

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 51130/2016
(22) Anmeldetag: 13.12.2016
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2018

(51) Int. Cl.: **H01L 41/047** (2006.01)
H01L 41/083 (2006.01)
H01L 41/113 (2006.01)
G01L 1/16 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2005026678 A1
DE 102011120595 A1
US 2013112010 A1
AT 382968 B

(71) Patentanmelder:
PIEZOCRYST ADVANCED SENSORICS
GMBH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Strmsek Robert Dipl.Ing.
2327 Race (SI)
Baumgartner Martin Dipl.Ing.
8522 Groß St. Florian (AT)
Kröger Dietmar Dr.
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **MESSELEMENTSTAPEL ZUM MESSEN VON KRÄFTEN ODER DRÜCKEN UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES DERARTIGEN MESSELEMENTSTAPELS**

(57) Die Erfindung betrifft einen Messelementstapel (10) zum Messen von Kräften oder Drücken aus mehreren piezoelektrischen Kristallelementen (11), die unter Nutzung des transversalen Piezoeffektes mit jeweils entgegengerichteter elektrischer Polarisierung gestapelt sind und an deren Seitenflächen (13) Ableitelektroden (12) aufweisen, wobei an gegenüberliegenden, der Krafteinleitung dienenden, ersten und zweiten Stirnflächen (14, 15), die auf den Seitenflächen (13) im Wesentlichen normal stehen, erste und zweite stirnseitige Elektroden (16, 17) angeordnet sind. Erfindungsgemäß ist jede Ableitelektrode (12) durch einen elektrisch isolierenden Bereich (20) in eine kleinere, an eine der beiden Stirnflächen (14, 15) angrenzende Randlelektrode (18) und eine größere Hauptelektrode (19) unterteilt, wobei eine der Hauptelektroden (19) des Kristallelements (11) an dessen erste Stirnfläche (14) angrenzt und die erste stirnseitige Elektrode (16) kontaktiert und die andere Hauptelektrode (19) an dessen zweite Stirnfläche (15) angrenzt und die zweite stirnseitige Elektrode (17) kontaktiert und wobei die Randlelektroden (18) benachbarter Ableitelektroden (12) aneinander anliegen.

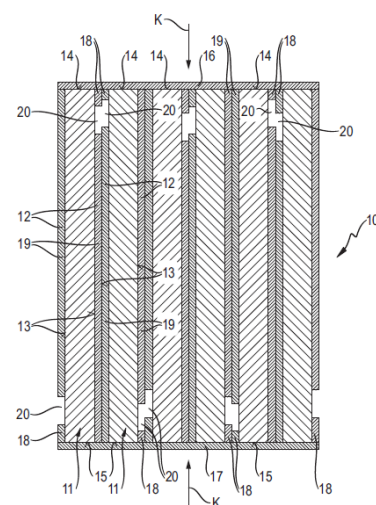


Fig. 1

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft einen Messelementstapel (10) zum Messen von Kräften oder Drücken aus mehreren piezoelektrischen Kristallelementen (11), die unter Nutzung des transversalen Piezoeffektes mit jeweils entgegengerichteter elektrischer Polarisierung gestapelt sind und an deren Seitenflächen (13) Ableitelektroden (12) aufweisen, wobei an gegenüberliegenden, der Krafteinleitung dienenden, ersten und zweiten Stirnflächen (14, 15), die auf den Seitenflächen (13) im Wesentlichen normal stehen, erste und zweite stirnseitige Elektroden (16, 17) angeordnet sind. Erfindungsgemäß ist jede Ableitelektrode (12) durch einen elektrisch isolierenden Bereich (20) in eine kleinere, an eine der beiden Stirnflächen (14, 15) angrenzende Randlelektrode (18) und eine größere Hauptelektrode (19) unterteilt, wobei eine der Hauptelektroden (19) des Kristallelements (11) an dessen erste Stirnfläche (14) angrenzt und die erste stirnseitige Elektrode (16) kontaktiert und die andere Hauptelektrode (19) an dessen zweite Stirnfläche (15) angrenzt und die zweite stirnseitige Elektrode (17) kontaktiert und wobei die Randlelektroden (18) benachbarter Ableitelektroden (12) aneinander anliegen.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft einen Messelementstapel zum Messen von Kräften oder Drücken aus mehreren piezoelektrischen Kristallelementen, die unter Nutzung des transversalen Piezoeffektes mit jeweils entgegengerichteter elektrischer Polarisierung gestapelt sind und an deren Seitenflächen Ableitelektroden aufweisen, wobei an gegenüberliegenden, der Krafteinleitung dienenden, ersten und zweiten Stirnflächen, die auf den Seitenflächen im Wesentlichen normal stehen, erste und zweite stirnseitige Elektroden angeordnet sind. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Messelementstapels.

Aus der WO 2005/026678 A1 ist in diesem Zusammenhang ein Messelementstapel bekannt geworden, der aus mehreren, nebeneinander angeordneten, piezoelektrischen Kristallelementen besteht, bei welchen der Transversaleffekt genutzt wird. Die Kristallelemente weisen eine Dicke von ca. 0.5 mm auf und sind als Platten oder flache Quader ausgebildet. Alle sich unter Krafteinfluss elektrisch aufladenden Seitenflächen sind mit einer seitlichen Elektrode beschichtet. Abgesehen von den beiden äußeren, seitlichen Elektroden des Stapels verbinden die anderen, mittleren Ableitelektroden jeweils zwei benachbarte Kristallelemente fest miteinander. Die Verbindung durch die Ableitelektrode ist derart ausgebildet, dass sie sich unter der maximalen Last, welcher der Messelementstapel ausgesetzt werden soll und im gesamten, für den Stapel zugelassenen Temperaturbereich, nicht löst. Diese Verbindung kann beispielsweise mittels Bonden, Löten oder Thermokompression erreicht werden. Wichtig ist allerdings, dass zwei benachbarte Kristallelemente jeweils mit entgegengesetzten Polarisationsrichtungen angeordnet sind.

Zur Ladungsabnahme werden die unter Lasteinfluss Kraft aufnehmenden Stirnflächen der Kristallelemente ebenfalls mit einem elektrisch leitenden Material beschichtet. Dadurch entstehen die stirnflächigen Elektroden. Da die seitlichen Ableitelektroden während einer Messung jeweils alternierend entgegengesetzte Ladungen sammeln, ist darauf zu achten, dass benachbarte Ableitelektroden isoliert voneinander ausgeführt sind. Zu diesem Zweck werden die seitlichen Ableitelektroden alternierend von der oberen bzw. von der unteren stirnflächigen Elektrode getrennt.

Dies geschieht bei der WO 2005/026678 A1 durch das Anbringen einer kerbenartigen Fase am Übergang von der Seitenfläche zur Stirnfläche. Dadurch

sammeln sich unter Lasteinfluss jeweils positive Ladungen auf der einen Stirnfläche und negative Ladungen auf der gegenüberliegenden Stirnfläche des Messelementstapels. An diesen, jeweils durch die kerbenartigen Fasen getrennten, stirnflächigen Elektroden kann die Ladungsabnahme von allen seitlichen Ableitelektroden erfolgen. Ein derart geschalteter Messelementstapel eignet sich zum Messen von axial, normal auf die Stirnflächen angreifenden Kräften oder Drücken.

Nachteilig bei diesem bekannten Konzept ist insbesondere die feste Verbindung der einzelnen Kristallelemente, über die durch Bonden, Löten oder Thermokompression verbundenen Ableitelektroden zwischen den benachbarten Kristallelementen, die insbesondere bei höheren Temperaturen zu Spannungen innerhalb des Messelementstapels und damit einhergehender Ablösung einzelner Ableitelektroden führen kann.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass durch die kerbartigen Fasen an den krafteinleitenden Stirnflächen eine Materialschwächung auftritt, die bei hoher Last oder raschem Lastwechsel zu einem Bruch einzelner Kristallelemente in diesem Bereich führen kann.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Messelementstapel zum Messen von Kräften oder Drücken bestehend aus mehreren piezoelektrischen Kristallelementen der eingangs beschriebenen Art derart zu verbessern, dass die oben genannten Nachteile vermieden werden und ein hochtemperaturfester, mit hohen Kräften und Drücken belastbarer, Messelementstapel realisierbar ist. Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein möglichst einfaches Verfahren zur Herstellung eines derartigen Messelementstapels zu beschreiben.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass jede Ableitelektrode der einzelnen Kristallelemente auf den Seitenflächen durch einen elektrisch isolierenden Bereich in eine kleinere, an eine der beiden Stirnflächen angrenzende Randlektrode und eine größere Hauptelektrode unterteilt ist, wobei eine der Hauptelektroden des Kristallelements an dessen erste Stirnfläche angrenzt und die erste stirnseitige Elektrode kontaktiert und die andere Hauptelektrode an dessen zweite Stirnfläche angrenzt und die zweite stirnseitige Elektrode kontaktiert und wobei die Randlelektroden benachbarter Ableitelektroden aneinander anliegen.

Bei der Erfindung werden ungleichnamige Ladungen der Ableitelektroden nicht durch stirnseitige Einkerbungen voneinander getrennt, sondern durch schmale, bevorzugt streifenförmige, isolierende Bereiche der Ableitelektroden, die jeweils eine schmale Randlektrode ausbilden, die entlang der Kante zur angrenzenden Stirnfläche verläuft.

Erfindungsgemäß bilden die ersten Stirnflächen und die daran angrenzenden Rand- und Hauptelektroden aller Kristallelemente des Messelementstapels eine ebene, geschlossene Auflagefläche für die erste stirnseitige Elektrode, wobei die zweiten Stirnflächen und die daran angrenzenden Rand- und Hauptelektroden aller Kristallelemente eine ebene, geschlossene Auflagefläche für die zweite stirnseitige Elektrode bilden, wobei die beiden Auflageflächen im Wesentlichen planparallel zueinander ausgebildet sind. Die ebenen Auflageflächen für die stirnseitigen Elektroden können auf einfache Weise hergestellt und beschichtet werden, da keine kerbartigen Fasen erforderlich sind.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines Messelementstapels zum Messen von Kräften oder Drücken aus mehreren piezoelektrischen Kristallelementen, die unter Nutzung des transversalen Piezoeffektes mit jeweils entgegengerichteter elektrischer Polarisierung gestapelt werden, ist durch folgende Schritte gekennzeichnet:

- a. Bereitstellen von im Wesentlichen quaderförmigen Kristallelementen mit parallelen Seitenflächen und gegenüberliegenden, ersten und zweiten Stirnflächen mit Rohabmessungen;
- b. Aufbringen von Ableitelektroden auf beide Seitenflächen, wobei diese jeweils durch einen elektrisch isolierenden Bereich in eine kleinere, an eine der beiden Stirnflächen angrenzende Randlektrode und eine größere Hauptelektrode unterteilt werden, wobei die beiden Randlektroden an unterschiedlichen Stirnflächen des Kristallelements angrenzen;
- c. Aneinanderreihen mehrerer Kristallelemente zu einem Messelementstapel, so dass die Randlektroden benachbarter Ableitelektroden aneinander anliegen;
- d. Fixierung der Kristallelemente durch eine von außen angreifende Spanneinrichtung;

- e. jeweils gemeinsame Bearbeitung der ersten und der zweiten Stirnflächen der Kristallelemente in der Spanneinrichtung durch Schleifen und oder Läppen zur Abtragung von Längenunterschieden einzelner Kristallelemente und zur Herstellung von zwei gegenüberliegenden, im Wesentlichen planparallelen Auflageflächen;
- f. Aufbringen einer ersten stirnseitigen Elektrode auf die erste Auflagefläche und einer zweiten stirnseitigen Elektrode auf die zweite Auflagefläche; sowie
- g. Entfernen der Spanneinrichtung vom Messelementstapel.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren müssen die einzelnen Kristallelemente vor der Beschichtung nicht auf exakte Abmessungen zugeschnitten werden, eine Rohabmessung reicht, wobei beispielsweise Längenunterschiede der einzelnen Kristallelemente von wenigen Millimetern zulässig sind. Diese Längenunterschiede werden gemäß Punkt d. bei der gemeinsamen Bearbeitung der ersten und der zweiten Stirnflächen der Kristallelemente durch Schleifen und oder Läppen ausgeglichen.

Die Erfindung wird im Folgenden an Hand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Messelementstapel zum Messen von Kräften oder Drücken bestehend aus mehreren piezoelektrischen Kristallelementen in einer Schnittdarstellung,

Fig. 2 bis Fig. 5 unterschiedliche Stadien während des Herstellungsverfahrens eines Messelementstapels gemäß Fig. 1

Fig. 6 eine Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Messelementstapel in einer Schnittdarstellung gemäß Fig. 1, sowie

Fig. 7 und Fig. 8 unterschiedliche Stadien während des Herstellungsverfahrens eines Messelementstapels gemäß Fig. 6.

Funktionsgleiche Teile sind in den einzelnen Ausführungsvarianten mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Der Messelementstapel 10 gemäß Fig. 1 besteht aus mehreren, quaderförmigen, piezoelektrischen Kristallelementen 11, die unter Nutzung des transversalen Piezoeffektes mit jeweils entgegengerichteter, elektrischer Polarisierung gestapelt sind und deren unter Krafteinfluss elektrische Ladungen generierende Seitenflächen 13 Ableitelektroden 12 aufweisen. An gegenüberliegenden, der Krafteinleitung (siehe Pfeile K) dienenden, ersten und zweiten Stirnflächen 14, 15, die auf die Seitenflächen 13 im Wesentlichen normal stehen, sind erste und zweite stirnseitige Elektroden 16, 17 angeordnet, die jeweils im Wesentlichen die obere bzw. untere Deckfläche des Messelementstapels 10 abdecken. Die Schichtdicke der stirnseitigen Elektroden 16, 17 kann zum Rand hin reduziert bzw. abgerundet sein.

Die Schichtdicke der Ableitelektroden 12 und der stirnseitigen Elektroden 16, 17 ist im Vergleich zu den Abmessungen der Kristallelemente 11 überhöht dargestellt, um Details besser sichtbar zu machen.

Die Ableitelektroden 12 sind durch elektrisch isolierende Bereiche 20 asymmetrisch jeweils in eine kleinere, an eine der beiden Stirnflächen 14, 15 angrenzende Randelektrode 18 und eine größere Hauptelektrode 19 unterteilt, wobei eine der Hauptelektroden 19 des Kristallelements 11 an dessen erste Stirnfläche 14 angrenzt und die erste stirnseitige Elektrode 16 kontaktiert und die andere Hauptelektrode 19 an dessen zweite Stirnfläche 15 angrenzt und die zweite stirnseitige Elektrode 17 kontaktiert.

Bei der Erfindung wird darauf geachtet, dass die Randelektrode 18 und der elektrisch isolierende Bereich 20 zusammen weniger als 20%, bevorzugt weniger als 5 bis 10%, der Seitenfläche 13 des Kristallelements 11 beanspruchen, um den nicht zum Messsignal beitragenden Randbereich des Kristallelements 11, in welchem sich die Ladungen kompensieren, klein zu halten.

Die ersten Stirnflächen 14 der gestapelten Kristallelemente 11 und die daran angrenzenden Rand- und Hauptelektroden 18, 19 aller Kristallelemente 11 des Messelementstapels 10 bilden eine ebene, geschlossene Auflagefläche für die erste stirnseitige Elektrode 16. Gleiches gilt für die zweiten Stirnflächen 15 und die daran angrenzenden Rand- und Hauptelektroden 18, 19 aller Kristallelemente 11, die eine ebene, geschlossene Auflagefläche für die zweite stirnseitige Elektrode 17 bilden, wobei die beiden Auflageflächen planparallel zueinander ausgebildet sind.

Die Kristallelemente 11 weisen somit zwischen den beiden gegenüberliegenden Stirnflächen 14, 15 einen im Wesentlichen einheitlichen Querschnitt auf, der nicht – wie beim Stand der Technik – durch eine stirnseitige Ausbildung von Rundungen und Fasen an den Kanten der Kristallelemente geschwächt ist.

Erfindungsgemäß können die stirnseitigen Elektroden 16, 17 in einer Dicke von 1 bis 20 μm , vorzugsweise von 2 bis 4 μm , ausgeführt sein und dienen zumindest bei der Montage des Messelementstapels 10, beispielsweise in einem Drucksensor, für den seitlichen Zusammenhalt der Kristallelemente 11. Eine feste Verbindung der seitlichen Ableitelektroden 12 durch Löten oder Bonden ist daher weder erforderlich noch erwünscht.

Bei der Herstellung eines erfindungsgemäßen Messelementstapels werden zunächst im Wesentlichen plattenförmige bzw. quaderförmige Kristallelemente 11 mit parallelen Seitenflächen 13 und gegenüberliegenden ersten und zweiten Stirnflächen 14, 15 mit Rohabmessungen ausgeschnitten, d.h. es ist nicht erforderlich, dass die Kristallelemente 11 exakt die gleiche Länge (zwischen den Stirnseiten 14, 15), Breite oder Dicke aufweisen.

Danach werden gemäß Fig. 2 auf beide Seitenflächen 13 Ableitelektroden 12 aufgebracht, wobei diese jeweils durch einen elektrisch isolierenden Bereich 20 in eine kleinere, an eine der beiden Stirnflächen 14, 15 angrenzende Randelektrode 18 und eine größere Hauptelektrode 19 unterteilt werden, wobei die beiden Randelektroden 18 an unterschiedlichen Stirnflächen 14, 15 des jeweiligen Kristallelements 11 angrenzen.

Zur Nutzung des transversalen Piezoeffektes werden die Kristallelemente 11 so gestapelt, dass die unter Krafteinwirkung entstehende elektrische Polarisation P jeweils entgegengerichtet ist, wobei die Randelektroden 18 benachbarter Ableitelektroden 12 aneinander anliegen. Es entsteht somit der in Fig. 3 dargestellte Messelementstapel 10, in welchem die einzelnen Kristallelemente 11 noch geringfügig unterschiedliche Längen (überhöht dargestellt) aufweisen und zur gemeinsamen Bearbeitung seitlich, d.h. normal auf die Ableitelektroden 12 gerichtet, zusammengespannt werden (siehe Pfeile 22).

Gemäß Fig. 4 erfolgt danach eine gemeinsame Bearbeitung der ersten 14 und der zweiten Stirnflächen 15 der Kristallelemente 11 durch Schleifen und oder Läppen

zur Abtragung von Längenunterschieden einzelner Kristallelemente 11 und zur Herstellung von zwei gegenüberliegenden, planparallelen Auflageflächen ε_1 und ε_2 .

In einem letzten Schritt werden gemäß Fig. 5 eine erste stirnseitige Elektrode 16 auf die erste Auflagefläche ε_1 und eine zweite stirnseitigen Elektrode 17 auf die zweite Auflagefläche ε_2 aufgetragen. Das Ergebnis ist der Messelementstapel 10 gemäß Fig. 1.

Die isolierenden Bereiche 20 benachbarter Ableitelektroden 12 können spiegelgleich oder aufgrund unterschiedlicher Längen einzelner Kristallelemente 11 geringfügig zueinander versetzt angeordnet sein. Jedenfalls muss dafür gesorgt sein, dass ein elektrischer Kontakt zwischen der Randlektrode 18 eines Kristallelements 11 und der Hauptelektrode 19 des benachbarten Kristallelements 11 unterbunden bleibt.

Der streifenförmige, elektrisch isolierende Bereich 20 kann durch entsprechende Maskierung bei der Aufbringung der Ableitelektrode 12, beispielsweise durch Sputtern, Aufdampfen oder Vacuum Deposition hergestellt werden.

Es ist auch möglich den elektrisch isolierenden Bereich 20 durch nachträgliches Ätzen, Fräsen, Schleifen oder durch Laserablation der Ableitelektrode 12 herzustellen, wobei darauf geachtet werden muss, die Seitenflächen 13 des Kristallelements 11 schonend zu behandeln.

Die in Fig. 6 dargestellte Ausführungsvariante der Erfindung unterscheidet sich von jener nach Fig. 1 dadurch, dass die Randlektrode 18 und der stirnseitige Randbereich 21 der Hauptelektrode 19 eine größere Materialdicke, beispielsweise die doppelte Materialdicke, als der verbleibende Teil der Hauptelektrode 19 aufweisen (überhöht dargestellt), sodass benachbarten Ableitelektroden 12 im Messelementstapel 10 – bis auf die beiden stirnseitigen Bereiche – voneinander beabstandet sind (siehe Fig. 6, 8). Durch diese Maßnahme kann ein Kontakt benachbarter Ableitelektroden 12 im Messbetrieb selbst bei hoher Temperatur und hohen Kräften bzw. raschen Lastwechseln weitgehend ausgeschlossen werden.

Die Herstellung eines Messelementstapels gemäß Fig. 6 verläuft im Wesentlichen analog dem bereits beschriebenen Herstellungsverfahren zum Stapel gemäß Fig. 1.

Beim Aufbringen der Ableitelektroden 12 muss darauf geachtet werden, dass die stirnseitige Randlelektrode 18 und ein stirnseitiger Randbereich 21 der Hauptelektrode 19 mit größerer Materialdicke ausgeführt werden, als der verbleibende Teil der Hauptelektrode 19 (siehe Fig. 7).

Nach dem Zusammenfügen der Kristallelemente 11 erfolgt – wie bereits oben beschrieben – eine gemeinsame Bearbeitung der ersten und der zweiten Stirnflächen 14, 15 der Kristallelemente 11 durch Schleifen und oder Läppen zur Abtragung von Längenunterschieden einzelner Kristallelemente 11 und zur Herstellung von zwei gegenüberliegenden, planparallelen Auflageflächen ϵ_1 und ϵ_2 (siehe Fig. 8). Nach dem Aufbringen der stirnseitigen Elektroden 16, 17 entsteht der in Fig. 6 dargestellte Messelementstapel 10.

Durch das Aufbringen der stirnseitigen Elektroden 16, 17 auf die planparallelen Auflageflächen ϵ_1 und ϵ_2 kann der Messelementstapel 10 zumindest bis zur Montage in einer Vorrichtung zum Messen von Kräften oder Drücken, beispielsweise einem Drucksensor, zusammengehalten werden.

Die Messgenauigkeit des erfindungsgemäßen Messelementstapels 10 wird erhöht, da die der Krafteinleitung dienenden Flächen ϵ_1 und ϵ_2 (siehe Fig. 4, 5) in einem Arbeitsgang gemeinsam hergestellt werden können.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Messelementstapel (10) zum Messen von Kräften oder Drücken aus mehreren piezoelektrischen Kristallelementen (11), die unter Nutzung des transversalen Piezoeffektes mit jeweils entgegengerichteter elektrischer Polarisierung gestapelt sind und an deren Seitenflächen (13) Ableitelektroden (12) aufweisen, wobei an gegenüberliegenden, der Krafteinleitung dienenden, ersten und zweiten Stirnflächen (14, 15), die auf den Seitenflächen (13) im Wesentlichen normal stehen, erste und zweite stirnseitige Elektroden (16, 17) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass jede Ableitelektrode (12) durch einen elektrisch isolierenden Bereich (20) in eine kleinere, an eine der beiden Stirnflächen (14, 15) angrenzende Randlektrode (18) und eine größere Hauptelektrode (19) unterteilt ist, wobei eine der Hauptelektroden (19) des Kristallelements (11) an dessen erste Stirnfläche (14) angrenzt und die erste stirnseitige Elektrode (16) kontaktiert und die andere Hauptelektrode (19) an dessen zweite Stirnfläche (15) angrenzt und die zweite stirnseitige Elektrode (17) kontaktiert und wobei die Randlelektroden (18) benachbarter Ableitelektroden (12) aneinander anliegen.
2. Messelementstapel (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die isolierenden Bereiche (20) benachbarter Ableitelektroden (12) spiegelgleich oder geringfügig zueinander versetzt angeordnet sind, derart, dass ein elektrischer Kontakt zwischen der Randlelektrode (18) eines Kristallelements (11) und der Hauptelektrode (19) des benachbarten Kristallelements (11) unterbunden ist.
3. Messelementstapel (10) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Stirnflächen (14) und die daran angrenzenden Rand- und Hauptelektroden (18, 19) aller Kristallelemente (11) des Messelementstapels (10) eine ebene, geschlossene Auflagefläche für die erste stirnseitige Elektrode (16) bilden, dass die zweiten Stirnflächen (15) und die daran angrenzenden Rand- und Hauptelektroden (18, 19) aller Kristallelemente (11) eine ebene, geschlossene Auflagefläche für die zweite stirnseitige Elektrode (17) bilden, wobei die beiden Auflageflächen im Wesentlichen planparallel zueinander ausgebildet sind.

4. Messelementstapel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Randelektrode (18) und der stirnseitige Randbereich (21) der Hauptelektrode (19) eine größere Materialdicke, beispielsweise die doppelte Materialdicke, als der verbleibende Teil der Hauptelektrode (19) aufweisen, sodass benachbarte Ableitelektroden (12) im Messelementstapel (10) – bis auf die beiden stirnseitigen Bereiche – voneinander beabstandet sind.
5. Messelementstapel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Randelektrode (18) und der elektrisch isolierende Bereich (20) zusammen weniger als 20%, bevorzugt weniger als 5 bis 10%, der Seitenfläche (13) des Kristallelements (11) beanspruchen.
6. Messelementstapel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kristallelemente (11) zwischen den beiden gegenüberliegenden Stirnflächen (14, 15) einen im Wesentlichen einheitlichen Querschnitt aufweisen, ohne stirnseitige Ausbildung von Rundungen und Fasen an den Kanten.
7. Messelementstapel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die stirnseitigen Elektroden (16, 17) in einer Dicke von 1 bis 20 μm , vorzugsweise von 2 bis 4 μm , ausgeführt sind und zumindest bei der Montage des Messelementstapels (10) für den Zusammenhalt der Kristallelemente (11) dienen.
8. Verfahren zur Herstellung eines Messelementstapels (10) zum Messen von Kräften oder Drücken aus mehreren piezoelektrischen Kristallelementen (11), die unter Nutzung des transversalen Piezoeffektes mit jeweils entgegengerichteter elektrischer Polarisierung gestapelt werden, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
 - a. Bereitstellen von im Wesentlichen quaderförmigen Kristallelementen (11) mit parallelen Seitenflächen (13) und gegenüberliegenden ersten und zweiten Stirnflächen (14, 15) mit Rohabmessungen;
 - b. Aufbringen von Ableitelektroden (12) auf beide Seitenflächen (13), wobei diese jeweils durch einen elektrisch isolierenden Bereich (20) in eine

- kleinere, an eine der beiden Stirnflächen (14, 15) angrenzende Randelektrode (18) und eine größere Hauptelektrode (19) unterteilt werden, wobei die beiden Randelektroden (18) an unterschiedlichen Stirnflächen (14, 15) des Kristallelements (11) angrenzen;
- c. Aneinanderreihen mehrerer Kristallelemente (11) zu einem Messelementstapel (10), so dass die Randelektroden(18) benachbarter Ableitelektroden (12) aneinander anliegen;
 - d. Fixierung der Kristallelemente (11) durch eine von außen angreifende Spanneinrichtung;
 - e. jeweils gemeinsame Bearbeitung der ersten (14) und der zweiten Stirnflächen (15) der Kristallelemente (11) in der Spanneinrichtung durch Schleifen und oder Lappen zur Abtragung von Längenunterschieden einzelner Kristallelemente (11) und zur Herstellung von zwei gegenüberliegenden, im Wesentlichen planparallelen Auflageflächen;
 - f. Aufbringen einer ersten stirnseitigen Elektrode (16) auf die erste Auflagefläche und einer zweiten stirnseitigen Elektrode (17) auf die zweite Auflagefläche; sowie
 - g. Entfernen der Spanneinrichtung vom Messelementstapel (10).
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch isolierende Bereich (20) gemäß Schritt b. durch Maskierung bei der Aufbringung der Ableitelektrode (12) durch Sputtern, Aufdampfen oder Vacuum Deposition hergestellt wird.
 10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch isolierende Bereich (20) gemäß Schritt b. durch nachträgliches Ätzen, Fräsen, Schleifen oder durch Laserablation hergestellt wird.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass anschließend an Schritt b. oder im Schritt b. die stirnseitige Randelektrode (18) und ein stirnseitiger Randbereich (21) der Hauptelektrode

(19) mit größerer Materialdicke ausgeführt werden, als der verbleibende Teil der Hauptelektrode (19).

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Messelementstapel (10) durch das Aufbringen der stirnseitigen Elektroden (16, 17) gemäß Schritt e. zumindest bis zur Montage des Messelementstapels (10) in einer Vorrichtung zum Messen von Kräften oder Drücken, beispielsweise einem Drucksensor, zusammengehalten wird.

2016 12 13

Lu

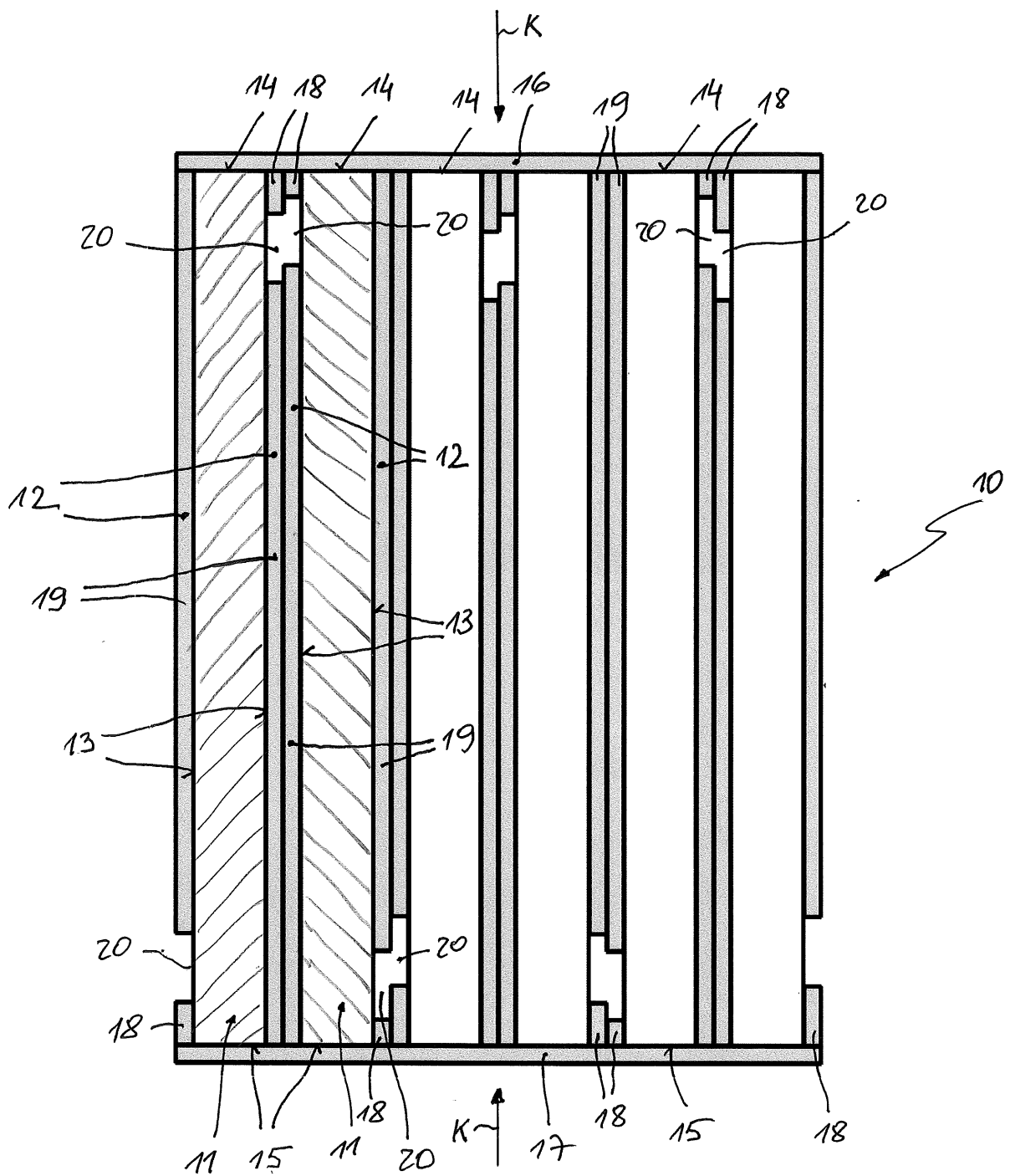


Fig. 1

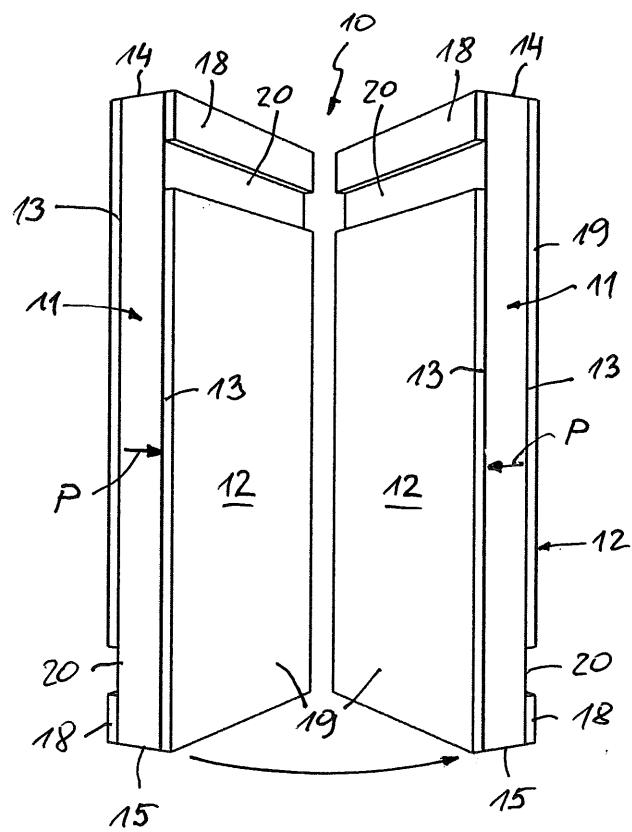


Fig. 2

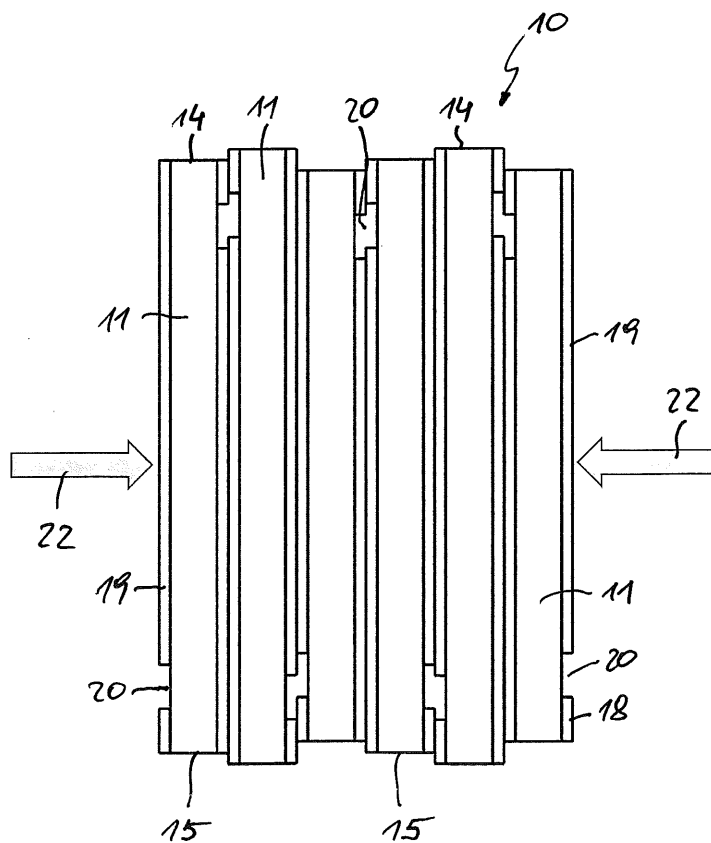
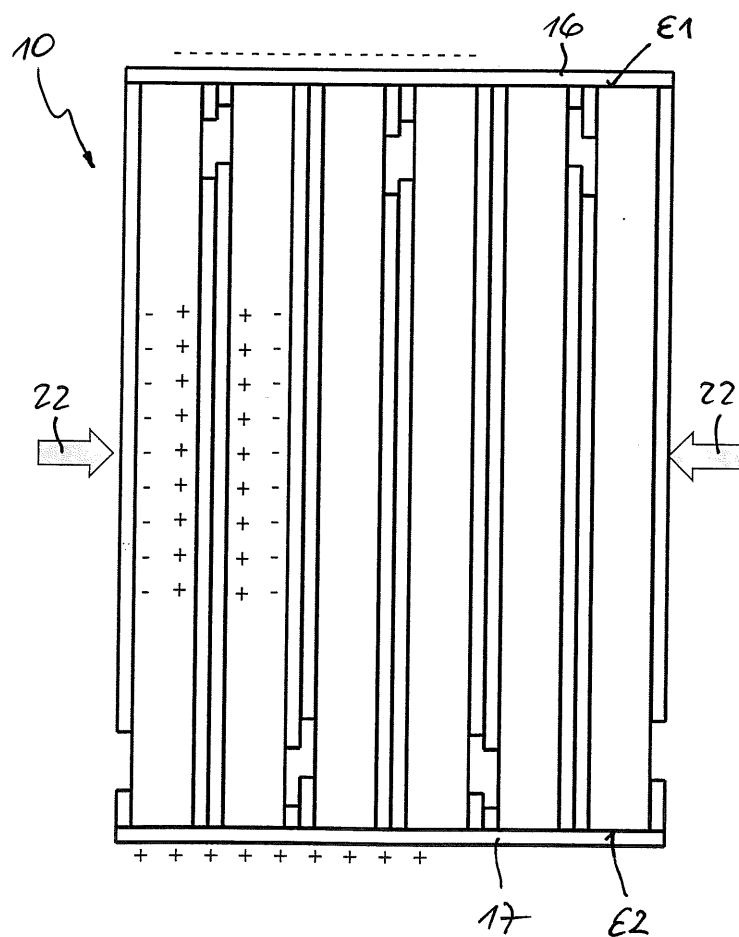
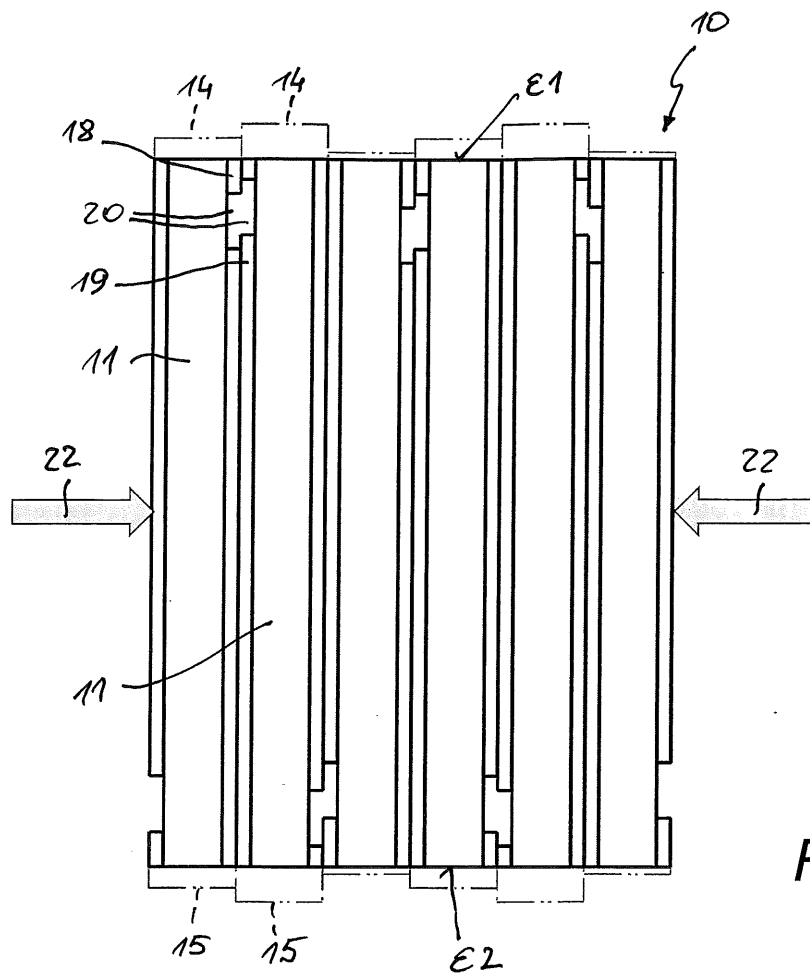


Fig. 3



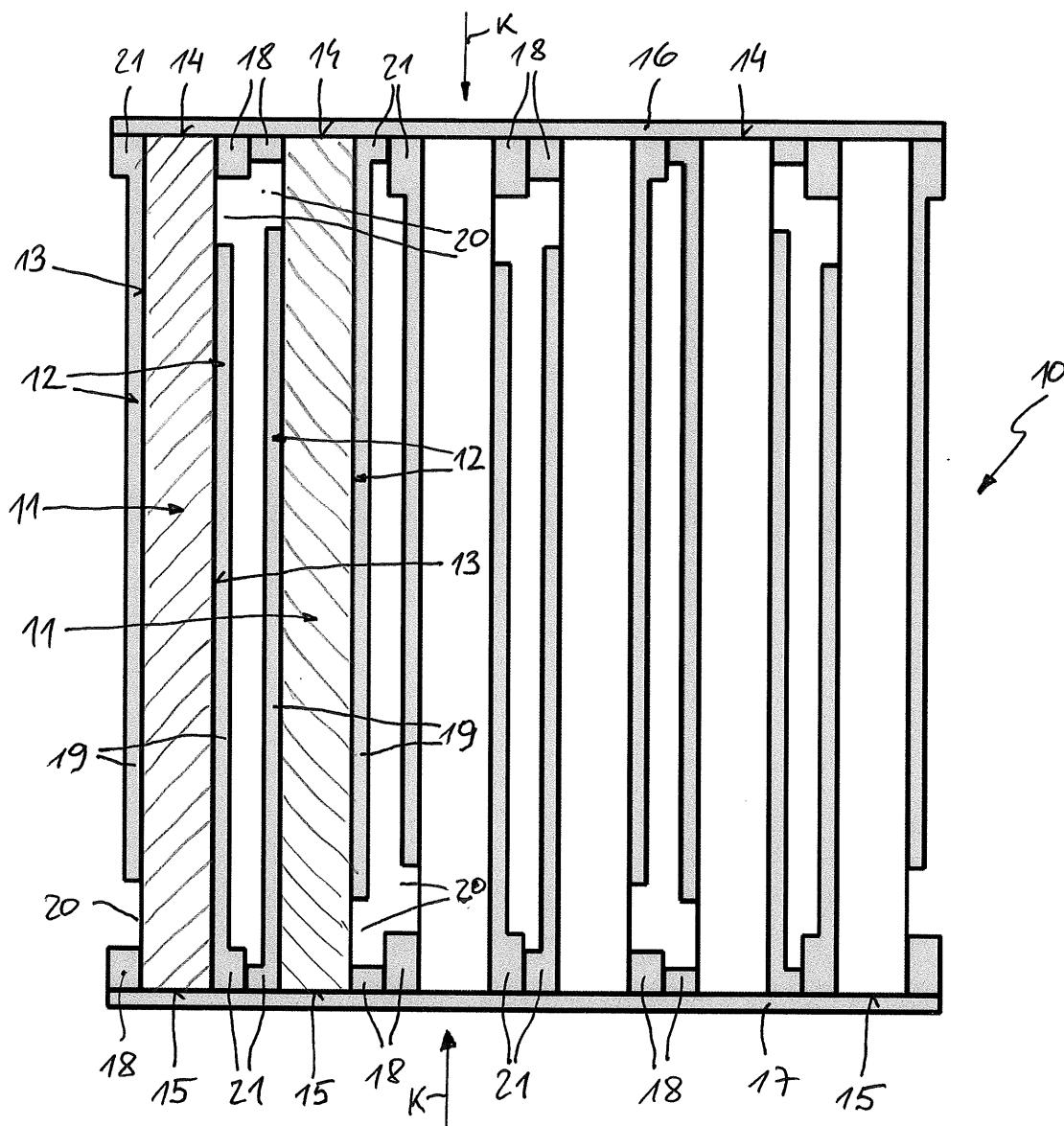
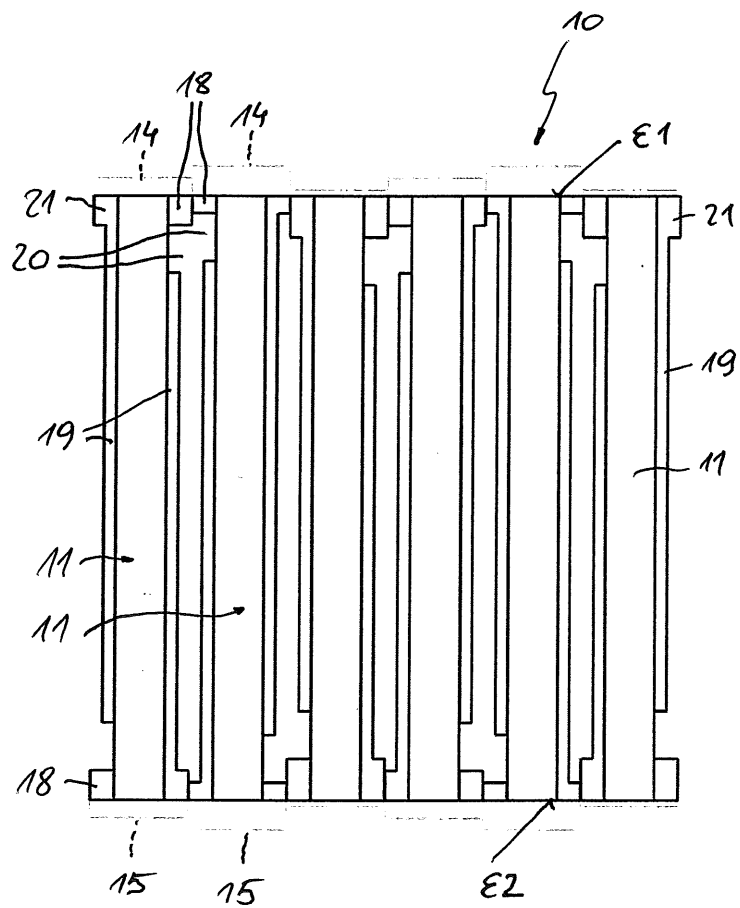
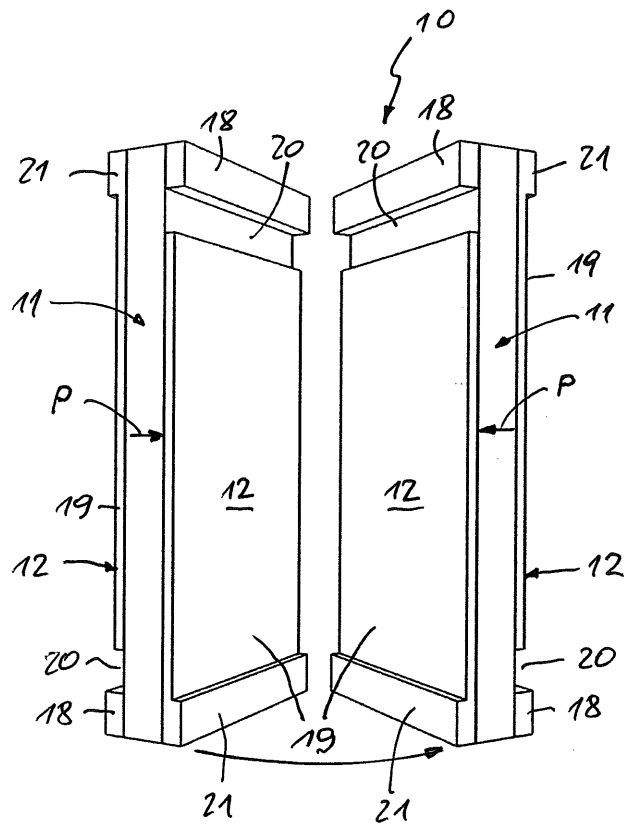


Fig. 6



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01L 41/047 (2006.01); H01L 41/083 (2006.01); H01L 41/113 (2006.01); G01L 1/16 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01L 41/0472 (2013.01); H01L 41/0838 (2013.01); H01L 41/1132 (2013.01); G01L 1/16 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01L, G01L

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, Volltext

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **13.12.2016** eingereichten Ansprüchen **1-12** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	WO 2005026678 A1 (KISTLER HOLDING AG [CH], CAVALLONI CLAUDIO [CH], VOLLENWEIDER KURT [CH], SOMMER ROLAND [CH]) 24. März 2005 (24.03.2005) gesamtes Dokument	1-12
A	DE 102011120595 A1 (BUERKERT WERKE GMBH [DE]) 13. Juni 2013 (13.06.2013) gesamtes Dokument	1-12
A	US 2013112010 A1 (MATSUMOTO TAKANOBU [JP], KAMIYA TOSHIYUKI [JP], OKA HIDEAKI [JP], KAWAI HIROKI [JP], SHIMODAIRA YASUHIRO [JP]) 09. Mai 2013 (09.05.2013) gesamtes Dokument	1-12
A	AT 382968 B (AVL VERBRENNUNGSKRAFT MESSTECH [AT], AVL VERBRENNUNGSKRAFT MESSTECH [ST]) 11. Mai 1987 (11.05.1987) gesamtes Dokument	1-12

Datum der Beendigung der Recherche:

05.10.2017

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

AUER Erwin

^{*)} **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

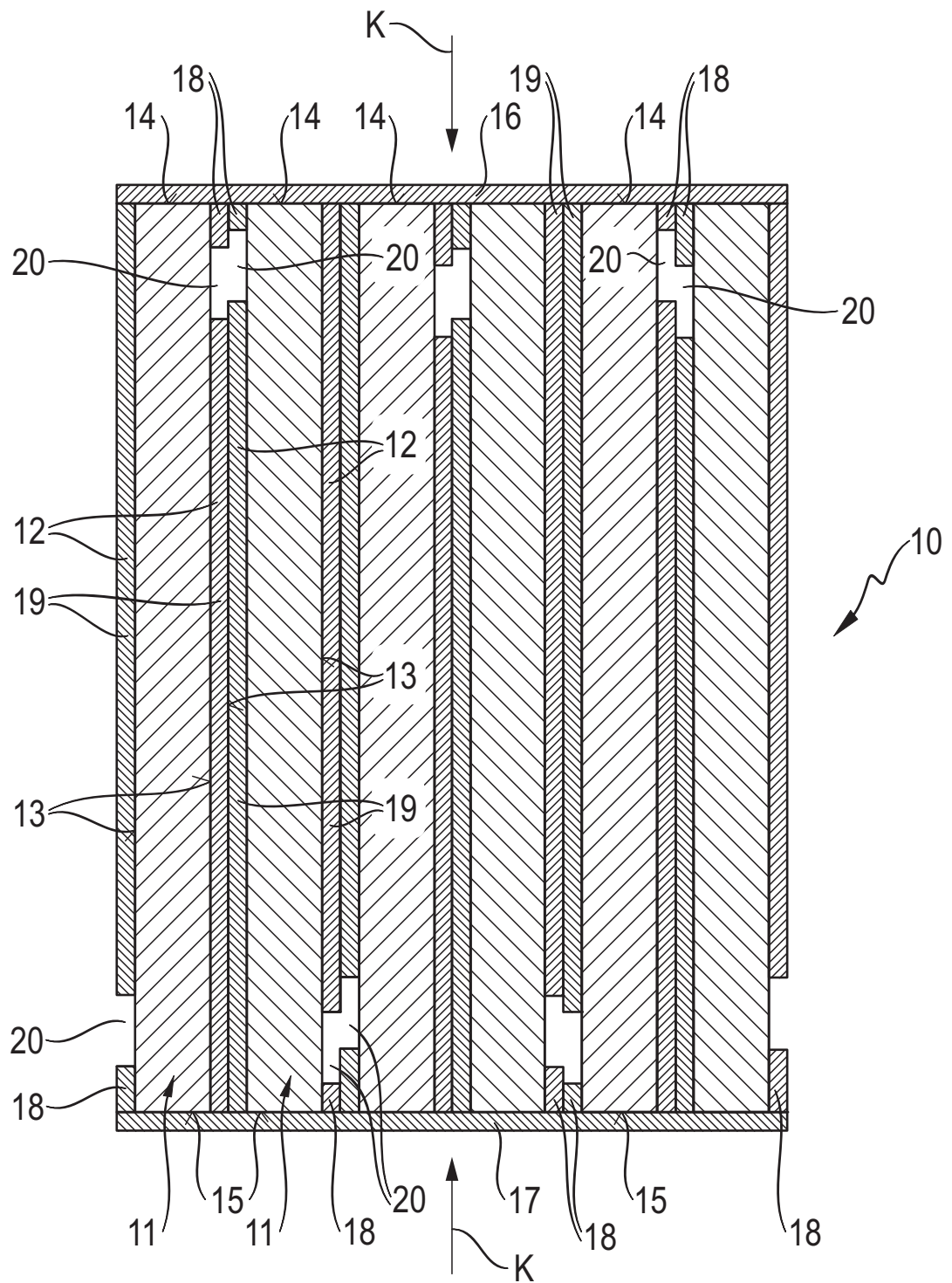
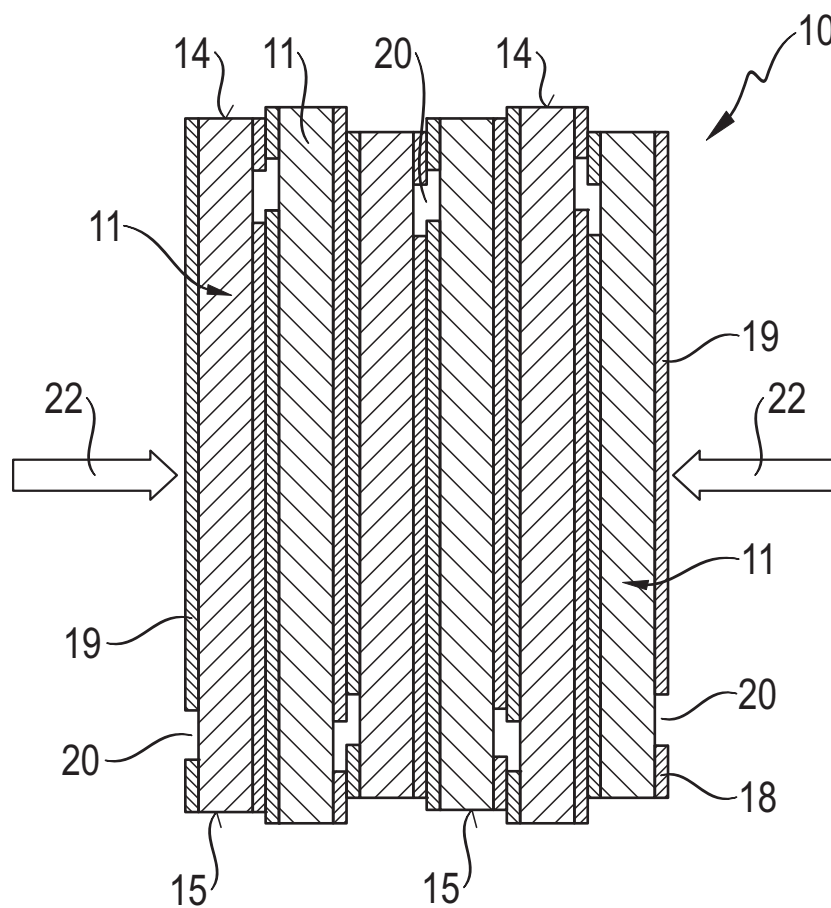
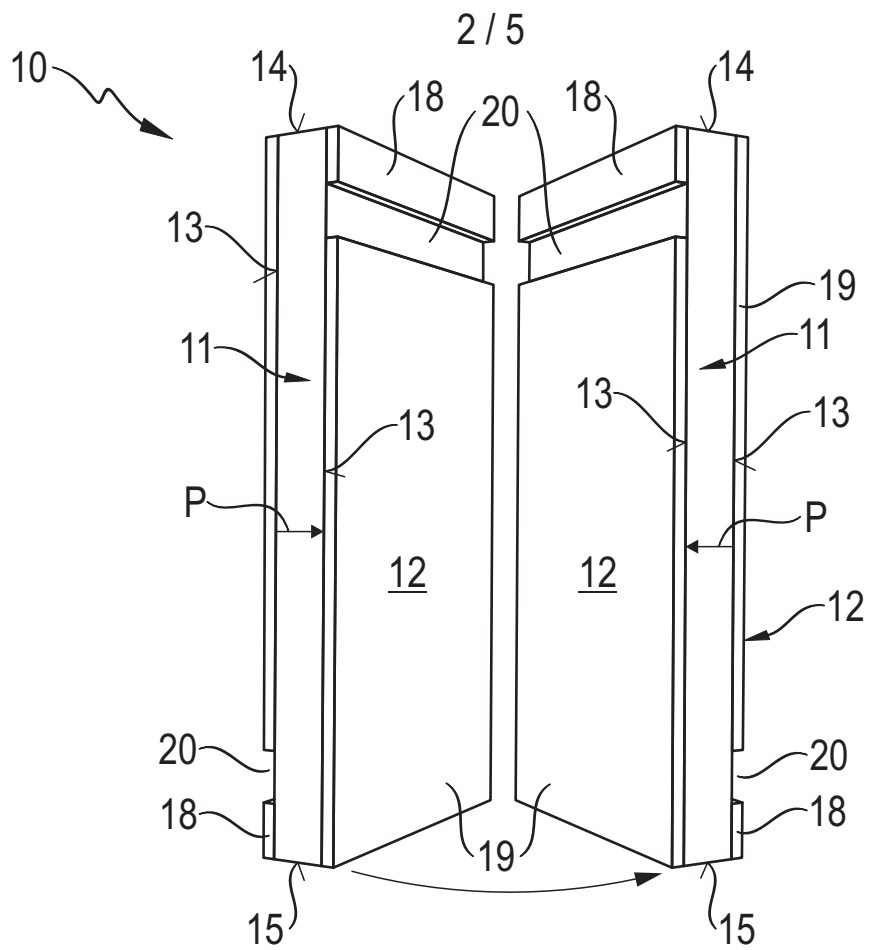


Fig. 1



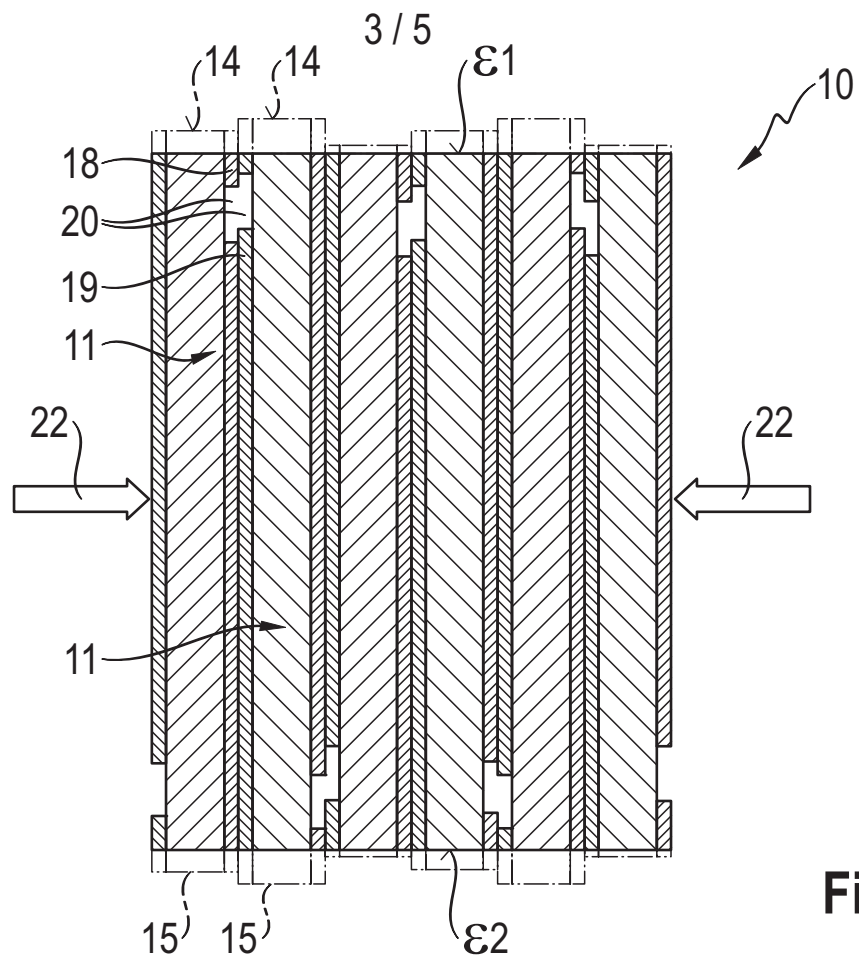


Fig. 4

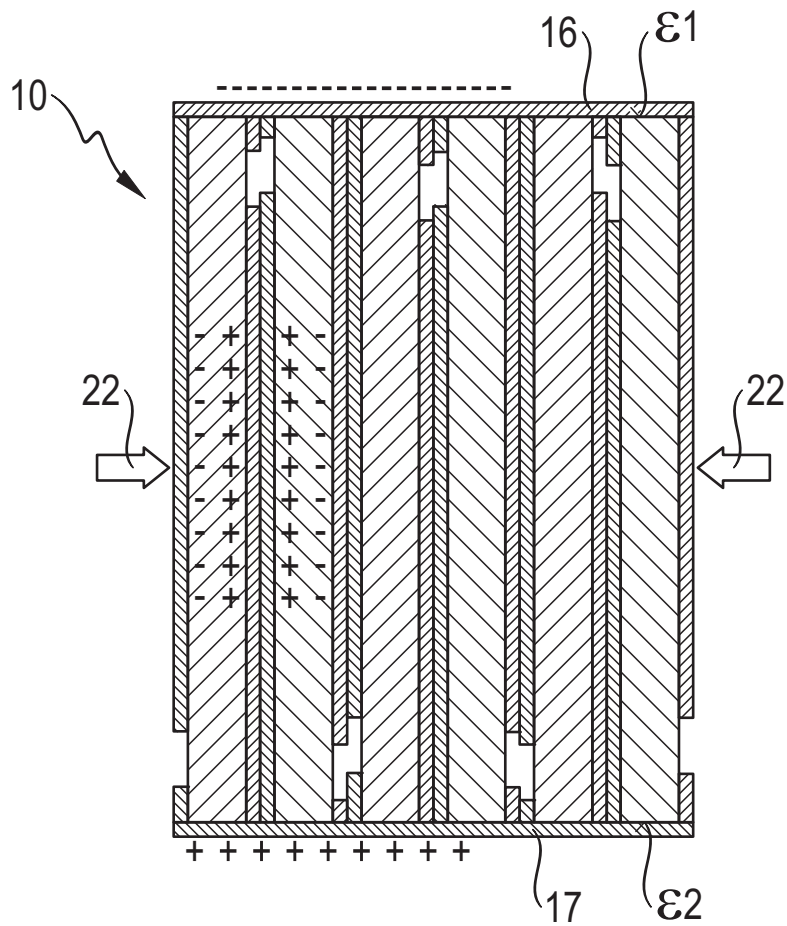


Fig. 5

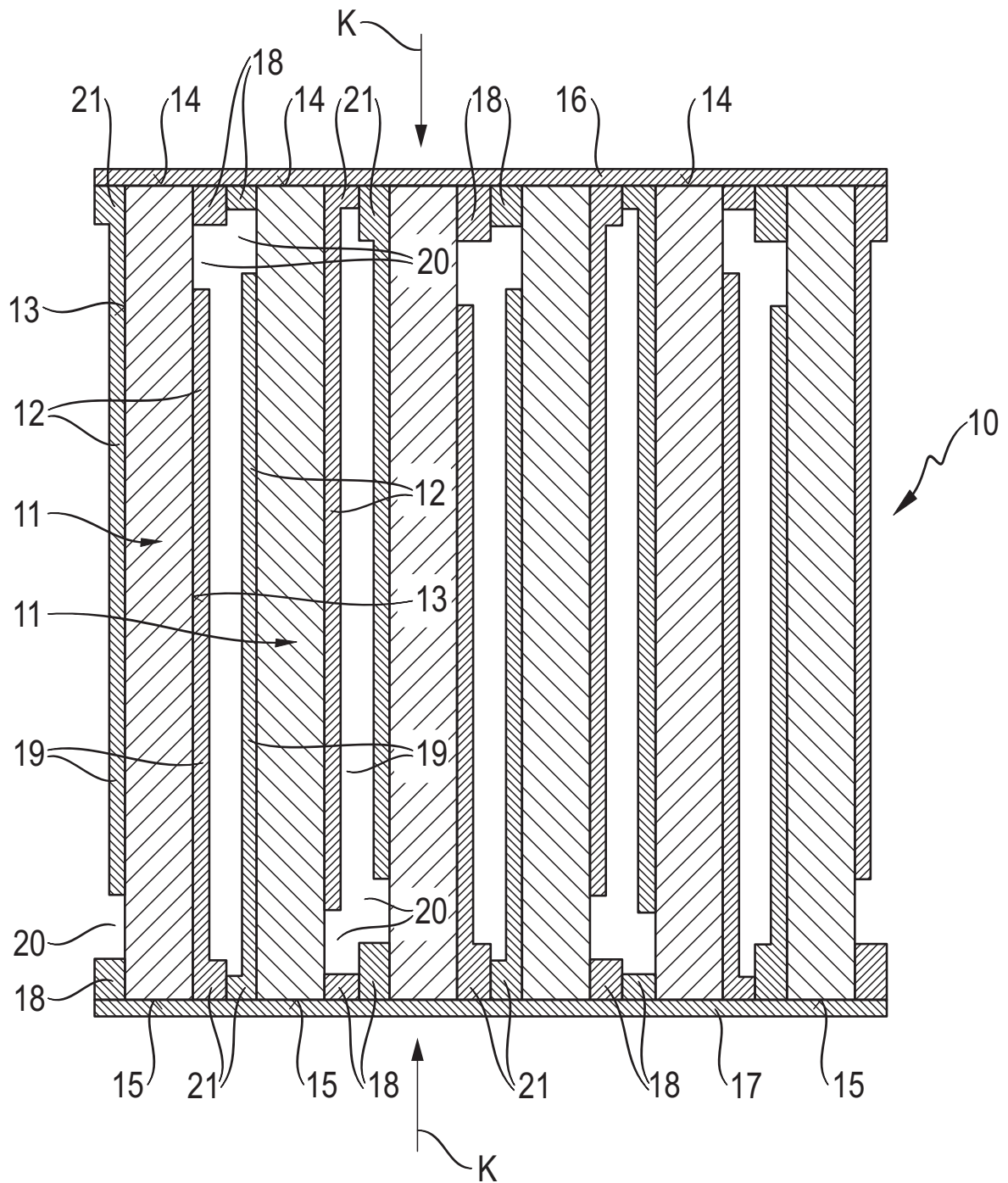


Fig. 6

