	A

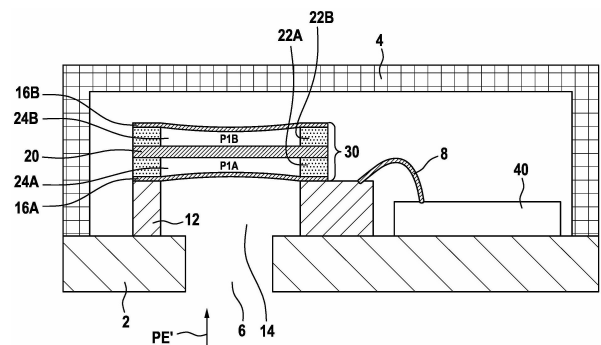
Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Mikromechanische Drucksensorvorrichtung und entsprechendes Herstellungsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung schafft eine mikromechanische Drucksensorvorrichtung und ein entsprechendes Herstellungsverfahren. Die mikromechanische Drucksensorvorrichtung ist ausgestattet mit einem Sensorsubstrat (12); einer im Sensorsubstrat (12) verankerten druckempfindlichen Kondensatoranordnung (30) mit einem ersten Kondensator und einem darüber gestapelten zweiten Kondensator; wobei der erste Kondensator eine erste Elektrode (16B) aufweist, die bei Beaufschlagung mit einem äußeren Druck (PE') deformierbar ist, und eine von der ersten Elektrode (16B) durch eine erste Abstandshaltereinrichtung (22B) beabstandete zweite Elektrode (20) aufweist; wobei der zweite Kondensator eine dritte Elektrode (16A) und eine von der dritten Elektrode (16A) durch eine zweite Abstandshaltereinrichtung (22A) beabstandete vierte Elektrode (20) aufweist. Zwischen der ersten Elektrode (16B) und der zweiten Elektrode (20) ist ein erster geschlossener Raum (24B) mit einem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck (P1B) vorgesehen ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine mikromechanische Drucksensorvorrichtung und ein entsprechendes Herstellungsverfahren.

Stand der Technik

[0002] Obwohl auf beliebige mikromechanische Drucksensorvorrichtungen anwendbar, werden die vorliegende Erfindung und die ihr zugrundeliegende Problematik anhand von mikromechanischen Drucksensorvorrichtungen auf Siliziumbasis erläutert.

[0003] Bekannt im Stand der Technik sind kapazitive mikromechanische Drucksensorvorrichtungen mit einer deformierbaren Membran, die eine allseitig umlaufende Membraneinspannung besitzt, wobei die Auslenkung der Membran mit Hilfe einer Elektrode auf einem darunter befindlichen Substrat kapazitiv bestimmt wird. Bei dieser Art von Drucksensorvorrichtungen bilden die Membran und die fest auf dem Substrat verankerte Elektrode eine Kondensatorstruktur, mit deren Hilfe eine Abstandsänderung zwischen der Membran und der Elektrode aufgrund eines einwirkenden Drucks auf die Membran, gemessen werden kann. Über die Bestimmung der Kapazität zwischen der Membran und der Elektrode kann somit eine Aussage über den an der Membran anliegenden Druck getroffen werden.

[0004] Derartige Drucksensorvorrichtungen reagieren allgemein sensitiv auf einen in die Membran eingekoppelten Stress, bedingt z.B. den Herstellungsprozess. Weiter reagieren diese Drucksensorvorrichtungen empfindlich auf Feuchte an der Sensoroberfläche, z.B. durch Bildung von unerwünschten Streukapazitäten, weshalb diese in der Regel mit einer Gelvorlage auf der Membran betrieben werden müssen.

[0005] Die US 5,332,469 offenbart einen Differenzdrucksensor mit einer Sensorkapazität und einer Referenzkapazität, welche seitlich benachbart in einem Sensorsubstrat angeordnet sind.

[0006] Die US 6,159,762 offenbart ein Herstellungsverfahren für eine mikromechanische Drucksensorvorrichtung, wobei ein Opferschichtätzprozess angewendet wird, um eine Membran freizustellen.

[0007] Die US 5,450,754 offenbart einen Drucksensor, bei dem eine Anordnung von Membranen vorgesehen ist, welche benachbart in einem Sensorsubstrat angeordnet sind.

Offenbarung der Erfindung

[0008] Die Erfindung schafft eine mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach Anspruch 1 und

ein entsprechendes Herstellungsverfahren nach Anspruch 14.

[0009] Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

Vorteile der Erfindung

[0010] Die Erfindung ermöglicht es, eine kapazitive mikromechanische Drucksensorvorrichtung zur Verfügung zu stellen, die eine hohe Feuchteunempfindlichkeit/-resistenz besitzt, eine Membran mit einer sehr guten Stressentkopplung zum umgebenden Sensorsubstrat aufweist und eine hohe Sensitivität besitzt.

[0011] Kern der Erfindung ist eine gestapelte Kondensatoranordnung mit zwei aufeinander gestapelten Kondensatoren, wobei zumindest eine Elektrode eines ersten der Kondensatoren die bei Beaufschlagung mit einem äußeren Druck deformierbar ist. Der zweite Kondensator kann entweder als Referenzkondensator oder ebenfalls als drucksensitiver Kondensator ausgestaltet sein.

[0012] Bei letzterer Konstruktion werden bei einer Druckbeaufschlagung beide Elektroden ausgelenkt. Hierdurch kann mit vergleichbaren Membranabmessungen eine doppelt so hohe Kapazitätsänderung im Vergleich zu üblichen Drucksensorvorrichtungen erzielt werden. Aufgrund der vorliegenden Erfindung ist es somit möglich, bei vergleichbaren Elektrodenabmessungen kapazitiver Drucksensoren, eine bessere Empfindlichkeit bzw. Genauigkeit zu erzielen.

[0013] Mehrere erfindungsgemäße gestapelte Kondensatoranordnungen können miteinander verbunden seitlich aneinandergereiht werden.

[0014] Die erfindungsgemäße kapazitive mikromechanische Drucksensorvorrichtung lässt sich u.a. bei Mikrofonen, z.B. in mobilen Geräten, einsetzen. Insbesondere ist es möglich, kombinierte Drucksensoren mit unterschiedlichen dynamischen Eigenschaften zu bilden.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist die dritte Elektrode bei Beaufschlagung mit dem äußeren Druck deformierbar, und zwischen der dritten Elektrode und der vierten Elektrode ist ein zweiter geschlossener Raum mit einem darin eingeschlossenen vorbestimmten zweiten Referenzdruck vorgesehen. Dies hat der Vorteil einer erhöhten Empfindlichkeit.

[0016] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die erste Elektrode auf einem ersten elektrisch isolierenden Membranbereich angeordnet, und die dritte Elektrode ist auf einem zweiten elektrisch isolierenden Membranbereich angeordnet. Dies hat

der Vorteil einer erhöhten Designfreiheit bei der Gestaltung der Elektroden.

[0017] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die erste Elektrode auf einem ersten elektrisch isolierenden Membranbereich angeordnet, und die dritte Elektrode ist auf einem elektrisch isolierenden feststehenden Bereich angeordnet. So lässt sich ein Referenzkondensator ausbilden.

[0018] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung sind die zweite Elektrode und die vierte Elektrode durch eine einzelne feststehende Elektrode gebildet. Damit dienen die zweite Elektrode und die vierte Elektrode als Referenzelektroden.

[0019] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung sind die zweite Elektrode und die vierte Elektrode durch zwei einzelne feststehende Elektroden gebildet. Dies erhöht die Flexibilität bei der elektrischen Verschaltung.

[0020] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung sind die zweite Elektrode und die vierte Elektrode auf gegenüberliegenden Seiten einer Zwischenisolationsschicht angeordnet, welche zwischen der ersten Abstandshaltereinrichtung und der zweiten Abstandshaltereinrichtung angeordnet ist. Somit lassen sich die zweite Elektrode und die vierte Elektrode mechanisch und elektrisch entkoppeln.

[0021] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist zwischen der dritten Elektrode und der vierten Elektrode ein zweiter geschlossener Raum mit dem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck vorgesehen, wobei der zweite geschlossene Raum mit dem ersten geschlossenen Raum über Durchgangslöcher in der zweiten Elektrode und in der vierten Elektrode fluidisch verbunden ist. Dies ermöglicht das Vorsehen eines gleichen Referenzdrucks für den ersten und zweiten Kondensator.

[0022] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist zwischen der dritten Elektrode und der vierten Elektrode eine dielektrische Schicht vorgesehen ist. So lässt sich ebenfalls ein Referenzkondensator ausbilden.

[0023] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist die Kondensatoranordnung einen dritten Kondensator und einen darüber gestapelten vierten Kondensator aufweist, wobei der dritte Kondensator eine fünfte Elektrode aufweist, die bei Beaufschlagung mit dem äußeren Druck deformierbar ist, und eine von der fünften Elektrode durch die erste Abstandshaltereinrichtung beabstandete sechste Elektrode aufweist, wobei der vierte Kondensator eine siebente Elektrode und eine von der siebenten Elektrode durch die zweite Abstandshaltereinrichtung

beabstandete achte Elektrode aufweist, wobei zwischen der fünften Elektrode und der sechsten Elektrode ein dritter geschlossener Raum mit dem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck vorgesehen ist, und wobei der dritte geschlossene Raum mit dem ersten geschlossenen Raum fluidisch verbunden ist. Dies ermöglicht eine platzsparende Erweiterung auf vier Kondensatoren.

[0024] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist zwischen der siebenten Elektrode und der achten Elektrode ein vierter geschlossener Raum mit dem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck vorgesehen, wobei der vierte geschlossene Raum mit dem dritten geschlossenen Raum über Durchgangslöcher in der sechsten Elektrode und in der achten Elektrode fluidisch verbunden ist. Dies ermöglicht das Vorsehen eines gleichen Referenzdrucks für den dritten und vierten Kondensator.

[0025] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist eine dritte Abstandshaltereinrichtung zwischen dem ersten und zweiten gestapelten Kondensator einerseits und den dritten und vierten gestapelten Kondensator andererseits vorgesehen. Dies erhöht die Stabilität der Kondensatoranordnung.

[0026] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung sind die erste und die fünfte Elektrode und/oder die zweite Elektrode und die sechste Elektrode und/oder die dritte und siebente Elektrode und/oder die vierte und achte Elektrode über jeweilige elektrische Verbindungsbereiche miteinander verbunden. So lassen sich die Kondensatoren effektiv miteinander elektrisch koppeln.

Figurenliste

[0027] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand von Ausführungsformen mit Bezug auf die Figuren erläutert.

[0028] Es zeigen:

Fig. 1a), b) schematische senkrechte Querschnittsdarstellungen zur Erläuterung einer mikromechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei **Fig. 1a)** einen ersten externen Druckzustand darstellt und **Fig. b)** einen zweiten externen Druckzustand darstellt;

Fig. 2a), b) schematische senkrechte Querschnittsdarstellungen zur Erläuterung einer mikromechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei **Fig. 2a)** einen ersten externen Druckzustand darstellt und **Fig. 2b)** einen zweiten externen Druckzustand darstellt;

Fig. 3 eine schematische senkrechte Querschnittsdarstellung zur Erläuterung einer mikro-

mechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4a) - Fig. d) schematische waagrechte Querschnittsdarstellungen zur Erläuterung der mikromechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entlang der Schnittlinien **A, B, C, D** in **Fig. 3**;

Fig. 5 eine schematische senkrechte Querschnittsdarstellung zur Erläuterung einer mikromechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine schematische senkrechte Querschnittsdarstellung zur Erläuterung einer mikromechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 7 eine schematische senkrechte Querschnittsdarstellung zur Erläuterung einer mikromechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Ausführungsformen der Erfindung

[0029] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente.

[0030] **Fig. 1a), b)** sind schematische senkrechte Querschnittsdarstellungen zur Erläuterung einer mikromechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei **Fig. 1a)** einen ersten externen Druckzustand darstellt und **Fig. 1b)** einen zweiten externen Druckzustand darstellt.

[0031] Die mikromechanische Drucksensorvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform weist ein Verpackungssubstrat **2** und eine darauf aufgebrachte Verkappungseinrichtung **4** auf. Innerhalb des durch das Verpackungssubstrat **2** und die Verkappungseinrichtung **4** definierten Hohlraums ist ein Sensorsubstrat **12** mit einer Kaverne **14**, welche sich durch das gesamte Sensorsubstrat **12** erstreckt, derart angeordnet, dass die Kaverne **14** oberhalb einer Öffnung **6** im Verpackungssubstrat **2** liegt, welche als Druckzugangsöffnung dient. Das Sensorsubstrat **12** ist über eine Bondverbindung **8** mit einem benachbart auf dem Verpackungssubstrat **2** angeordneten Auswerte-ASIC **40** verbunden. Beim vorliegenden Beispiel ist das Sensorsubstrat **12** beispielsweise ein Siliziumsubstrat.

[0032] Im bzw. auf dem Sensorsubstrat **12** verankert ist eine druckempfindliche Kondensatoreinrichtung **30** mit einem ersten Kondensator und einem

darüber gestapelten zweiten Kondensator vorgesehen.

[0033] Der erste Kondensator weist eine erste Elektrode **16B** auf, die bei Beaufschlagung mit einem äußeren Druck **PE'** deformierbar ist. Weiterhin weist der erste Kondensator eine von der ersten Elektrode **16B** durch eine erste Abstandshaltereinrichtung **22B** beabstandete zweite Elektrode **20** auf, welche im vorliegenden Fall als feststehende Elektrode ausgebildet ist.

[0034] Der zweite Kondensator weist eine dritte Elektrode **16A** und eine von der dritten Elektrode **16A** durch eine zweite Abstandshaltereinrichtung **22A** beabstandete vierte Elektrode **20** auf, welche beim vorliegenden Beispiel mit der zweiten Elektrode **20** zusammenfällt, also als gemeinsame Elektrode für den ersten Kondensator und den zweiten Kondensator dient. Auch die dritte Elektrode **16A** ist beim vorliegenden Beispiel bei Beaufschlagung mit dem äußeren Druck **PE'** deformierbar.

[0035] Zwischen der ersten Elektrode **16B** und der zweiten Elektrode **20** ist ein erster geschlossener Raum **24B** mit einem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck **P1B** vorgesehen, und zwischen der dritten Elektrode **16A** und der vierten Elektrode **20** ist ein zweiter geschlossener Raum **24A** mit einem darin eingeschlossenen vorbestimmten zweiten Referenzdruck **P1A** vorgesehen.

[0036] Der erste und zweite Referenzdruck **P1B**, **P1A** sind beim vorliegenden Beispiel gleich, können aber prinzipiell auch verschieden sein. Die Referenzdrucke **P1A**, **P1B** können dem Umgebungsdruck **PE** entsprechen, können aber auch niedriger liegen, beispielsweise bei 800 mbar, 500 mbar, 250 mbar, 100 mbar, 10 mbar, 1 mbar oder sogar darunter. Beim vorliegenden Beispiel entsprechen die Referenzdrucke **P1A**, **P1B** dem äußeren Druck **PE**.

[0037] Steigt der äußere Druck vom Wert **PE** auf den Wert **PE'**, so kommt es zu einer gegeneinander gerichteten gleichzeitigen Deformierung der ersten Elektrode **16B** und der dritten Elektrode **16A**, wie in **Fig. 1b)** dargestellt. Somit lässt sich durch eine entsprechende elektrische Kapazitätsbestimmung des ersten und zweiten Kondensators die Druckänderung von dem Druckwert **PE** zum Druckwert **PE'** bestimmen.

[0038] Dabei gelangt der äußere Druck **PE'** über (nicht dargestellte) Durchgänge bzw. Diffusionskanäle zu der ersten Elektrode **16B** und der dritten Elektrode **16A**.

[0039] Beim vorliegenden Beispiel sind die erste Elektrode **16B**, die zweite bzw. vierte Elektrode **20** und die dritte Elektrode **16A** alle jeweils aus einer leit-

fähigen Schicht, beispielsweise Polysilizium, gefertigt. Die erste und zweite Abstandshaltereinrichtung **22B**, **22A** sind aus einem isolierenden Material, beispielsweise Siliziumnitrid, gefertigt.

[0040] Im Vergleich zu herkömmlichen Systemen mit nur einer einzigen deformierbaren Elektrode hat die vorliegende erste Ausführungsform den Vorteil, dass bei gleichem Druckanstieg eine doppelt so hohe Empfindlichkeit erzielt werden kann, da sich die erste Elektrode **16B** und die dritte Elektrode **16A** bei Druckbeaufschlagung aufeinander zubewegen, was zu einer doppelten Kapazitätsveränderung bei nur geringfügig erhöhtem Platzbedarf führt.

[0041] Fig. 2a), b) sind schematische senkrechte Querschnittsdarstellungen zur Erläuterung einer mikro-mechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei Fig. 2a) einen ersten externen Druckzustand darstellt und Fig. 2b) einen zweiten externen Druckzustand darstellt.

[0042] Die zweite Ausführungsform entspricht im Wesentlichen der bereits erläuterten ersten Ausführungsform, jedoch ist die mit Bezugszeichen **30'** bezeichnete Kondensatoranordnung mit dem ersten und zweiten Kondensator unterschiedlich aufgebaut.

[0043] Insbesondere ist bei der zweiten Ausführungsform die erste Elektrode **26B** auf einem ersten elektrisch isolierenden Membranbereich **28B** angeordnet, und die dritte Elektrode **26A** ist auf einem zweiten elektrisch isolierenden Membranbereich **28A** angeordnet.

[0044] Die zweite Elektrode **20B** und die vierte Elektrode **20A** sind bei der zweiten Ausführungsform als getrennte Elektroden und auf gegenüberliegenden Seiten einer Zwischenisolationsschicht **28** angeordnet, welche sich zwischen der ersten Abstandshaltereinrichtung **22B** und der zweiten Abstandshaltereinrichtung **22A** befindet.

[0045] Wie bei der oben beschriebenen ersten Ausführungsform sind die zweite Elektrode **20B** und die vierte Elektrode **20A** als feststehende Elektroden angeordnet, jedoch befinden sich Durchgangslöcher **V** in den Elektroden **20B**, **20A** und der Zwischenisolationsschicht **28**, so dass der erste geschlossene Raum **24B'** mit dem zweiten geschlossenen Raum **24A'** über die Durchgangslöcher **V** in der zweiten Elektrode **20B** und in der vierten Elektrode **20A** und der diese trennenden Zwischenisolationsschicht **28** fluidisch verbunden ist. Mit anderen Worten bilden der erste geschlossene Raum **24B'** und der zweite geschlossene Raum **24A'** einen gemeinsamen geschlossenen Raum mit einem eingeschlossenen Referenzdruck **P1**.

[0046] Die erste Abstandshaltereinrichtung **22B** beabstandet den ersten elektrisch isolierenden Membranbereich **28B** von der Zwischenisolationsschicht **28**, und die zweite Abstandshaltereinrichtung **22A** beabstandet den zweiten elektrisch isolierenden Membranbereich **28A** von der Zwischenisolationsschicht **28**. Die elektrisch isolierenden Membranbereiche **28B**, **28A** und die Zwischenisolationsschicht **28** können ebenso wie die erste und zweite Abstandshaltereinrichtung **22A**, **22B** aus Siliziumnitrid bzw. Siliziumoxid oder einem ähnlichen Isolationsmaterial aufgebaut sein.

[0047] Entspricht der im geschlossenen Raum **24B'**, **24A'** angeschlossene Referenzdruck **P1** dem äußeren Druck **PE**, so ergibt sich der Zustand gemäß Fig. 2a), und bei einer Druckerhöhung auf den Druckwert **PE'**, wie in Fig. 2b) gezeigt, ergibt sich wie bei der ersten Ausführungsform eine aufeinander zugerichtete Deformierung des ersten elektrisch isolierenden Membranbereichs **28A** mit der darauf angeordneten ersten Elektrode **26B** und des zweiten elektrisch isolierenden Membranbereichs **28A** mit der darauf angebrachten dritten Elektrode **26A**. Somit lässt sich auch bei dieser zweiten Ausführungsform analog zur ersten Ausführungsform der Druckanstieg vom Druckwert **PE** auf den Druckwert **PE'** kapazitiv erfassen.

[0048] Fig. 3 ist eine schematische senkrechte Querschnittsdarstellung zur Erläuterung einer mikro-mechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0049] Die dritte Ausführungsform basiert auf der mit Bezug auf Fig. 2a), b) beschriebenen zweiten Ausführungsform, da auch hier sämtliche Elektroden auf isolierenden Bereichen aufgebracht sind.

[0050] Bei der dritten Ausführungsform, die gleichermaßen verpackt werden kann wie die oben beschriebene erste und zweite Ausführungsform, ist aus Gründen der Anschaulichkeit lediglich das Sensorsubstrat **12** mit der darin verankerten Kondensatoranordnung **30''** gezeigt, wobei die Kondensatoranordnung **30''** bei der dritten Ausführungsform neben einem ersten Kondensator und einem zweiten Kondensator auch einen dritten Kondensator und einen vierten Kondensator aufweist, welche seitlich beabstandet und angrenzend an ersten und zweiten Kondensator angeordnet sind, wie nachstehend näher erläutert wird.

[0051] Der erste Kondensator weist die erste Elektrode **26B'** auf, welche auf dem ersten elektrisch isolierenden Membranbereich **26B'** vorgesehen ist. Die zweite Elektrode **20B'** und die vierte Elektrode **20A'** sind auf gegenüberliegenden Seiten der Zwischenisolationsschicht **28'** vorgesehen, wie im Zusammenhang mit der zweiten Ausführungsform erläutert.

[0052] Die dritte Elektrode **26A'** ist auf dem zweiten elektrisch isolierenden Membranbereich **28A'** vorgesehen. Der erste abgeschlossene Raum trägt Bezugszeichen **24B''** und kommuniziert über die Durchgangslöcher **V** mit dem zweiten abgeschlossenen Raum **24A''**.

[0053] Der dritte Kondensator weist einen dritten elektrisch isolierenden Membranbereich **28D'** auf, auf dem eine fünfte Elektrode **26D'** aufgebracht ist. Eine sechste Elektrode als feststehende Elektrode **20D'** ist auf der Zwischenisolationsschicht **28'** aufgebracht.

[0054] Eine siebente Elektrode **26C'** ist auf einem vierten elektrisch isolierenden Membranbereich **28C'** aufgebracht, und eine achte Elektrode **20C'** ist auf einer gegenüberliegenden Seite der Zwischenisolationsschicht **28'** aufgebracht.

[0055] Bei dieser Ausführungsform sind die erste Elektrode **26B'**, die dritte Elektrode **26A'**, die fünfte Elektrode **26D'** und die achte Elektrode **26C'** beim Anlegen des äußeren Drucks **PE'** deformierbar.

[0056] Die erste Abstandshaltereinrichtung **22B'** dient zur Beabstandung des zusammenhängenden ersten und dritten elektrisch isolierenden Membranbereichs **28B'**, **28D'** von der Zwischenisolationsschicht **28'**, und die zweite Abstandshaltereinrichtung **22A'** dient zur Beabstandung des zusammenhängenden zweiten und vierten elektrisch isolierenden Membranbereichs **28A'**, **28C'** von der Zwischenisolationsschicht **28'**.

[0057] Ein dritter geschlossener Raum trägt Bezugszeichen **24D''**, und ein vierter geschlossener Raum trägt Bezugszeichen **24C''**. Der dritte abgeschlossene Raum **24D''** und der vierte abgeschlossene Raum **24C''** kommunizieren über weitere Durchgangsöffnungen **V'** miteinander. Insbesondere kommunizieren aber bei der vorliegenden Ausführungsform sämtliche abgeschlossenen Räume **24B''**, **24A''**, **24C''** und **24D''** miteinander, und schließen den gemeinsamen Referenzdruck **P1** ein, wie sich insbesondere aus **Fig. 4a) - Fig. d)** ergibt.

[0058] Zwischen dem ersten und zweiten Kondensator einerseits bzw. dem dritten und vierten Kondensator andererseits vorgesehen ist eine dritte Abstandshaltereinrichtung **22C'**, die als zentraler isolierender Stützpfeiler ausgebildet ist, durch den sich die Zwischenisolationsschicht **28'** erstreckt.

[0059] **Fig. 4a) - Fig. d)** sind schematische waagrechte Querschnittsdarstellungen zur Erläuterung der mikromechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entlang der Schnittlinien **A, B, C, D** in **Fig. 3**.

[0060] Insbesondere ist daraus ersichtlich, dass die erste und die fünfte Elektrode **26B'**, **26D'** und die zweite und die sechste Elektrode **20B'**, **20D'** durch elektrische Verbindungsbereiche **VB**, **VB'** miteinander elektrisch verbunden sind, also auf demselben elektrischen Potenzial liegen.

[0061] Ebenso (nicht dargestellt) sind die dritte und die siebente Elektrode **26A'**, **26C'** und die vierte und achte Elektrode **20A'**, **20C'** durch entsprechende elektrische Verbindungsbereiche **VB**, **VB'** miteinander elektrisch verbunden sind, so dass sie auf demselben elektrischen Potenzial liegen.

[0062] **Fig. 5** ist eine schematische senkrechte Querschnittsdarstellung zur Erläuterung einer mikromechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0063] Die vierte Ausführungsform entspricht vom mechanischen Aufbau der bereits erläuterten dritten Ausführungsform, allerdings sind bei der vierten Ausführungsform der erste bis vierte Kondensator der Kondensatoranordnung **30'''** separat elektrisch kontaktierbar. Mit anderen Worten sind die Verbindungsbereiche **VB**, **VB'** gemäß der dritten Ausführungsform weggelassen.

[0064] Hier umfasst der erste Kondensator die erste Elektrode **26B''** auf dem ersten elektrisch isolierenden Membranbereich **28B'** und die zweite Elektrode **20B''** auf der Zwischenisolationsschicht **28'**. Der zweite Kondensator umfasst die dritte Elektrode **28A''** auf dem zweiten elektrisch isolierenden Membranbereich **28A'** und die vierte Elektrode **20A''** auf der Zwischenisolationsschicht **28'**.

[0065] Der dritte Kondensator umfasst die Elektrode **26D''** auf dem dritten elektrisch isolierenden Membranbereich **28D'** und die zweite Elektrode **20D''** auf der Zwischenisolationsschicht **28'**. Der vierte Kondensator umfasst die siebente Elektrode **26C''** auf dem vierten elektrisch isolierenden Membranbereich **28C'** und die achte Elektrode **20C''** auf der Zwischenisolationsschicht **28'**.

[0066] Durch die separate elektrische Kontaktierbarkeit aller acht Elektroden **26B''**, **26A''**, **20B''**, **20A''**, **26D''**, **26C''**, **20D''**, **20C''** ergibt sich eine vollständig freie elektrische Verschaltbarkeit des ersten bis vierten Kondensators, was durch eine nicht gezeigte beliebige Leiterbahnanordnung erfolgen kann.

[0067] Ansonsten entspricht der Aufbau der vierten Ausführungsform vollständig dem Aufbau der fünften Ausführungsform.

[0068] **Fig. 6** ist eine schematische senkrechte Querschnittsdarstellung zur Erläuterung einer mikro-

mechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0069] Bei der fünften Ausführungsform trägt die Kondensatoranordnung Bezugszeichen **30'''**.

[0070] Hier ist die dritte Elektrode **26A'''** ebenso wie die siebente Elektrode **26C'''** auf einem elektrisch isolierenden feststehenden Bereich **222** auf dem Sensorsubstrat **12'** angeordnet. Auch weist das Sensorsubstrat **12'** bei dieser fünften Ausführungsform keine Kaverne auf, sondern der äußere Druck ist nur an den ersten und dritten elektrisch isolierenden Membranbereich **28B'**, **28D'** des ersten bzw. dritten Kondensators anlegbar.

[0071] Der zweite Kondensator und der vierte Kondensator sind somit Referenzkondensatoren mit fester Kapazität.

[0072] Ansonsten entspricht die fünfte Ausführungsform der vierten Ausführungsform.

[0073] **Fig. 7** ist eine schematische senkrechte Querschnittsdarstellung zur Erläuterung einer mikro-mechanischen Drucksensorvorrichtung gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0074] Bei der sechsten Ausführungsform trägt die Kondensatoranordnung Bezugszeichen **30''''**, und im Vergleich zur fünften Ausführungsform sind die zweite Elektrode **20B'''**, die vierte Elektrode **20A'''**, die sechste Elektrode **20D'''** und die achte Elektrode **20C'''** nicht perforiert. Die Durchgangsöffnungen **V** bzw. **V'** befinden sich im benachbarten Bereich der Zwischenisolationsschicht **28'**.

[0075] Zwischen der dritten Elektrode **26A'''** und der vierten Elektrode **20A'''** sowie der siebenten Elektrode **26C'''** und der achten Elektrode **20C'''** ist eine jeweilige dielektrische Schicht **D1**, **D2** vorgesehen, so dass auch bei der sechsten Ausführungsform der zweite Kondensator und der vierte Kondensator Referenzkondensatoren mit fester Kapazität sind.

[0076] Ansonsten entspricht die sechste Ausführungsform der bereits beschriebenen fünften Ausführungsform.

[0077] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt. Insbesondere sind die genannten Materialien und Topologien nur beispielhaft und nicht auf die erläuterten Beispiele beschränkt.

[0078] Auch die dargestellten Druckzugänge sind nur beispielhaft und vielfältig variierbar.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 5332469 [0005]
- US 6159762 [0006]
- US 5450754 [0007]

Patentansprüche

1. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung mit:
einem Sensorsubstrat (12; 12');

einer im Sensorsubstrat (12; 12') verankerten druckempfindlichen Kondensatoranordnung (30; 30'; 30"; 30'''; 30''''; 30''''') mit einem ersten Kondensator und einem darüber gestapelten zweiten Kondensator;
wobei der erste Kondensator eine erste Elektrode (16B; 26B; 26B') aufweist, die bei Beaufschlagung mit einem äußeren Druck (PE') deformierbar ist, und eine von der ersten Elektrode (16B; 26B; 26B') durch eine erste Abstandshaltereinrichtung (22B; 22B') beabstandete zweite Elektrode (20; 20B; 20B'; 20B"; 20B''; 20B''') aufweist;

wobei der zweite Kondensator eine dritte Elektrode (16A; 26A; 26A'; 26A"; 26A''') und eine von der dritten Elektrode (16A; 26A; 26A'; 26A") durch eine zweite Abstandshaltereinrichtung (22A; 22A') beabstandete vierte Elektrode (20; 20A; 20A'; 20A"; 20A''') aufweist; und

wobei zwischen der ersten Elektrode (16B; 26B; 26B') und der zweiten Elektrode (20; 20B; 20B'; 20B"; 20B''; 20B''') ein erster geschlossener Raum (24B; 24B'; 24B") mit einem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck (P1B; P1) vorgesehen ist.

2. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die dritte Elektrode (16A; 26A; 26A'; 26A") bei Beaufschlagung mit dem äußeren Druck (PE') deformierbar ist und zwischen der dritten Elektrode (16A; 26A; 26A'; 26A") und der vierten Elektrode (20) ein zweiter geschlossener Raum (24A) mit einem darin eingeschlossenen vorbestimmten zweiten Referenzdruck (P1A) vorgesehen ist.

3. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Elektrode (26B; 26B'; 26B") auf einem ersten elektrisch isolierenden Membranbereich (28B; 28B') angeordnet ist und die dritte Elektrode (26A; 26A'; 26A") auf einem zweiten elektrisch isolierenden Membranbereich (28A; 28A') angeordnet ist.

4. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Elektrode (26B") auf einem ersten elektrisch isolierenden Membranbereich (28B') angeordnet ist und die dritte Elektrode (26A''') auf einem elektrisch isolierenden feststehenden Bereich (222) angeordnet ist.

5. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Elektrode (20) und die vierte Elektrode (20) durch eine einzelne feststehende Elektrode gebildet sind.

6. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die zwei-

te Elektrode (20B; 20B'; 20B"; 20B''; 20B''') und die vierte Elektrode (20A; 20A'; 20A"; 20A''') durch zwei einzelne feststehende Elektroden gebildet sind.

7. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die zweite Elektrode (20B; 20B'; 20B"; 20B''; 20B''') und die vierte Elektrode (20A; 20A'; 20A"; 20A''') auf gegenüberliegenden Seiten einer Zwischenisolationsschicht (28; 28') angeordnet sind, welche zwischen der ersten Abstandshaltereinrichtung (22B; 22B') und der zweiten Abstandshaltereinrichtung (22A; 22A') angeordnet ist.

8. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1, 3, 4, 5, 6, 7, wobei zwischen der dritten Elektrode (26A; 26A'; 26A"; 26A''') und der vierten Elektrode (20A; 20A'; 20A"; 20A''') ein zweiter geschlossener Raum (24A'; 24A") mit dem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck (P1) vorgesehen ist, wobei der zweite geschlossene Raum (24A'; 24A") mit dem ersten geschlossenen Raum (24A'; 24A") über Durchgangslöcher (V) in der zweiten Elektrode (20B; 20B'; 20B"; 20B''; 20B''') und in der vierten Elektrode (20A; 20A'; 20A"; 20A''') fluidisch verbunden ist.

9. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1, 3, 4, 5, 6, 7, wobei zwischen der dritten Elektrode (26A''') und der vierten Elektrode (20A''') eine dielektrische Schicht (D1) vorgesehen ist.

10. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kondensatoranordnung (30"; 30'''; 30''''; 30''''') einen dritten Kondensator und einen darüber gestapelten vierten Kondensator aufweist;

wobei der dritte Kondensator eine fünfte Elektrode (26D'; 26D") aufweist, die bei Beaufschlagung mit dem äußeren Druck (PE') deformierbar ist, und eine von der fünften Elektrode (26D'; 26D") durch die erste Abstandshaltereinrichtung (22B') beabstandete sechste Elektrode (200'; 20D"; 20D") aufweist;

wobei der vierte Kondensator eine siebente Elektrode (26C'; 26C"; 26C''') und eine von der siebenten Elektrode (26C'; 26C"; 26C''') durch die zweite Abstandshaltereinrichtung (22A') beabstandete achte Elektrode (20C'; 20C"; 20C''') aufweist;

wobei zwischen der fünften Elektrode (26D'; 26D") und der sechsten Elektrode (200'; 20D"; 20D") ein dritter geschlossener Raum (24D") mit dem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck (P1) vorgesehen ist; und

wobei der dritte geschlossene Raum (24D") mit dem ersten geschlossenen Raum (24B") fluidisch verbunden ist.

11. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach Anspruch 10, wobei zwischen der siebenten Elektrode (26C'; 26C''') und der achten Elektrode

(20C'; 20C'') ein vierter geschlossener Raum (24C'') mit dem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck (P1) vorgesehen ist, wobei der vierte geschlossene Raum (24C'') mit dem dritten geschlossenen Raum (24D'') über Durchgangslöcher (V') in der sechsten Elektrode (200'; 20D'') und in der achten Elektrode (20C'; 20C'') fluidisch verbunden ist.

12. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, wobei eine dritte Abstandshaltereinrichtung (22C') zwischen dem ersten und zweiten gestapelten Kondensator einerseits und den dritten und vierten gestapelten Kondensator andererseits vorgesehen ist.

13. Mikromechanische Drucksensorvorrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12, wobei die erste und die fünfte Elektrode und/oder die zweite Elektrode und die sechste Elektrode und/oder die dritte und siebente Elektrode und/oder die vierte und achte Elektrode über jeweilige elektrische Verbindungsbereiche (VB; VB') miteinander verbunden sind.

14. Herstellungsverfahren für eine mikromechanische Drucksensorvorrichtung mit den Schritten:
 Bereitstellen von einem Sensorsubstrat (12; 12');
 Verankern einer druckempfindlichen Kondensatoranordnung (30; 30'; 30"; 30'''; 30''''; 30''''') mit einem ersten Kondensator und einem darüber gestapelten zweiten Kondensator im Sensorsubstrat (12; 12');
 wobei der erste Kondensator eine erste Elektrode (16B; 26B; 26B') aufweist, die bei Beaufschlagung mit einem äußeren Druck (PE') deformierbar ist, und eine von der ersten Elektrode (16B; 26B; 26B') durch eine erste Abstandshaltereinrichtung (22B; 22B') beabstandete zweite Elektrode (20; 20B; 20B'; 20B''; 20B'''; 20B''''') aufweist;
 wobei der zweite Kondensator eine dritte Elektrode (16A; 26A; 26A'; 26A''; 26A''') und eine von der dritten Elektrode (16A; 26A; 26A'; 26A'') durch eine zweite Abstandshaltereinrichtung (22A; 22A') beabstandete vierte Elektrode (20; 20A; 20A'; 20A''; 20A''') aufweist;
 und
 wobei zwischen der ersten Elektrode (16B; 26B; 26B') und der zweiten Elektrode (20; 20B; 20B'; 20B''; 20B'''; 20B''''') ein erster geschlossener Raum (24B; 24B'; 24B'') mit einem darin eingeschlossenen vorbestimmten ersten Referenzdruck (P1B; P1) vorgesehen wird.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1a)

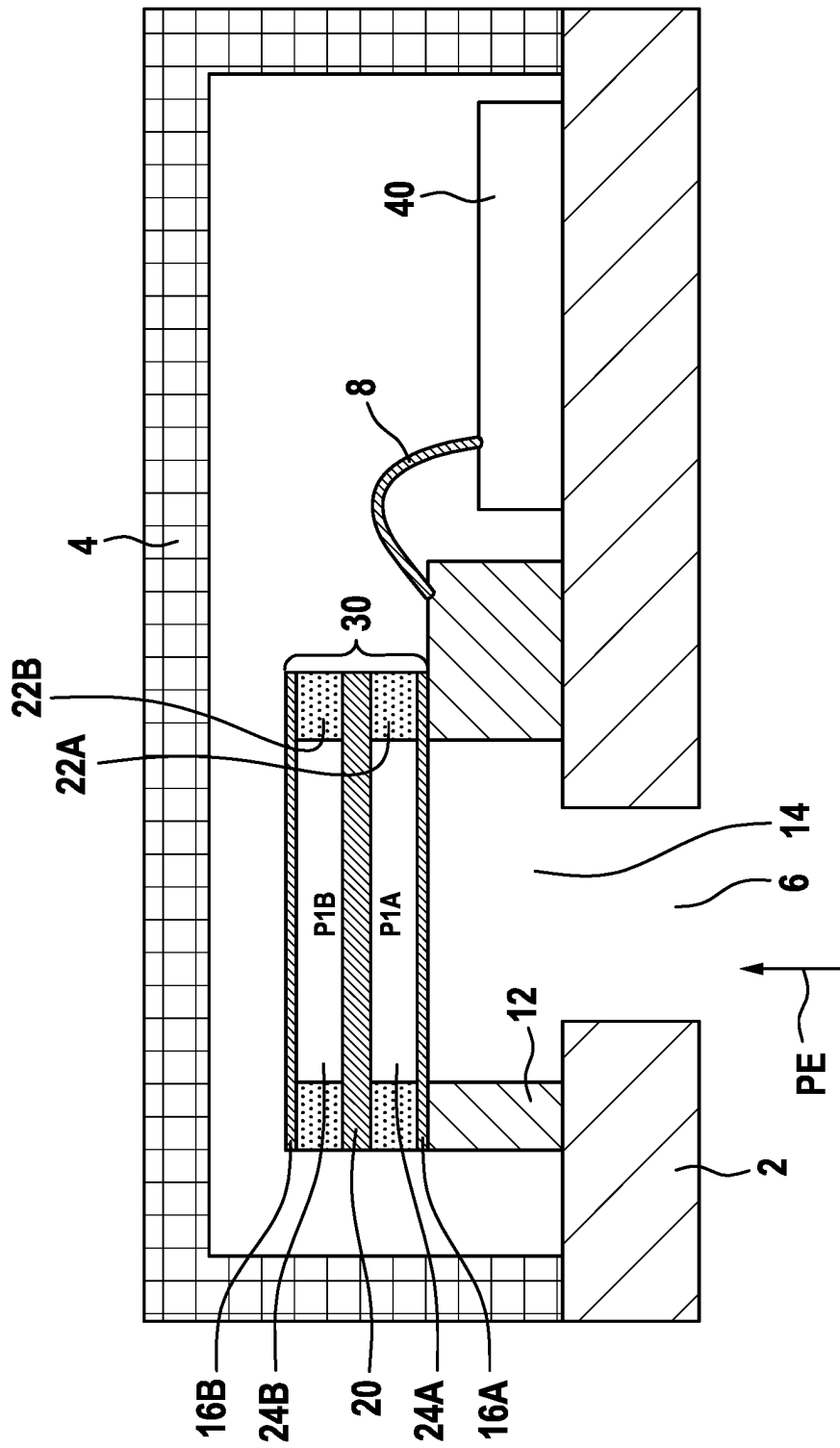


Fig. 1b)

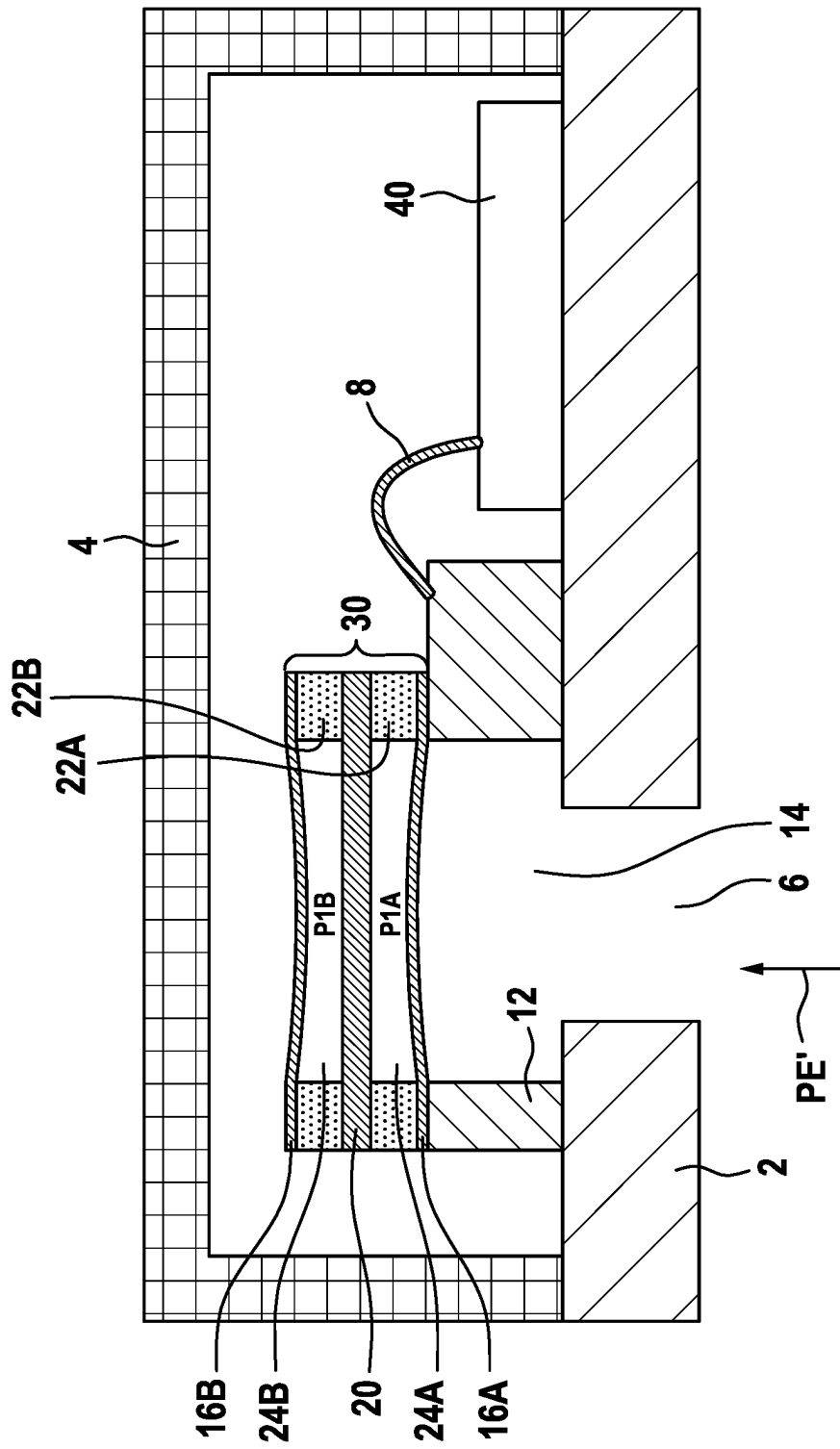


Fig. 2a)

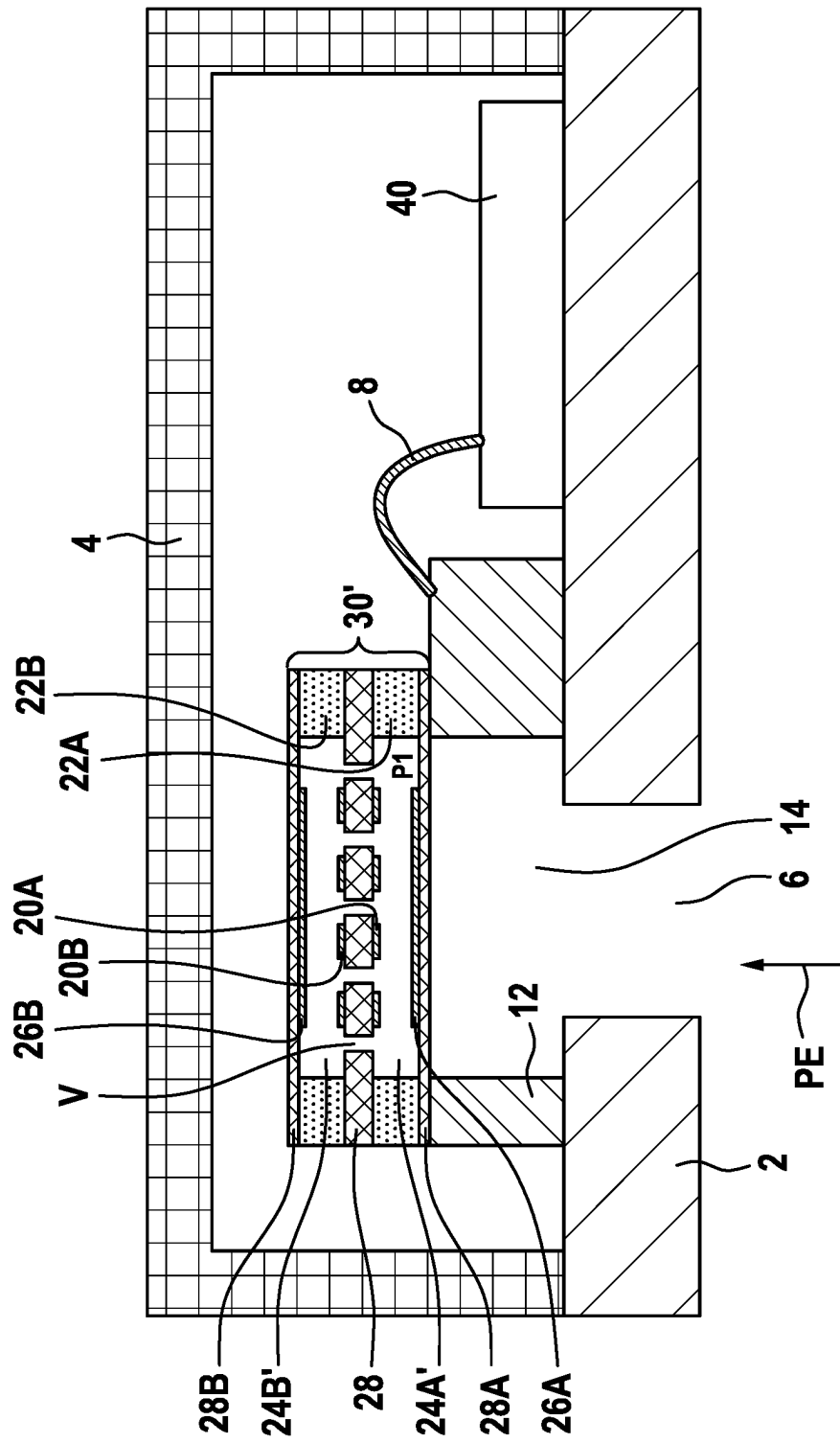


Fig. 2b)

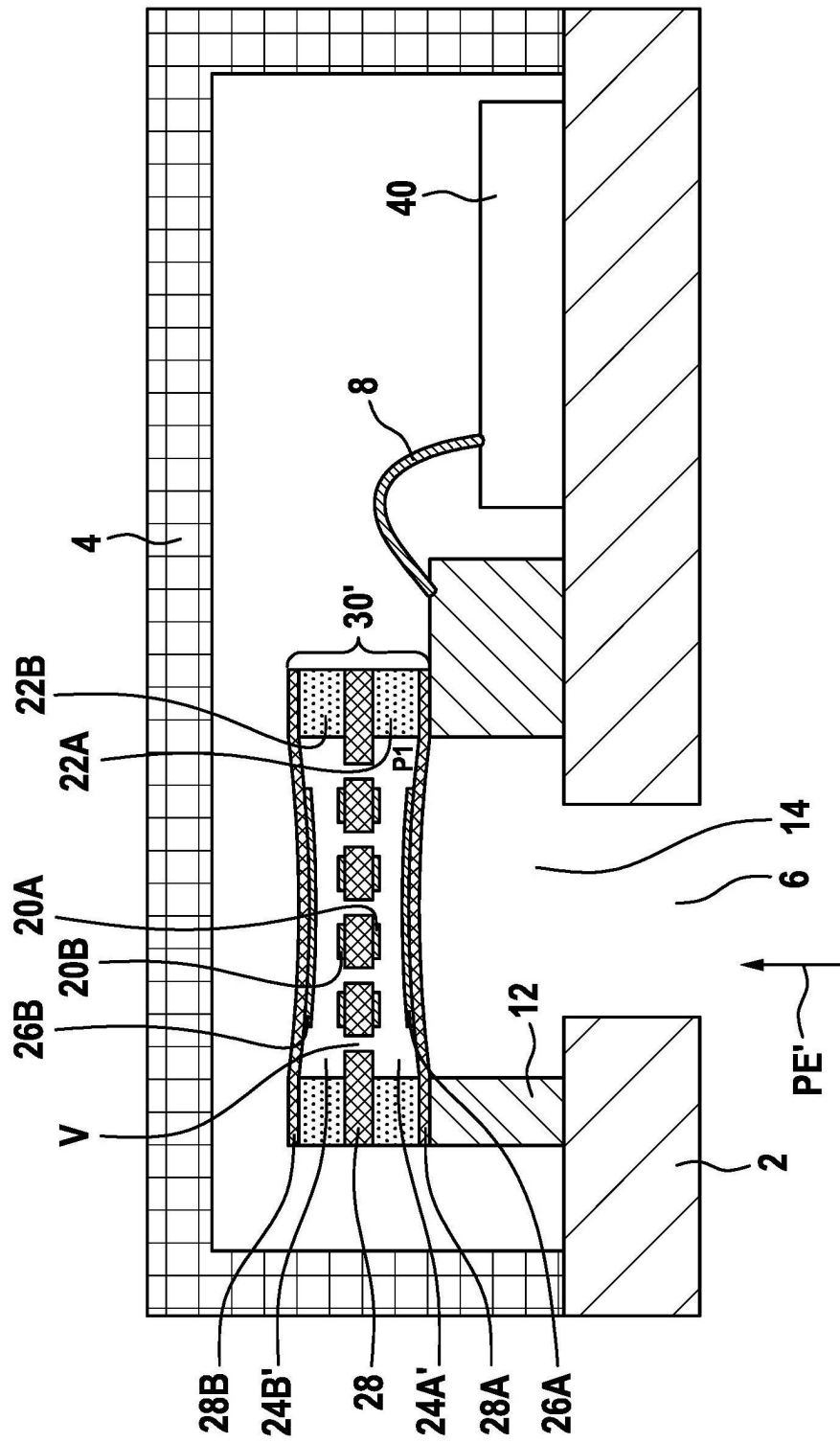


Fig. 3

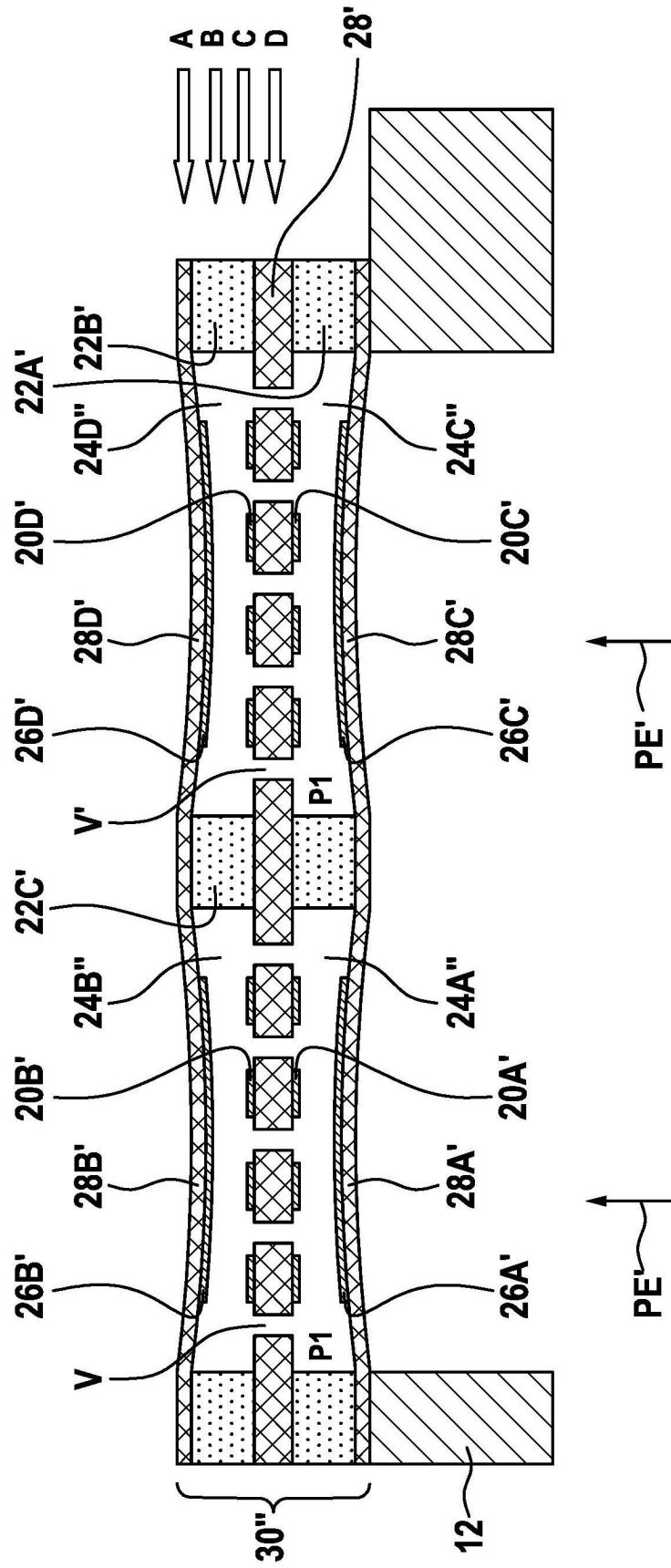


Fig. 4a)

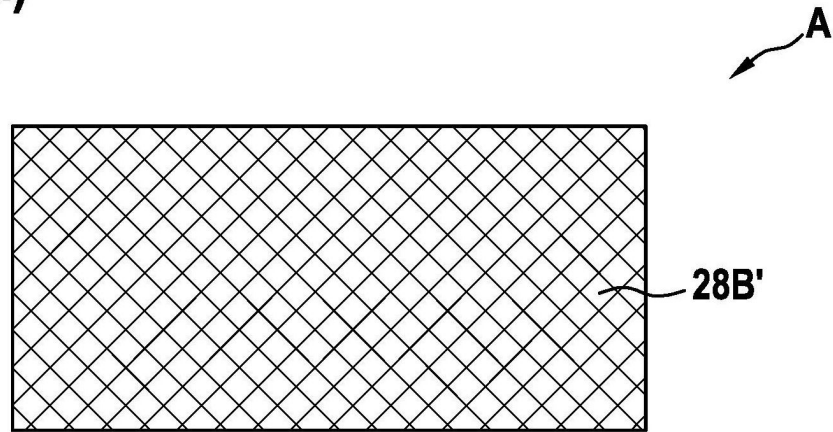


Fig. 4b)

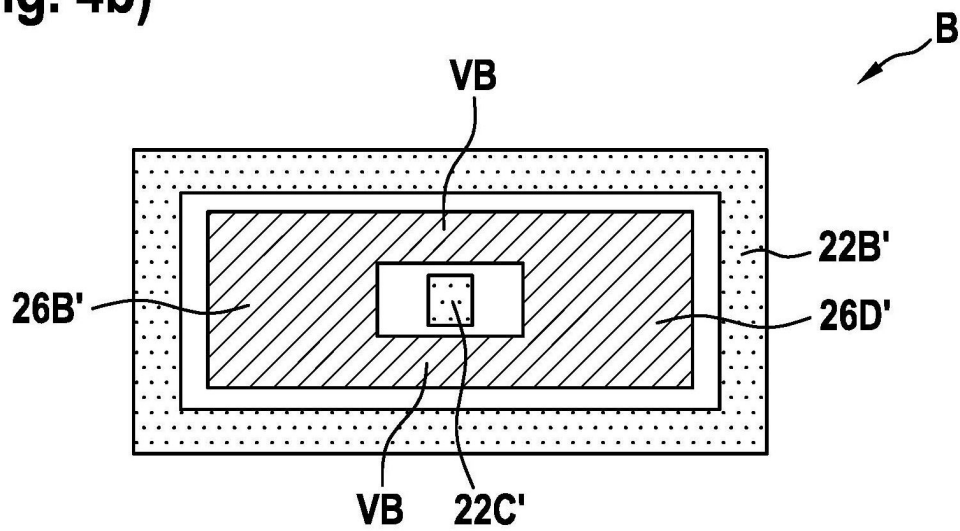


Fig. 4c)

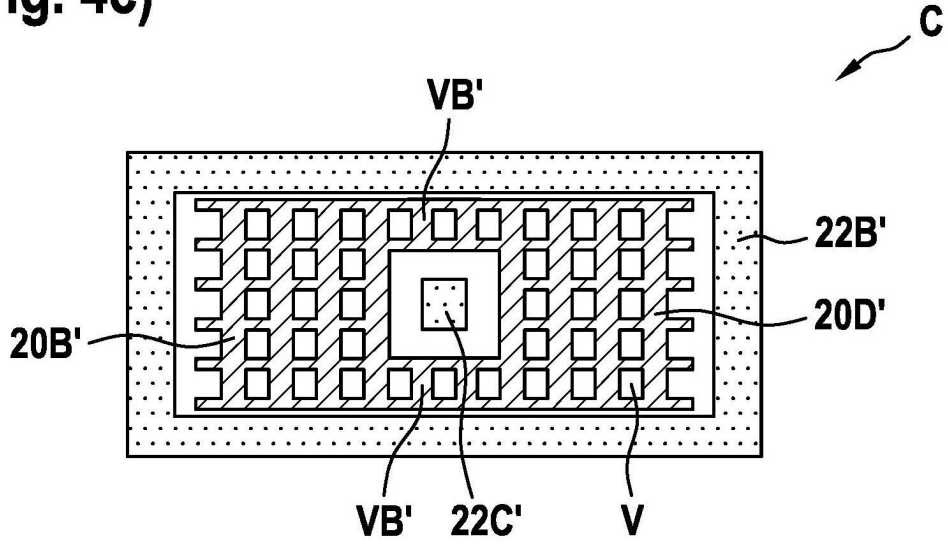


Fig. 4d)

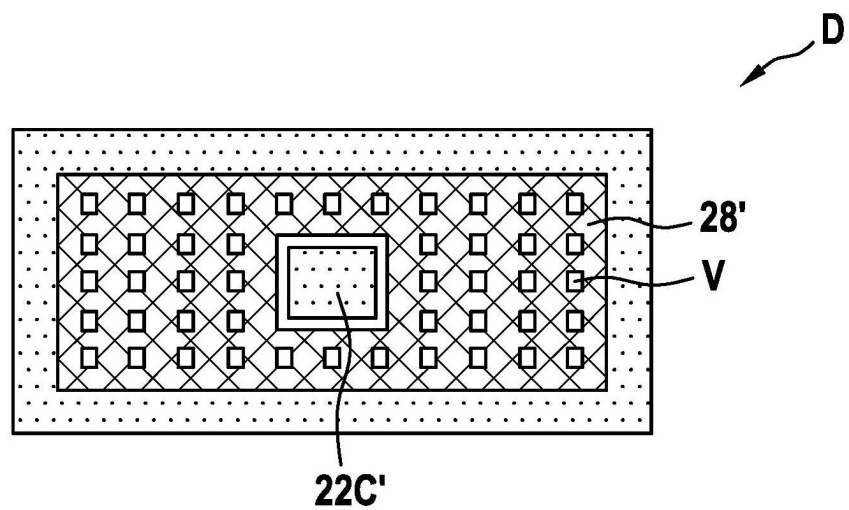


Fig. 5

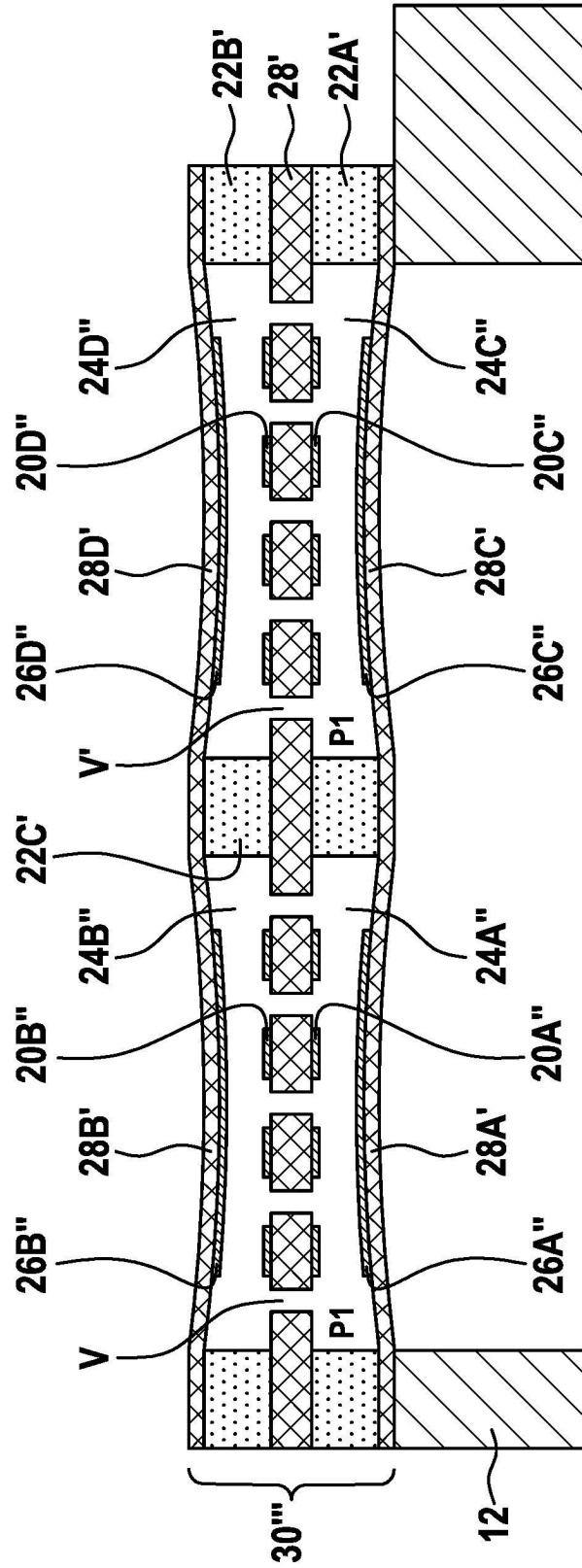


Fig. 6

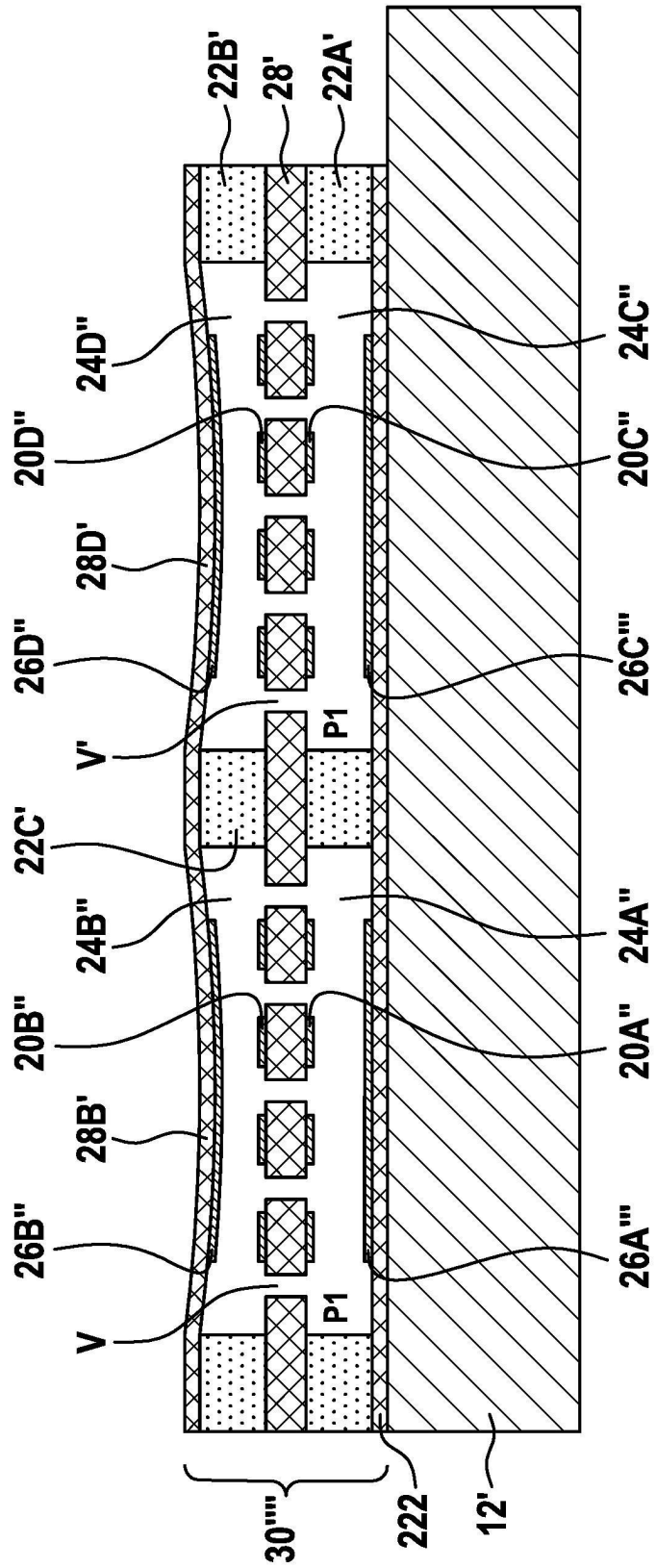


Fig. 7

