

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. Oktober 2007 (25.10.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/118532 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 35/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/000787

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Januar 2007 (30.01.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 017 547.6 13. April 2006 (13.04.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Hansastr. 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KÖNIG, Jan, D.

[DE/DE]; Hofmattstrasse 2, 79112 Freiburg (DE).
JACQUOT, Alexandre [DE/DE]; Bürgerschaft 8, 79271 Sankt Peter (DE).

(74) Anwalt: KLITZSCH, Gottfried; Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, Maximilianstrasse 58, 80538 München (DE).

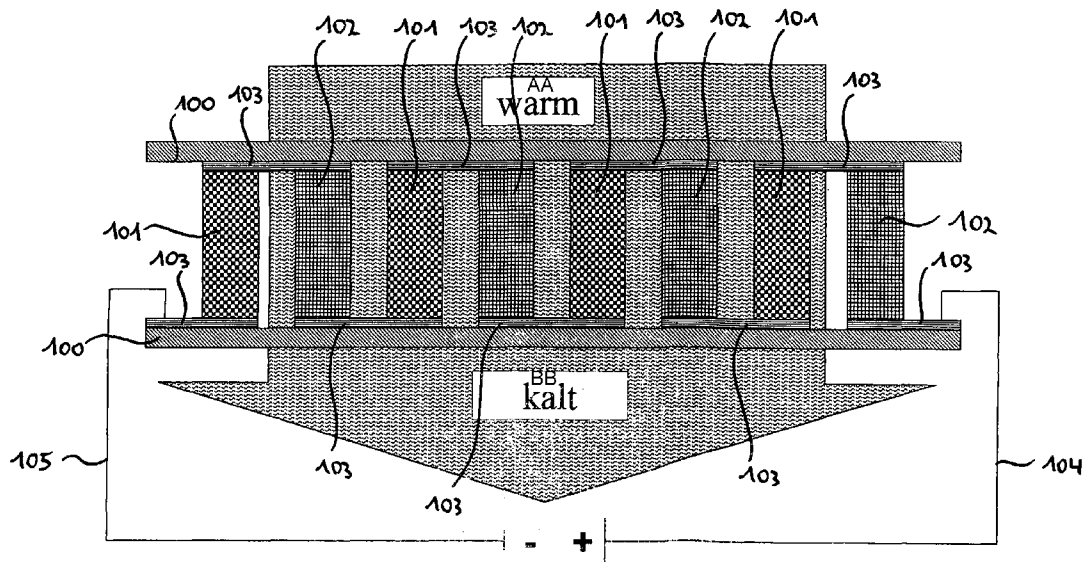
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: THERMOELECTRIC COMPONENT AND METHOD FOR PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung: THERMOELEKTRISCHES BAUELEMENT SOWIE HERSTELLUNGSVERFAHREN HIERFÜR



AA. HOT
BB. COLD

(57) Abstract: The invention relates to a thermoelectric component with thermoelectric leg pairs of n- and p-conductors, connected to each other by means of an electrically conducting contact layer made from electrically deposited material and a method for production thereof.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/118532 A2



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein thermoelektrisches Bauelement mit thermoelektrischen Schenkel-paaren aus n- und p- Leitern, die jeweils über eine elektrisch leitfähige Kontaktschicht aus galvanisch abgeschiedenem Material miteinander verbunden sind und ein Herstellverfahren hierfür.

Thermoelektrisches Bauelement sowie Herstellungsverfahren hierfür

Die vorliegende Erfindung betrifft ein thermoelektrisches Bauelement sowie ein Herstellungsverfahren für ein solches thermoelektrisches Bauelement.

Die Funktionsweise eines thermoelektrischen Bauelementes beruht auf dem thermoelektrischen Effekt, der auch als Seebeck-Effekt bzw. Peltier-Effekt bezeichnet wird. Somit betrifft das Anwendungsgebiet des vorliegenden thermoelektrischen Bauelementes den Bereich der Thermoelektrik. Die Thermoelektrik beschäftigt sich einerseits mit der Energieerzeugung (thermoelektrischer Generator) und andererseits mit der Temperaturregelung (Peltier-Element).

Bei einem thermoelektrischen Generator wird durch einen Temperaturunterschied eine Spannung und somit ein elektrischer Strom erzeugt.

Umgekehrt wird bei einem Peltier-Element durch Anlegen eines Stromflusses eine Seite dieses thermoelektrischen Bauelementes erwärmt und die entsprechend andere Seite gekühlt.

Der grundsätzliche Aufbau eines thermoelektrischen Bauelementes ist in Fig. 1 gezeigt. Ein derartiges thermoelektrisches Bauelement setzt sich prinzipiell aus thermoelektrischen Schenkelpaaren, die jeweils einen Schenkel 101 aus einem p-Leitermaterial und einen Schenkel 102 aus einem n-Leitermaterial aufweisen, und einem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial 103 zusammen, das die einzelnen Schenkel 101,102 miteinander elektrisch verbindet. Üblicherweise werden zur elektrischen Isolation oberhalb und unterhalb des thermoelektrischen Bauteils Trägerschichten 100 aus elektrisch isolierendem Material (Substratmaterial) angeordnet. Obwohl in Fig.1 nicht dargestellt, können die Zwischenräume zwischen den Schenkeln 101,102 des thermoelektrischen Bauelementes mit einem elektrisch und thermisch nichtleitenden Zwischenmaterial gefüllt werden. Wie in Fig. 1 schematisch dargestellt, herrscht ein Temperaturgefälle zwischen einer Oberseite („warm“) und einer Unterseite („kalt“) des thermoelektrischen Bauelementes.

Wie aus Fig. 1 entnehmbar, sind die einzelnen Schenkel 101,102 thermisch parallel geschaltet, d.h. alle Schenkel leiten parallel zueinander die Wärme entsprechend dem Temperaturgradienten weiter.

Wie aus Fig. 1 entnehmbar, sind die einzelnen Schenkel 101,102 zudem elektrisch in Reihe geschaltet, wobei der Stromkreis (wie in Fig. 1 angedeutet) durch einen Leiterkreis 104,105 geschlossen wird.

Aufgrund dieses Aufbaus ist es möglich, in Verbindung mit dem in Fig. 1 dargestellten Temperaturunterschied zwischen Ober- und Unterseite des thermoelektrischen Bauelementes eine Spannung zwischen den Leitern 104,105 zu erzeugen und damit einen Stromfluß zu erzielen.

Folglich wirkt das thermoelektrische Bauelement als thermoelektrischer Generator.

Andererseits ist es aber auch möglich, mit dem gleichen Aufbau bei Anlegen eines externen Stromflusses eine „Heiß“-Seite und eine „Kalt“-seite zu erzeugen, d.h. es kann in Richtung der Schenkel ein Temperaturgefälle im thermoelektrischen eingestellt werden.

Um den vorstehend beschriebenen und in Fig. 1 gezeigten Aufbau des thermoelektrischen Elementes mit einer elektrischen Reihenschaltung und einer thermischen Parallelschaltung der einzelnen Schenkel 101,102 zu realisieren, ist eine Kontaktierung (elektrische Verbindung) der Schenkel untereinander notwendig. Diese elektrische Verbindung (Kontaktierung) der thermoelektrischen Schenkel ist daher bei der Fertigung als limitierender Schritt anzusehen, da sich insbesondere aufgrund der Vielzahl von elektrisch in Reihe und thermisch parallel miteinander zu verbindenden (zu kontaktierenden) Schenkeln 101,102 Schwierigkeiten bei der Fertigung derartiger thermoelektrischer Bauteile ergeben.

Zudem muß diese Kontaktierung eine möglichst gute thermische und elektrische Ankopplung gewährleisten. Ansonsten ist die Leistungsfähigkeit des thermoelektrischen Elementes zumindest eingeschränkt. Um eine möglichst gute thermische und

elektrische Ankopplung zu gewährleisten, wird daher eine komplizierte Stapelung verschiedener Schichten vorgesehen, wie dies in Fig. 2 schematisch dargestellt ist.

Diese Stapel bestehen aus verschiedenen Diffusionsbarrieren und Haftsichten, welche für die elektrische Verbindung (Kontaktierung) mittels eines Lötmaterials in einem Lötprozeß notwendig sind. So wird auf die untere Trägerschicht 100 zunächst eine Metallisierungsschicht 201 aufgebracht, auf welche eine äußere Diffusionsbarriere 202 folgt. Anschließend wird die Kontaktschicht 103 aufgebracht, über welche die einzelnen n- und p-Leiterschlenkel miteinander elektrisch verbunden werden. Auf diese Kontaktschicht 103 folgt eine mittlere Diffusionsbarriere 204. Auf diese mittlere Diffusionsbarriere wird die Löttschicht 205 zum Verbinden der p- und n-Leiterschlenkel 101,102 mit den jeweiligen Kontaktschichten 103 aufgebracht. Diese Löttschicht wird über eine innere Diffusionsbarriere 206 abgedeckt. Auf diese folgt eine Haftsicht 207, welche unmittelbar mit den p- und n-Leiterschlenkeln 101,102 verbunden ist.

Eine identische Schichtung ist, ausgehend von der gegenüberliegenden Trägerschicht 100 auf der gegenüberliegenden Seite der p- und n-Leiterschlenkel 101,102 vorgesehen. Diese Schichtung weist die Metallisierungsschicht 402, die äußere Diffusionsbarriere 403, die Kontaktschicht 103, die mittlere Diffusionsbarriere 405, die Löttschicht 406, die inneren Diffusionsbarriere 407 und die Haftsicht 408 auf.

Diese vorstehend beschriebenen Schichten sollen außerdem die thermischen und elektrischen Übergangswiderstände oder andere störende Effekte, wie z.B. unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten der Materialien, reduzieren.

Zur Herstellung derartiger thermoelektrischer Bauteile werden typischerweise zunächst auf thermisch gut, jedoch elektrisch nicht leitende Trägerplatten 100 (meistens Keramikplatten) vorstrukturierte Kontaktschichten 103 aufgebracht. Anschließend werden die einzelnen, mit Haftsichten und Diffusionsbarrieren versehenen Schlenkel 101,102 auf das vorstrukturierte Kontaktmaterial 103 stirnseitig aufgelötet. Hiernach wird in einem weiteren (zweiten) Lötprozeß die noch freie Stirnseite der Schlenkel 101,102 mit der zweiten Trägerplatte 100 kontaktiert, auf dem ebenfalls die vorstrukturierte Kontaktschicht 103 aufgebracht ist. Da auch beim zweiten Lötprozeß eine Kontaktierung zwischen der vorstrukturierten Kontaktschicht 103 auf der Trägerplatte und den

Kontaktflächen der Schenkel 101,102 notwendig ist, müssen bei dem zweiten Lötprozeß alle Schenkel 101,102 gleichzeitig kontaktiert werden.

Jeden Schenkel 101,102 einzeln aufzulöten, wie es bei dem ersten Lötprozeß vorgesehen wird, ist bei der Vielzahl an Schenkeln 101,102 aber sehr aufwendig und damit zeit- und kostenintensiv. Werden, wie im zweiten Lötprozeß, alle Schenkel 101,102 gleichzeitig aufgelötet, so kommt es sehr häufig zu schlechten Kontaktstellen, insbesondere aufgrund unterschiedlicher Höhen der einzelnen Schenkel 101,102 bzw. aufgrund unterschiedlicher Mengen an aufgebrachtem Lötmaterial. Zudem ist die zu verwendende Menge an Lötmaterial schwierig einzustellen, da das Lötmaterial zwar die Unter- bzw. die Oberseiten („Stirnseiten“) der Schenkel 101,102 komplett bedecken muß, um einen optimalen elektrischen Kontakt zu erzielen. Das Lötmaterial darf aber andererseits nicht die Ober- und Unterseiten der Schenkel 101,102 verbinden, da sonst die Effizienz des Bauteils insgesamt reduziert wird.

Ein weiteres Problem ist das Lötmaterial an sich, da durch die Lötsschicht unweigerlich ein zusätzlicher elektrischer und thermischer Widerstand entsteht, welcher die Effizienz des Bauteils ebenfalls reduziert. Außerdem wird der Temperaturbereich, in dem das thermoelektrische Bauteil verwendbar ist, durch die Schmelztemperatur dieses Lötmaterials zusätzlich eingeschränkt. Ist beispielsweise die Betriebstemperatur des thermoelektrischen Bauteils höher als die Schmelztemperatur dieses Lötmaterials, so wird das Bauteil selbst zerstört. Überdies zeigen die zur Verfügung stehenden Lötmaterialien bei Betriebstemperaturen über 250° C weitere Mängel, wie z.B. Sprödigkeit. Ferner sind geeignete Lötmaterialien für thermoelektrische Anwendungen im Bereich zwischen 300° C und 450°C nicht verfügbar.

Besteht die Notwendigkeit, industriell interessante großflächige thermoelektrische Bauteile (mit einer Fläche $\geq 10 \text{ cm}^2$) herstellen, bereitet das einzelne Auflöten der Schenkel im ersten Lötprozeß und auch das gleichzeitige Auflöten der Schenkel (im zweiten Lötprozeß aufgrund der vorstehend geschilderten Probleme erhebliche Schwierigkeiten.

Zwar ist auch bekannt, zur elektrischen Verbindung (Kontaktierung) der einzelnen Schenkelpaare gepreßte oder angedrückte Kontaktierungen zu verwenden, jedoch ist

bei diesen Kontaktierungsmethoden der elektrische und technische Übergangswiderstand deutlich höher als beim Kontaktieren über Löten.

Auf Grund der vorstehend beschriebenen Schwierigkeiten können mit den bekannten Fertigungsmethoden eigentlich nur planare thermoelektrische Bauelemente gefertigt werden. Beispielsweise bei rohrförmigen thermoelektrischen Bauelementen ist eine Kontaktierung der einzelnen Schenkel im Inneren des Rohres, aufgrund der Unzugänglichkeit dieser Bereiche, nur sehr schwer möglich.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein thermoelektrisches Bauelement und ein Herstellverfahren für ein derartiges thermoelektrisches Bauelement anzugeben, mit denen das Problem der Kontaktierung der einzelnen Schenkel gelöst wird.

Erfindungsgemäß wird die vorgenannte Aufgabe gelöst durch ein thermoelektrisches Bauelement mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p-Leitern, die über eine elektrisch leitfähige Kontaktschicht aus galvanisch abgeschiedenem Material miteinander verbunden sind.

Bei dem erfindungsgemäßen thermoelektrischen Bauelement werden die Schwierigkeiten bei der Kontaktierung dadurch überwunden, daß die einzelnen n- und p-Leiterschlenkel durch Galvanotechnik elektrisch verbunden werden. Über die Galvanotechnik kann man also das Kontaktmaterial unmittelbar auf die Schenkel, welche möglicherweise mit Haftsichten und Diffusionsbarrieren versehen sind, aufbringen, wodurch eine Kontaktierung ohne einen Lötprozeß ermöglicht ist.

Unter „Galvanotechnik“ ist eine elektrochemische Abscheidung von metallischen Niederschlägen auf Gegenständen zu verstehen. An einer Anode findet sich das als Kontaktschicht aufzubringende Metall und an einer Anode der Gegenstand (im vorliegenden Fall die Schenkel), auf der das Metall der Anode abgeschieden werden soll, wobei diese in ein elektrolytisches Bad eintauchen. Durch das elektrolytische Bad wird Strom geleitet. Der elektrische Strom löst Metallionen von der Anode ab und lagert sie durch Reduktion auf den Schenkeln ab. Dementsprechend werden die freiliegenden Kontaktflächen der Schenkel gleichmäßig mit dem Anodenmetall beschichtet. Je länger

sich die Schenkel im elektrolytischen Bad befinden, um so dicker wird die Metallschicht, welche die Kontaktschicht bildet.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel werden zwischen den einzelnen Schenkeln Zwischenschichten aus elektrisch nicht leitendem Material angeordnet. Hierbei kann das Material dieser Zwischenschichten auch thermisch zumindest geringleitend sein. Weiterhin kann das Material der Zwischenschichten jeweils aus einer oder mehrerer Schichten aus Keramik, Glas, Quarz, Porzellan, Kunststoff, insbesondere Polyurethan oder Polystyrol, Schaum, Kunstharz, Zement, Klebstoff, Mörtel, Emaille, Verbundstoff, Aerosol, Glasfaser, Kapton oder Glimmer oder eine Kombination dieser Werkstoffe bestehen.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die einzelnen Schenkel über die Kontaktschichten elektrisch in Reihe und thermisch parallel verbunden. Hierbei kann eine Vielzahl an Schenkelpaaren, deren Schenkel über die Kontaktschichten elektrisch in Reihe und thermisch parallel miteinander verbunden sind, vorgesehen sein.

Bevorzugterweise sind die Schenkel an den Verbindungsstellen mit der Kontaktschicht mit einer Diffusionsbarriere und/oder einer Haftschrift versehen. Auch diese elektrisch leitfähige Diffusionsbarriere bzw. die Haftschrift können über die Galvanotechnik aufgebracht werden.

Die vorgenannte Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein thermoelektrisches Bauelement mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p-Leitern, bei denen sich die miteinander elektrisch verbundenen Schenkel abschnittsweise berühren, wobei ein unmittelbarer elektrischer Kontakt zwischen Endbereichen dieser Schenkel besteht. Dabei können die miteinander in unmittelbarem elektrischen Kontakt stehenden Endbereiche der Schenkel mittels einer Druckkraft gegeneinander vorbelastet sein.

Die vorgenannte erfindungsgemäße Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein thermoelektrisches Bauelement mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p-Leitern, wobei zwischen den Schenkeln Zwischenschichten aus einem elektrisch nichtleitfähigen Zwischenmaterial angeordnet ist, wobei diese Zwischenschichten in ihren inneren und/oder äußeren Endbereichen zumindest abschnittsweise Kontakt-

schichten aus einem elektrisch leitfähigen Material tragen, und wobei über diese Kontaktschichten die Endbereiche der Schenkel abschnittsweise elektrisch miteinander verbunden sind. Dabei können die miteinander über die von den Zwischenschichten getragenen Kontaktschichten in elektrischem Kontakt stehenden Endbereiche der Schenkel mittels einer Druckkraft gegeneinander vorbelastet sein.

Das thermoelektrische Bauelement kann zudem rohrförmig ausgebildet sein, wobei es zu bevorzugen ist, wenn die Schenkel und/oder die Zwischenschichten Markierungen zur Ausrichtung und/oder Positionierung der Schenkel und der Zwischenschichten aufweisen.

Der Verfahrensaspekt der vorgenannten erfindungsgemäßen Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Bauelementes mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p-Leitern, wobei die Schenkel durch galvanisches Abscheiden einer Kontaktschicht aus leitfähigem Material elektrisch verbunden werden, nachdem die Schenkel zuvor in einer für das thermoelektrische Bauelement notwendigen relativen Anordnung zueinander angeordnet wurden.

Dabei kann eine, insbesondere mechanische, chemische, thermische oder optische Strukturierung der zuvor durch galvanisches Abscheiden erzeugten Kontaktschicht vorgenommen werden.

Weiterhin können Zwischenräume zwischen den Schenkeln geometrisch derart gestaltet werden, daß nur oder zuerst Kontakte zwischen den jeweils zu verbindenden Schenkeln durch galvanisches Wachstum ausgebildet werden.

Zudem können innere und/oder äußere Enden der Schenkel geometrisch derart gestaltet werden, daß nur oder zuerst Kontakte zwischen den jeweils zu verbindenden Schenkeln durch galvanisches Wachstum ausgebildet werden.

Die nicht über die Kontaktschicht zu verbindenden Flächen der Schenkel können vor dem galvanischen Abscheiden durch Zwischenschichten abgedeckt werden

Zudem können innere und/oder äußere Enden der Zwischenschichten geometrisch derart gestaltet werden, daß nur oder zuerst Kontakte zwischen den jeweils zu verbindenden Schenkeln durch galvanisches Wachstum ausgebildet werden.

Zudem kann ein Form der Zwischenschichten durch Pressen unmittelbar auf das thermoelektrische Material der Schenkel übertragen werden.

Außerdem können Zwischenräume zwischen den Schenkeln vor dem galvanischen Abscheiden der Kontaktschicht mit einem elektrisch nichtleitenden Zwischenmaterial zum Abdecken der nicht mit der Kontaktschicht zu verbindenden Flächen der Schenkel erfüllt werden.

Das Zwischenmaterial kann nach erfolgter galvanischer Kontaktierung der Schenkel zumindest teilweise entfernt oder ersetzt werden.

Vor dem galvanischen Abscheiden der Kontaktschicht an den Kontaktflächen der jeweils zu verbindenden Schenkeln können Diffusionsbarrieren und/oder Haftsichten, insbesondere durch galvanisches Abscheiden, aufgebracht werden.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird ebenfalls gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen eines insbesondere rohrförmigen thermoelektrischen Bauelementes mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p-Leitern, wobei ein alternierendes Übereinanderstapeln von n- und p-Leitern der Schenkelpaare vorgesehen ist, und wobei diese Schenkel durch Zwischenschichten aus elektrisch nicht leitfähigem Material getrennt werden, und Endbereiche der jeweils zu verbindenden Schenkel über eine elektrisch leitfähige Kontaktschicht aus galvanisch abgeschiedenem Material miteinander verbunden werden und/oder sich die jeweils zu verbindenden Schenkel berühren, wobei ein unmittelbarer elektrischer Kontakt zwischen den Endbereichen dieser Schenkel besteht, und/oder die Zwischenschichten in ihren inneren und äußeren Randbereichen zumindest abschnittsweise Kontaktschichten aus einem elektrisch leitfähigem Material tragen, welche die Endbereiche der jeweils zu verbindenden Schenkel elektrisch miteinander verbinden.

Dabei kann die Zwischenschicht auf die einzelnen Schenkel vor dem Übereinanderstapeln aufgebracht werden, insbesondere kann diese aufgeschleudert oder aufgedampft werden.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den zugehörigen Figuren näher erläutert. In diesen zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines thermoelektrischen Bauelementes zur Erläuterungen des Funktionsprinzips,
- Fig. 2 eine schematische Querschnittsdarstellung eines Schenkelpaares eines thermoelektrisches Bauelement zur Erläuterung des Schichtenaufbaues des thermoelektrischen Elementes,
- Fig. 3 eine typische Anordnung der einzelnen Schenkel des thermoelektrischen Bauelementes,
- Fig. 4 eine typische Anordnung der einzelnen Schenkel, umgeben bzw. seitlich abgedeckt von einem Zwischenmaterial (Isolations-, Schutz- bzw. Füllmaterial),
- Fig. 5A bis
Fig. 5G eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur elektrischen Kontaktierung der einzelnen Schenkel durch Galvanotechnik in einer Querschnittsdarstellung des thermoelektrischen Bauelementes, wobei die Fig. 5A bis 5C eine Kontaktierung an der Oberseite, die Fig. 5D bis 5F eine Kontaktierung an der Unterseite, und Fig. 5H eine Strukturierung des galvanisch abgetrennten Kontaktmaterials darstellen,
- Fig. 6A bis
Fig. 6F eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur elektrischen Kontaktierung der Schenkel durch Galvanotechnik mit einem speziell geformten Zwischenmaterial in einer Quer-

schnittsdarstellung, wodurch eine nachträgliche Strukturierung wie in Fig. 5H entfällt, wobei die Fig. 6A bis 6C eine Kontaktierung an der Oberseite und die Fig. 6D bis 6F eine Kontaktierung an der Unterseite zeigen,

Fig. 7 ein fertig kontaktiertes thermoelektrisches Bauelement mit einer strukturierten galvanisch abgeschiedenen Kontaktschicht, wobei das Zwischenmaterial und die Trägerplatten zur klareren Darstellung weggelassen sind,

Fig. 8A bis

Fig. 8E schematische Darstellungen eines Ausführungsbeispiels eines rohrförmigen thermoelektrischen Bauelementes, wobei die Schenkel über Galvanotechnik elektrisch kontaktierbar sind, und wobei in Fig. 8A eine dreidimensionale Darstellung, in Fig. 8B ein schräger Schnitt, in Fig. 8C eine Aufsicht, in Fig. 8D ein Querschnitt vor dem Kontaktieren und in Fig. 8E ein Querschnitt nach dem Kontaktieren gezeigt ist,

Fig. 9A bis

Fig. 9F weitere Ausführungsbeispiele des rohrförmigen thermoelektrischen Bauelementes in Querschnittsdarstellung mit verschiedenen Ausführungsformen der Schenkel und des Zwischenmaterials, wobei Außen- und Innendurchmesser des sich ergebenden thermoelektrischen Bauelementes angegeben sind,

Fig. 10A bis

Fig. 10C weitere Ausführungsbeispiele des rohrförmigen thermoelektrischen Bauelementes mit mehreren Ausführungsformen der Schenkelenden,

Fig. 11A bis

Fig. 11C weitere Ausführungsbeispiele des rohrförmigen thermoelektrischen Elementes mit mehreren Ausführungsformen der Enden des Zwischenmaterials,

Fig. 12A bis

- Fig. 12C weitere Ausführungsbeispiele des rohrförmigen thermoelektrischen Bauelementes mit mehreren Ausführungsformen der Schenkel und des Zwischenelementes, die auch ohne Galvanotechnik elektrisch miteinander verbindbar sind,
- Fig. 13A und
Fig. 13B Darstellungen einer Vorder- und Rückseite eines weiteren rotationssymmetrischen Ausführungsbeispiels für das Zwischenmaterial, wobei in inneren und äußeren Randbereichen des Zwischenmaterials Kontaktmaterialschichten angeordnet sind,
- Fig. 13C bis
Fig. 13F weitere Ausführungsbeispiele des rohrförmigen thermoelektrischen Bauelementes mit einer Verbindung der Schenkel über ein in den Endbereichen des Zwischenmaterials nach Fig. 13A und Fig. 13B angeordnetes elektrisch leitfähiges Kontaktmaterial,
- Fig. 14A bis
Fig. 14H mehrere Ausführungsformen für die Schenkel und/oder das Zwischenmaterial und/oder ein elektrisch leitfähiges Material in Aufsicht, und
- Fig. 15 ein Ausführungsbeispiel für die Schenkel und/oder das Zwischenmaterial und/oder das elektrisch leitfähige Material mit einer möglichen Markierung am Schenkel bzw. am Zwischenmaterial.

Hinsichtlich der Bezugszeichen in den Figuren sei angemerkt, daß diese aus Gründen der klareren Darstellung nicht für alle gleichartigen Bauelemente (z.B. für alle Schenkel) jeweils angegeben sind, sondern vielmehr jeweils eines exemplarisch mit dem entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet ist.

Vorliegend kann die elektrische Kontaktierung der n- und p-Leiterschlenkel dadurch erfolgen, daß die einzelnen n- und p-Leiterschlenkel durch Galvanotechnik elektrisch verbunden werden. Gemäß dem in den Fig. 1 bis 3 beschriebenen Ausführungsbeispiel des thermoelektrischen Bauelementes sind die Schenkel quaderförmig geformt und die

elektrische Kontaktierung erfolgt über die Stirnseiten dieser Quader, d.h. die Kontaktschicht verbindet jeweils die Stirnseiten zweier benachbarter Quader.

Die Form der Schenkel ist jedoch nicht auf einen quaderförmigen Aufbau beschränkt. Beispielsweise ist vorliegend auch ein rohrförmiges thermoelektrisches Bauelement beschrieben. Auch die Form der Ober- und Unterseiten der Schenkel muß nicht quadratisch sein, sondern kann jede erdenkliche Form besitzen. Wie aus den übrigen Ausführungsbeispielen ersichtlich sind beispielsweise auch Formen wie rotationssymmetrisch (insbesondere rund) oder elliptisch ohne weiteres verwendbar.

Neben der elektrischen Verbindung (Kontaktierung) der Schenkel, kann die Galvanotechnik ebenfalls zum Aufbringen geeigneter elektrisch leitfähiger Diffusionsbarrieren und/oder Haftsichten verwendet werden.

Mit der Galvanotechnik kann also das Kontaktmaterial auf die Schenkel (zur Kontaktierung) aufgebracht werden, die bevorzugterweise vorher ebenfalls über die Galvanotechnik mit Haftsichten und/oder Diffusionsbarrieren versehen wurden. Folglich kann der gesamte Vorgang der Kontaktierung und Herstellung des thermoelektrischen Elementes ohne einen Lötprozeß erfolgen. Vielmehr erfolgt die Kontaktierung direkt über die Galvanotechnik.

Für die elektrische Verbindung der jeweilig zu verbindenden Schenkel (Kontaktierung) durch die Galvanotechnik ist es erforderlich, daß die n- und p-Leiterschlenkel 101, 102 in der für das thermoelektrische Bauelement notwendigen Anordnung arrangiert werden, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist.

Dabei können die Schenkel 101, 102 an ihren Stirnflächen 101a, 102a bereits vor dem galvanischen Kontaktieren mit einer Diffusionsbarriere und/oder einer Haftsicht versehen worden sein. Dies kann insbesondere ebenfalls über Galvanotechnik durchgeführt werden.

Für eine elektrische Kontaktierung der Schenkel ist es weiterhin wünschenswert, daß die seitlichen Wände 101b, 102b der Schenkel 101, 102 bedeckt sind. Eine vorteilhafte Möglichkeit hierzu besteht darin, die kompletten Zwischenräume zwischen den

Schenkeln 101, 102 mit einem thermisch und elektrisch nichtleitenden Zwischenmaterial 106 zu erfüllen, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist.

Für dieses Zwischenmaterial 106 sind u.a. beispielsweise Keramiken, Gläser, Quarze, Porzellan, Kunststoffe (z.B. Polyurethan, Polystyrol), Schäume, Kunstharze, Zement, Klebstoffe, Mörtel, Verbundstoffe, Aerosole, Glasfasern, Kapton oder Glimmer denkbar. Das Zwischenmaterial 106 kann auch aus einer Kombination derartiger Materialien bestehen.

Jedenfalls muß das Zwischenmaterial 106 (so es denn verwendet wird), die Schenkel 101, 102 voneinander elektrisch isolieren und sollte vorzugsweise eine geringe thermische Leitfähigkeit aufweisen.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des Herstellungsverfahrens werden die Schenkel in ihrer später notwendigen relativen Anordnung galvanisch direkt miteinander elektrisch kontaktiert. Es ist dabei zudem möglich, eine oder mehrere Schichten galvanisch aufzubringen, die dann als Diffusionsbarriere, Haftschicht bzw. Kontaktschicht verwendet werden.

Für die galvanische Abscheidung sind die folgenden bzw. eine Zusammensetzung der folgenden Elemente bevorzugt: Al, Sb, Pb, Cd, Co, Cr, Fe, Au, In, Cu, Mn, Mo, Ni, Pd, Pt, Rh, Re, Ru, Ti, Te, Ag, Bi, W, Zn, Sn, Si und Ge.

Ein Wachstumsprozeß der Kontaktschicht bei der galvanischen Abscheidung verläuft allerdings nicht nur eindimensional (d.h. in eine Richtung). Vielmehr wird der Zwischenraum bzw. das Zwischenmaterial zwischen den Schenkeln nach einiger Zeit überwachsen (d.h. ungerichtetes Wachstum), wie dies in den Fig. 5A bis 5C für die Oberseite und den Fig. 5D bis 5F für die Unterseite schematisch dargestellt ist.

Mit der Galvanotechnik können somit alle Schenkel auf jeder der Seiten des thermoelektrischen Bauelementes (Kalt- oder Warmseite, wie in Fig. 1 exemplarisch dargestellt) jeweils gleichzeitig miteinander elektrisch verbunden werden.

Da das galvanisch abgeschiedene Kontaktmaterial in dem in Fig. 5A bis Fig. 5F dargestellten Ausführungsbeispiel des Herstellungsverfahrens alle Schenkel 101, 102 miteinander verbindet (falls die Abstände aller Schenkel 101, 102 im wesentlichen gleich und auch das Zwischenmaterial 104 nicht in besonderer Weise strukturiert ist), kann eine nachträgliche Strukturierung, wie in Fig. 5G dargestellt, erforderlich sein.

Hierzu stehen mechanische, chemische, thermische oder optische Strukturierungsmethoden, wie z.B. Fräsen, Drehen, Wasserstrahlspritzen, Plasmaschneiden, Senkerodieren, Funkerodieren, Partikelstrahlen, Nassätzen, Trockenätzen, Ionen-Ätzen, Röntgenlithographie, Verdampfen, Sandstrahlen, Elektronen- bzw. Ionenstrahl-Lithographie, Sputtern, UV-LIGA-Technik oder Laserschneiden zur Verfügung.

Soll eine nachträgliche Strukturierung vermieden werden, kann insbesondere ein Zwischenraum zwischen den Schenkeln bzw. das darin aufgenommene Zwischenmaterial derart gestaltet, daß nur bzw. zuerst die elektrischen Kontakte zwischen den gewünschten n- und p-Leiterschchenkeln durch das galvanische Wachstum ausgebildet werden, wie dies beispielsweise in den Fig. 6A bis 6F dargestellt ist.

Wie aus den Fig. 6A bis 6F ersichtlich, überragt das Zwischenmaterial 106 die stirnseitig die Schenkel 101, 102 in Bereichen, an denen eine Kontaktierung durch galvanisches Abscheiden nicht stattfinden soll. Dementsprechend bildet sich die Kontaktschicht 103 ausschließlich zwischen solchen n- und p-Leiterschenkeln 101, 102 aus, an denen dieses gewünscht ist, d.h. an denen das Zwischenmaterial nicht als Barriere wirkt.

Nach erfolgter galvanischer Kontaktierung der Schenkel in den gewünschten Bereichen, wie beispielsweise in den Fig. 5A bis Fig. 5F und den Fig. 6A bis Fig. 6F dargestellt, ist es möglich, das Zwischenmaterial 106 teilweise oder ganz zu entfernen oder zu ersetzen.

In Fig. 7 ist ein fertig kontaktiertes thermoelektrisches Bauelement dargestellt, wobei das Zwischenmaterial 106 nicht sichtbar bzw. entfernt ist und wobei, je nach Anwendung, zusätzlich noch eine Isolierung der Kontakte (insbesondere über Substratplatten) oberhalb und unterhalb des thermoelektrischen Bauelementes notwendig ist. Diese Isolation sollte eine gute thermische Leitfähigkeit besitzen.

Das vorstehend beschriebene Verfahren zur Kontaktierung der Schenkel durch die Galvanotechnik ist sowohl auf mikro- als auf makroskopische thermoelektrische Bauteile anwendbar und ermöglicht eine direkte Verbindung der Schenkel durch die Galvanotechnik ohne die Verwendung von Löttechniken.

Mit dem vorstehend vorgestellten Verfahren ist es ebenfalls möglich, auch nicht-planare thermoelektrische Bauteile, wie z.B. thermoelektrische Rohre, auf einfache und kostengünstige Weise herzustellen.

In den Fig. 8A bis 8E ist ein Ausführungsbeispiel eines derartigen thermoelektrischen Rohres dargestellt, das, wie aus der Querschnittsdarstellung nach Fig. 8E ersichtlich, mit der Galvanotechnik kontaktiert wurde. Es besteht aus mehreren ringförmigen und alternierend angeordneten n- und p-Leiterschekeln 101, 102 und diese Leiterschekel elektrisch voneinander isolierende ringförmigen Zwischenscheiben (die aus Klarheitsgründen allerdings nicht abgebildet ist). Es entsteht folglich eine Stapelanordnung der Schenkel 101, 102 und der Zwischenscheiben.

Vorliegend sind die Schenkel 101, 102 und die Zwischenscheiben rotationssymmetrisch (hier: kreisringförmig) ausgebildet, ohne daß die vorliegende Erfindung hierauf beschränkt wäre.

Ein Abstand zwischen den alternierend angeordneten n- und p-Leiterschekeln ändert sich in radialer Richtung des thermoelektrischen Rohres, d.h. die Leiterschekel sind nicht planar ausgebildet, sondern beinhalten Bereiche, die über eine Grundfläche vorstehen. Werden diese Leiterschekel übereinander gestapelt bzw. aneinander gereiht, so entstehen Stellen, an denen die thermoelektrischen Schenkel eng beieinander sind sowie Stellen an denen die Schenkel weiter voneinander entfernt sind. An den einander nächstliegenden Bereichen benachbarter Schenkel wird durch das galvanische Abscheiden am schnellsten eine elektrische Verbindung hergestellt als bei weiter auseinanderliegenden Stellen, wie dies insbesondere aus Fig. 8E ersichtlich ist.

Folglich sind spezielle Formen und Strukturen des thermoelektrischen Materials (der Schenkel) und des Zwischenmaterials hilfreich, um den Herstellungsprozeß zu

vereinfachen, wobei in den Fig. 8A bis Fig. 8E eine mögliche Bauform für eine derartige vereinfachte Herstellung abgebildet ist. Weitere Bauformen sind den Fig. 9 bis 15 entnehmbar. Für sämtliche dieser Bauformen ist eine Kontaktierung durch die Galvanotechnik anwendbar. Allerdings können diese Formen und Strukturen des thermoelektrischen Materials insbesondere zur Bildung der thermoelektrischen Rohre auch unabhängig von der Kontaktierung durch die Galvanotechnik in vorteilhafter Weise verwendet werden. Folglich stellen diese Formen und Strukturen des thermoelektrischen Materials (d.h. der Schenkel) und des Zwischenmaterials (einer oder mehrerer Schichten aus einem oder mehreren Materialien, die im weiteren vereinfachend nur noch als „Zwischenmaterial“ bezeichnet werden), ermöglichen daher eine auch eigenständige Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe, insbesondere zur Bildung eines thermoelektrischen rohrförmigen Bauelementes.

In den Fig. 9A bis Fig. 9F sind verschiedene Formen für die Schenkel und das Zwischenmaterial abgebildet, die dann mit der Galvanotechnik kontaktiert werden können (ohne hierauf beschränkt zu sein). In Stromflussrichtung ergibt sich folglich ein alternierendes Muster von nächstkommenden Stellen am Außenumfang und am Innenumfang. Der Außendurchmesser und der Innendurchmesser des so gebildeten thermoelektrischen Rohres aus alternierend angeordneten n- und p- Leiterschekeln und Zwischenplatten wird durch die Außen- und Innendurchmesser der Schenkel festgelegt.

Dabei zeigt Fig. 9A flache n-Leiterschekel 102 und konisch geformte p-Leiterschekel 101 mit entsprechend geformtem Zwischenmaterial 106, d.h. das Zwischenmaterial hat eine flache Seite und eine konische Seite, um zwischen den unterschiedlich geformten n- und p-Leiterschekeln zu vermitteln.

Fig. 9B zeigt gegensätzlich konisch geformte n- und p- Leiterschekel 101,102 mit entsprechend doppelt konisch geformtem Zwischenmaterial 106.

Fig. 9C und Fig. 9D zeigen flache p- und n- Leiterschekel 101,102 mit gleichen Innen- und Außendurchmessern und Scheiben aus Zwischenmaterial, die jeweils abwechselnd unterschiedliche Innen- und Außendurchmesser aufweisen.

Fig. 9E zeigt flache n- und p- Leiterschlenkel 101,102 mit unterschiedlichen Innen- und Außendurchmessern und Scheiben aus Zwischenmaterial, die abwechselnd unterschiedliche Innen- und Außendurchmesser aufweisen.

Fig. 9F zeigt gegensätzlich geformte lamellenförmige Schenkel 101,102 mit entsprechend geformtem Zwischenmaterial.

Neben der bzw. zusätzlich zur vorstehend beschriebenen Ausbildung der Schenkel und der Zwischenmaterials, kann auch durch eine spezielle Gestaltung der inneren und äußeren Enden (Kanten) der Schenkel vorgegeben werden, zwischen welchen Schenkeln sich zuerst die elektrische Verbindung durch galvanisches Kontaktieren ausbildet.

Mögliche Formen der Enden sind flach, spitz, rund oder eckig. Die flache Endform wurde bereits in den Fig. 9A bis Fig. 9F benutzt. Weitere mögliche Gestaltungen der Enden der Schenkel zur Vorgabe, zwischen welchen Schenkeln sich zuerst die elektrische Verbindung durch Galvanotechnik ausbildet, sind in Fig. 10A (rechteckige Endform), Fig. 10B (spitze Endform) und Fig. 10C (runde Endform) angegeben.

Neben der bzw. zusätzlich zur vorstehend beschriebenen Ausbildung der Schenkel und der Zwischenmaterials, kann auch durch eine spezielle Gestaltung der inneren und äußeren Enden des Zwischenmaterials vorgegeben werden, zwischen welchen Schenkeln sich zuerst die elektrische Verbindung ausbildet. Mögliche Formen der Enden sind flach, spitz, rund oder vieleckig. In den Fig. 11A bis Fig. 11C sind im Querschnitt derartige Formen der Enden des Zwischenmaterials 106 beispielhaft für die gegensätzlich konische Schenkelform (wie bereits in Fig. 9B vorgestellt) dargestellt. Eine flache bzw. rechteckig Endform wurde bereits in den Fig. 9A bis 9F benutzt. Fig. 11A zeigt eine runde Endform. Fig. 11B zeigt eine spitze Endform und Fig. 11C zeigt eine rechteckig Endform.

Bei manchen Bauformen der thermoelektrischen Bauelemente ist die vorstehend beschriebene galvanische Verbindung der Schenkel jedoch nicht unbedingt notwendig.

In den Fig. 12A bis 12C sind im Querschnitt verschiedene Formen für die Schenkel 101,102 und das Zwischenmaterial 106 abgebildet, die auch ohne Galvanotechnik elektrisch miteinander kontaktiert sind. Bei diesen Formen der Schenkel 101,102 und des Zwischenmaterials 106 berühren sich die gewünschten Schenkel direkt, so daß ein elektrischer Kontakt zwischen den Schenkeln an den gewünschten Stellen besteht. Die Berührungsstellen sind mit einem „X“ gekennzeichnet.

Es kann nötig sein, daß diese Formen aneinandergedrückt werden müssen, um einen guten elektrischen Kontakt zu erzielen. Der ggf. notwendige Anpreßdruck ist über entsprechende Richtungspfeile in den Fig. 12 A bis 12C angedeutet.

Fig. 12A zeigt flache n- Leiterschlenkel in Verbindung mit konisch geformten p- Leiterschlenkel, die sich in ihren Endbereichen berühren, mit entsprechend geformtem Zwischenmaterial und flachen Endformen.

Fig. 12B zeigt gegensätzlich konisch geformte p- und n- Leiterschlenkel 101,102, deren Endbereiche sich berühren, mit entsprechend geformtem Zwischenmaterial 106 und flachen Endformen.

Fig. 12C zeigt gegensätzlich geformte lamellenförmige p- und n- Leiterschlenkel, die sich in ihren Endbereichen berühren mit entsprechend geformtem Zwischenmaterial.

In den Fig. 13A bis Fig. 13F sind weitere Formen für die Schenkel und Kombinationen aus Zwischenmaterial und einem elektrisch leitfähigen Material dargestellt.

Dabei zeigen die Fig. 13A und 13B eine Aufsicht auf eine kreisringförmig ausgebildete Scheibe 106 aus Zwischenmaterial, das in ihren inneren und äußeren Randbereichen kreisringförmig ausgebildete Kontaktschichten 107,108 aus elektrisch leitfähigem Material aufweist, wobei in Fig. 13A eine Zwischenscheibe 106 mit einem elektrisch leitfähigen Material 107 am inneren Rand dargestellt ist, und wobei in Fig. 13B eine zweite Zwischenscheibe 106 mit einem elektrisch leitfähigen Material 108 am äußeren Rand dargestellt ist.

Durch eine alternierende Anordnung der in den Fig. 13A und 13B dargestellten Zwischenscheiben 106 (wobei diese Zwischenmaterial die Kontaktschichten 107 bzw. 108 aus elektrisch leitfähigem Material tragen) in Verbindung mit den ebenfalls alternierend angeordneten n- und p-Leiterschekeln 101,102, kann eine schnelle elektrische Verbindung erzielt werden, wodurch die erfindungsgemäße Aufgabe auch unabhängig von den vorstehen genannten Überlegungen gelöst wird.

Bei der Verwendung solcher Kombinationen des Zwischenmaterials mit einem elektrisch leitfähigem Material (d.h. der in den Fig. 13A und 13B dargestellten Zwischenscheiben), kann eine Kontaktierung durch Andrücken notwendig werden.

Fig. 13C zeigt flache n- Leiterschekel, konisch geformte p-Leiterschekel mit entsprechend geformten Zwischenscheiben (Kombinationen aus Zwischenmaterial und einem elektrisch leitfähigem Material).

Fig. 13D zeigt gegensätzlich konisch geformte p- und n- Leiterschekel mit entsprechend geformten Zwischenscheiben (Kombinationen aus Zwischenmaterial und einem elektrisch leitfähigem Material).

Fig. 13E zeigt flache Schenkel mit gleichem Innen- und Außendurchmesser mit entsprechend geformten Zwischenscheiben (Kombinationen aus Zwischenmaterial und einem elektrisch leitfähigem Material).

Fig. 13F zeigt gegensätzlich geformte lamellenförmige p- und n- Leiterschekel mit entsprechend geformten Zwischenscheiben (Kombinationen aus Zwischenmaterial und einem elektrisch leitfähigem Material).

In den Fig. 14A bis 14H sind verschiedene Formen für die Schenkel und/oder das Zwischenmaterial und/oder das elektrisch leitfähige Material in Aufsicht dargestellt. Hieraus ist ersichtlich, daß die innere und äußere Form der Schenkel und des Zwischenraumes dabei nicht identisch sein müssen. Vielmehr können die innere und äußere Form der jeweiligen Anwendung angepaßt werden. Mögliche Formen für Innen- und Außendurchmesser sind rund, oval, rechteckig, n-eckig (mit „n“ beispielsweise zwischen 3 bis 1000), sternförmig und kreuzförmig.

In den Fig. 14A bis 14F sind beispielhaft verschiedene Kombinationen der Formen abgebildet. Diese Formen sind für die thermische Ankopplung an spezielle Anwendungen hilfreich. Beispielsweise besitzt eine sternförmige Geometrie, wie in Fig. 14e dargestellt, eine große Oberfläche, die eine Abfuhr von Wärme durch Konvektion verbessert.

Es ist auch denkbar, daß für bestimmte Anwendungen nur Teile solcher Formen verwendet werden. Beispielsweise kann es vereinfachend wirken, zwei Hälften eines rohrförmigen thermoelektrischen Bauelementes, wie in Fig. 14G abgebildet, an ein Rohr (Wasserrohr oder Auspuffrohr) zu befestigen. Gleiches gilt für Fig. 14H.

Dabei zeigt Fig. 14A kreisförmige Innen- und Außenkanten.

Fig. 14B zeigt rechteckige Innen- und Außenkanten.

Fig. 14C zeigt eine runde Innenkante und eine rechteckige Außenkante.

Fig. 14D zeigt eine vieleckige Innenkante und eine ovale Außenkante.

Fig. 14E zeigt sternförmige Innen- und Außenkanten mit unterschiedlichen Anzahlen an Zacken.

Fig. 14F zeigt kreuzförmig ausgebildete Innen- und Außenkanten.

Fig. 14G zeigt halbkreisförmig ausgebildete Innen- und Außenkanten.

Fig. 14H zeigt entsprechend einem halben Rechteck ausgebildete Innen- und Außenkanten.

Für den Herstellungsprozeß von rohrförmigen thermoelektrischen Bauteilen kann es zudem notwendig sein, daß die Schenkel und das Zwischenmaterial zur Ausrichtung und Positionierung derselben übereinander eine Markierung, z.B. eine Einkerbung 111,112 oder Nasen 109,110, wie dies in Fig. 15 exemplarisch gezeigt ist, aufweisen. Dabei

zeigt Fig. 15 eine Aufsicht auf eine mögliche Markierung an den Schenkeln bzw. an den Zwischenmaterialien.

Bei den angedrückten, sich berührenden bzw. durch ein elektrisch leitfähiges Material verbundenen Schenkeln kann das Zwischenmaterial weggelassen oder nachträglich entfernt werden, auch bei den galvanisch kontaktierten Schenkeln kann das Zwischenmaterial nachträglich entfernt oder ersetzt werden.

Die vorstehend beschriebenen Formen des thermoelektrischen Materials können bei der Herstellung der Scheiben durch Pressen, Eindrücken, Gießen, Stanzen, Sintern, Sicken, Walzen, Stangenpressen, Honen oder eine der oben genannten Strukturierungsmethoden (Fräsen, Drehen, Wasserstrahlschneiden, Plasmaschneiden, Senkerodieren, Funkerodieren, Partikelstrahlen, Nassätzen, Trockenätzen, Ionenätzen, Röntgenlithographie, Verdampfen, UV-LIGA-Technik oder Laserschneiden) erzielt werden.

Für die Formung des thermoelektrischen Materials und für die Herstellung eines solchen thermoelektrischen Rohres kann es notwendig sein, daß das Zwischenmaterial eine bestimmte Form aufweist. Das Zwischenmaterial (die Zwischenschicht) befindet sich dabei zwischen den einzelnen Schenkeln und sorgt dafür, daß kein Strom durch die seitlichen Wände der Schenkel fließt und somit ein ungewollter Kurzschluß in den Schenkeln entstände. Dieses Zwischenmaterial verhindert auch, daß eine galvanische Abscheidung an unerwünschten Stellen stattfindet. Durch Pressen kann die Form des Zwischenmaterials dabei direkt bei der Herstellung des Rohres auf das thermoelektrische Material übertragen werden.

Die Herstellung der vorstehend beschriebenen rohrförmigen thermoelektrischen Bauteile kann auch durch Übereinanderstapeln von vorstrukturierten Schenkeln und Zwischenmaterialien geschehen.

Es ist aber jedoch gleichermaßen möglich, daß zuerst die einzelnen Materialien übereinandergestapelt werden und dann eine Strukturierung stattfindet. Dazu kann es notwendig sein, unterschiedliche Zwischenmaterialien zu benutzen, welche beispielsweise unterschiedliche Ätzeigenschaften besitzen. So kann man z.B. die in Fig.

9C dargestellte Anordnung herstellen, die für eine Kontaktierung mit der Galvanotechnik vorteilhaft ist.

Das isolierende Zwischenmaterial oder ein Teil davon kann auch vor der Herstellung des Rohres auf die einzelnen Schenkel oder das Rohrmaterial aufgedampft werden, z.B. durch Aufschleudern oder Aufdampfen.

Es ist ebenfalls möglich, diese Stapelschichtung der Schenkelmaterialien und der Zwischenmaterialien während eines Multilagewachstumsprozesses herzustellen.

Die vorstehende Beschreibung offenbart u.a. ein thermoelektrisches Bauelement mit galvanischen abgeschiedenen Kontakten, wodurch die Schenkel des thermoelektrischen Bauelementes miteinander elektrisch verbunden werden können. Hierdurch kann eine Kontaktierung der Schenkel durch einen Lötprozeß vermieden werden. Somit können die Löt-schichten und die für den Lötprozeß notwendigen Haftsichten sowie die dadurch entstehenden Nachteile eines zusätzlichen elektrischen und thermischen Widerstandes vermieden werden. Durch galvanisches Abscheiden können gleichzeitig alle thermoelektrischen Kontaktflächen der Schenkel mit einer Diffusionsbarriere versehen werden.

Weiterhin können durch das galvanische Abscheiden gleichzeitig alle Schenkel eines thermoelektrischen Bauelementes miteinander elektrisch verbunden werden. Dadurch werden insbesondere großflächige thermoelektrische Bauelemente (auch größer als 1 m²) möglich.

Hierdurch können außerdem anwendungsspezifische (rohrförmige, großflächige usw.) thermoelektrische Bauelemente gefertigt werden, da sich das galvanisch abgeschiedene Material unabhängig von der Bauelementform auf alle Schenkel gleichermaßen abscheidet.

Durch die vorstehend beschriebenen Formen und Strukturen des thermoelektrischen Materials (Schenkel) und des Zwischenmaterials lassen sich rohrförmige thermoelektrische Bauteile realisieren.

Die so hergestellten planaren thermoelektrischen Bauteile lassen sich u.a. zur Kühlung, Heizung, Temperaturstabilisierung und zur Erzeugung von Energie nutzen.

Die so hergestellten thermoelektrischen, nicht-planaren (z.B. rohrförmigen) Bauteile lassen sich für die Energiegewinnung, z.B. durch Nutzung von Abwärme, verwenden. Dabei ist es unabhängig, in welcher Richtung der Temperaturgradient wirkt (d.h. von innen nach außen bzw. umgekehrt), also ob es im Inneren eines Rohres wärmer ist als außerhalb bzw. umgekehrt. Im Innern des Rohres kann beispielsweise auch ein Vakuum, ein Gas, eine Flüssigkeit oder ein Festkörper vorhanden sein. Außerhalb des Rohres kann ebenfalls ein Vakuum, ein Gas, eine Flüssigkeit oder ein Festkörper angeordnet sein.

Die thermoelektrischen, nicht-planaren (z.B. rohrförmigen) Bauteile können außerdem zur Kühlung, Heizung und somit zur Temperaturstabilisierung verwendet werden. Dieses gilt unabhängig davon, ob das Innere oder das Äußere des Rohres gekühlt bzw. aufgeheizt wird. Wiederum kann im Inneren des Rohres ein Vakuum, ein Gas, eine Flüssigkeit oder ein Festkörper vorhanden sein. Gleichermaßen kann außerhalb des Rohres ein Vakuum, ein Gas, eine Flüssigkeit oder ein Festkörper vorhanden sein.

Die thermoelektrischen, nicht-planaren (z.B. rohrförmigen) Bauteile können auch zu Messzwecken verwendet werden. Eine direkte Meßgröße ist z.B. die Temperatur und indirekte Meßgrößen sind z.B. spezifische Wärme, Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Druck, Durchfluß und Reaktionsenergien.

Die vorliegenden thermoelektrischen Bauteile können auch direkt oder indirekt zur Speicherung von Daten genutzt werden.

Die vorstehende Beschreibung offenbart insbesondere ein thermoelektrisches Bauelement, das sich aus thermoelektrischen Schenkelpaaren (n- und p-Leitermaterialien) und einem elektrisch leitfähigen Kontaktmaterial zusammensetzt, welches die einzelnen Schenkel miteinander elektrisch verbindet. Die einzelnen Schenkel (n- und p-Leiter) sind vorzugsweise elektrisch in Reihe und thermisch parallel geschaltet. Für die Herstellung solcher thermoelektrischer Bauteile kann die Galvanotechnik verwendet werden. Durch eine galvanische Herstellung der Kontakte

können anwendungsspezifische thermoelektrische Bauelemente, wie z.B. rohrförmige thermoelektrische Bauelemente) hergestellt werden.

Patentansprüche:

1. Thermoelektrisches Bauelement mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p- Leitern, die jeweils über eine elektrisch leitfähige Kontaktschicht aus galvanisch abgetrenntem Material miteinander verbunden sind.
2. Thermoelektrisches Bauelement nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen den Schenkeln Zwischenschichten aus elektrisch nichtleitendem Material angeordnet sind.
3. Thermoelektrisches Bauelement nach Patentanspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material der Zwischenschichten thermisch zumindest geringleitend ist.
4. Thermoelektrisches Bauelement nach Patentanspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material der Zwischenschichten jeweils aus einer oder mehreren Schichten aus Keramik, Glas, Quarz, Porzellan, Kunststoff, insbesondere Polyurethan oder Polystyrol, Schaum, Kunstharz, Zement, Klebstoff, Mörtel, Emaille, Verbundstoff, Aerosol, Glasfaser, Kapton oder Glimmer oder einer Kombination dieser Werkstoffe besteht.
5. Thermoelektrisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die einzelnen Schenkel über die Kontaktschichten elektrisch in Reihe und thermisch parallel verbunden sind.
6. Thermoelektrisches Bauelement nach Patentanspruch 5, **gekennzeichnet durch** eine Vielzahl an Schenkelpaaren, deren Schenkel über die Kontaktschichten elektrisch in Reihe und thermisch parallel miteinander verbunden sind.
7. Thermoelektrisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schenkel an den Verbindungsstellen mit der Kontaktschicht mit einer Diffusionsbarriere und/oder einer Haftschicht versehen sind.

8. Thermoelektrisches Bauelement insbesondere nach einem der Patentansprüche 1 bis 7 mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p-Leitern, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die miteinander elektrisch verbundenen Schenkel abschnittsweise berühren, wobei ein unmittelbarer elektrischer Kontakt zwischen Endbereichen dieser Schenkel besteht.
9. Thermoelektrisches Bauelement nach Patentanspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die miteinander in unmittelbarem elektrischen Kontakt stehenden Endbereiche der n- und p- Leiter mittels einer Druckkraft gegeneinander vorbelastet sind.
10. Thermoelektrisches Bauelement insbesondere nach einem der Patentansprüche 1 bis 9 mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p-Leitern, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen den Schenkeln Zwischenschicht aus einem elektrisch nichtleitfähigem Zwischenmaterial angeordnet sind, wobei diese Zwischenschichten in ihren inneren und/oder äußeren Endbereichen zumindest abschnittsweise Kontaktschichten aus einem elektrisch leitfähigem Material tragen, und wobei über diese Kontaktschichten Endbereiche der Schenkel der Schenkelpaare abschnittsweise elektrisch miteinander verbunden sind.
11. Thermoelektrisches Bauelement nach Patentanspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die miteinander über die von den Zwischenschichten getragenen Kontaktschichten in elektrischem Kontakt stehenden Endbereiche der Schenkel mittels einer Druckkraft gegeneinander vorbelastet sind.
12. Thermoelektrisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** das thermoelektrische Bauelement rohrförmig ausgebildet ist.
13. Thermoelektrisches Bauelement nach Patentanspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schenkel und/oder die Zwischenschichten Markierungen zur Ausrichtung und/oder Positionierung der Schenkel und der Zwischenschichten aufweisen.

14. Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Bauelementes mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p-Leitern, **dadurch gekennzeichnet, daß** die einzelnen Schenkel durch galvanisches Abscheiden einer Kontaktschicht aus leitfähigem Material elektrisch verbunden werden, nachdem die Schenkel zuvor in einer für das thermoelektrische Bauelement notwendigen relativen Anordnung zueinander angeordnet wurden.
15. Verfahren nach Patentanspruch 14, **gekennzeichnet durch** eine insbesondere mechanische, chemische, thermische oder optische Strukturierung der zuvor durch galvanisches Abscheiden erzeugten Kontaktschicht.
16. Verfahren nach Patentanspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** Zwischenräume zwischen den Schenkeln geometrisch derart gestaltet werden, daß nur oder zuerst Kontakte zwischen den jeweils zu verbindenden Schenkeln durch galvanisches Wachstum ausgebildet werden.
17. Verfahren nach einem der Patentansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** innere und/oder äußere Enden der Schenkel geometrisch derart gestaltet werden, daß nur oder zuerst Kontakte zwischen den jeweils zu verbindenden Schenkeln durch galvanisches Wachstum ausgebildet werden.
18. Verfahren nach einem der Patentansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** die nicht über die Kontaktschicht zu verbindenden Flächen der Schenkel vor dem galvanischen Abscheiden durch Zwischenschichten abgedeckt werden.
19. Verfahren nach Patentanspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** das innere und/oder äußere Enden der Zwischenschichten geometrisch derart gestaltet wird, daß nur oder zuerst Kontakte zwischen den jeweils zu verbindenden Schenkeln durch galvanisches Wachstum ausgebildet werden.
20. Verfahren nach Patentanspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Form der Zwischenschichten durch Pressen unmittelbar auf das thermoelektrische Material der Schenkel übertragen wird.

21. Verfahren nach einem der Patentansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** Zwischenräume zwischen den Schenkeln vor dem galvanischen Abscheiden der Kontaktschicht mit einem elektrisch nichtleitenden Zwischenmaterial zum Abdecken der nicht mit der Kontaktschicht zu verbindenden Flächen der Schenkel erfüllt werden.
22. Verfahren nach einem der Patentansprüche 14 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zwischenmaterial nach erfolgter galvanischer Kontaktierung der Schenkel zumindest teilweise entfernt oder ersetzt wird.
23. Verfahren nach einem der Patentansprüche 14 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** vor dem galvanischen Abscheiden der Kontaktschicht an den Kontaktflächen der jeweils zu verbindenden Schenkel insbesondere durch galvanisches Abscheiden Diffusionsbarrieren und/oder Haftsichten aufgebracht werden.
24. Verfahren zum Herstellen eines insbesondere rohrförmigen thermoelektrischen Bauelementes mit thermoelektrischen Schenkelpaaren aus n- und p-Leitern, **gekennzeichnet durch** ein alternierendes Übereinanderstapeln von n- und p-Leiter der Schenkelpaare, wobei diese durch Zwischenschichten aus elektrisch nichtleitfähigem Material getrennt werden, und wobei Endbereiche der jeweils zu verbindenden Schenkel über eine elektrisch leitfähige Kontaktschicht aus galvanisch abgeschiedenem Material miteinander verbunden werden und/oder sich die jeweils zu verbindenden Schenkel berühren, wobei ein unmittelbarer elektrischer Kontakt zwischen Endbereichen dieser Schenkel besteht und/oder die Zwischenschichten in deren inneren und/oder äußeren Endbereichen zumindest abschnittsweise eine Kontaktschicht aus einem elektrisch leitfähigem Material tragen, welche die Endbereiche der jeweils zu verbindenden Schenkel elektrisch miteinander verbindet.
25. Verfahren nach Patentanspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zwischenschicht auf die einzelnen Schenkel vor dem Übereinanderstapeln aufgebracht, insbesondere aufgeschleudert oder aufgedampft, werden.

Fig. 2

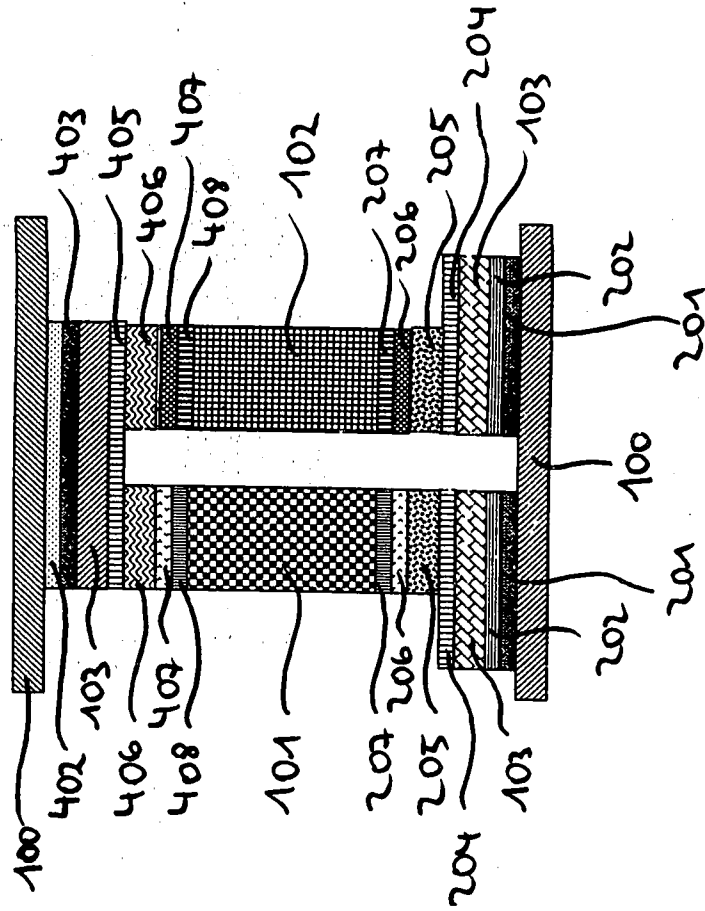


Fig. 3

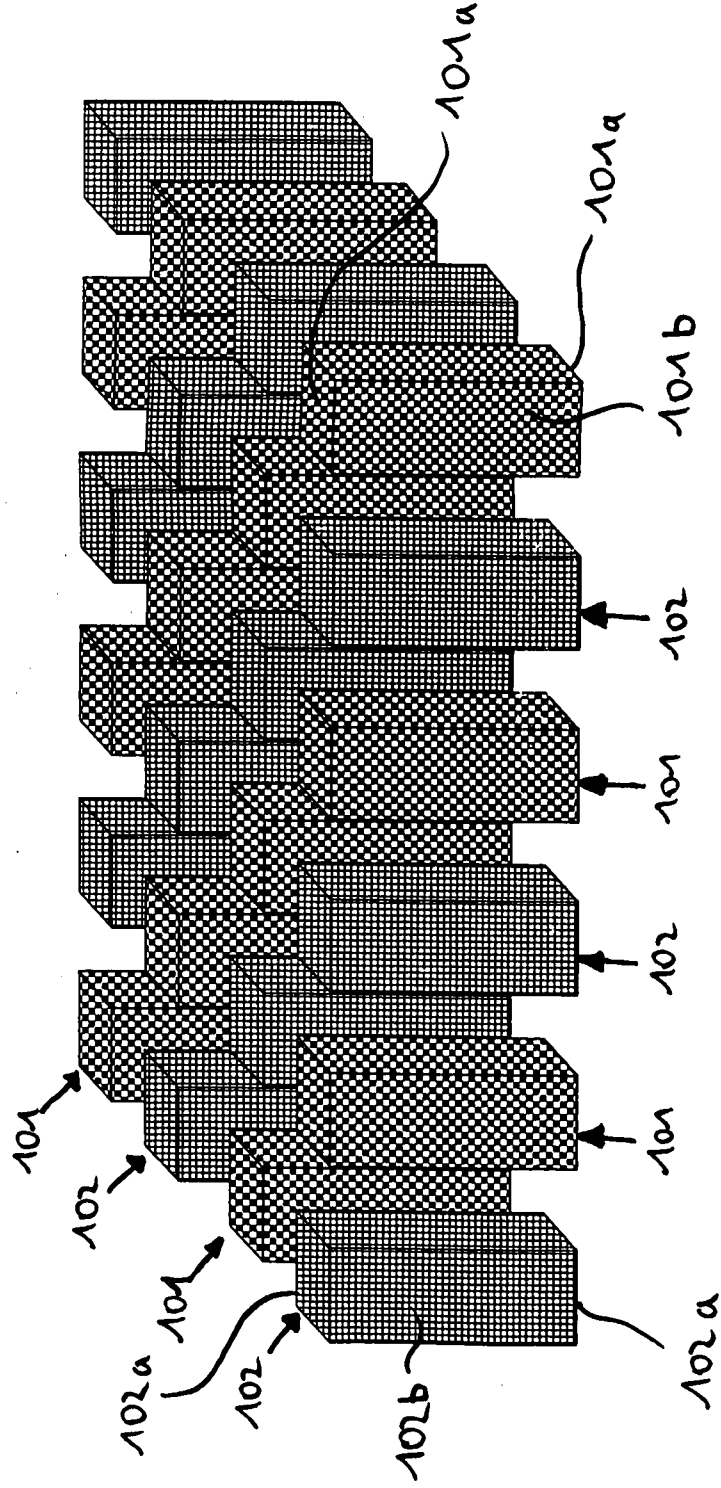
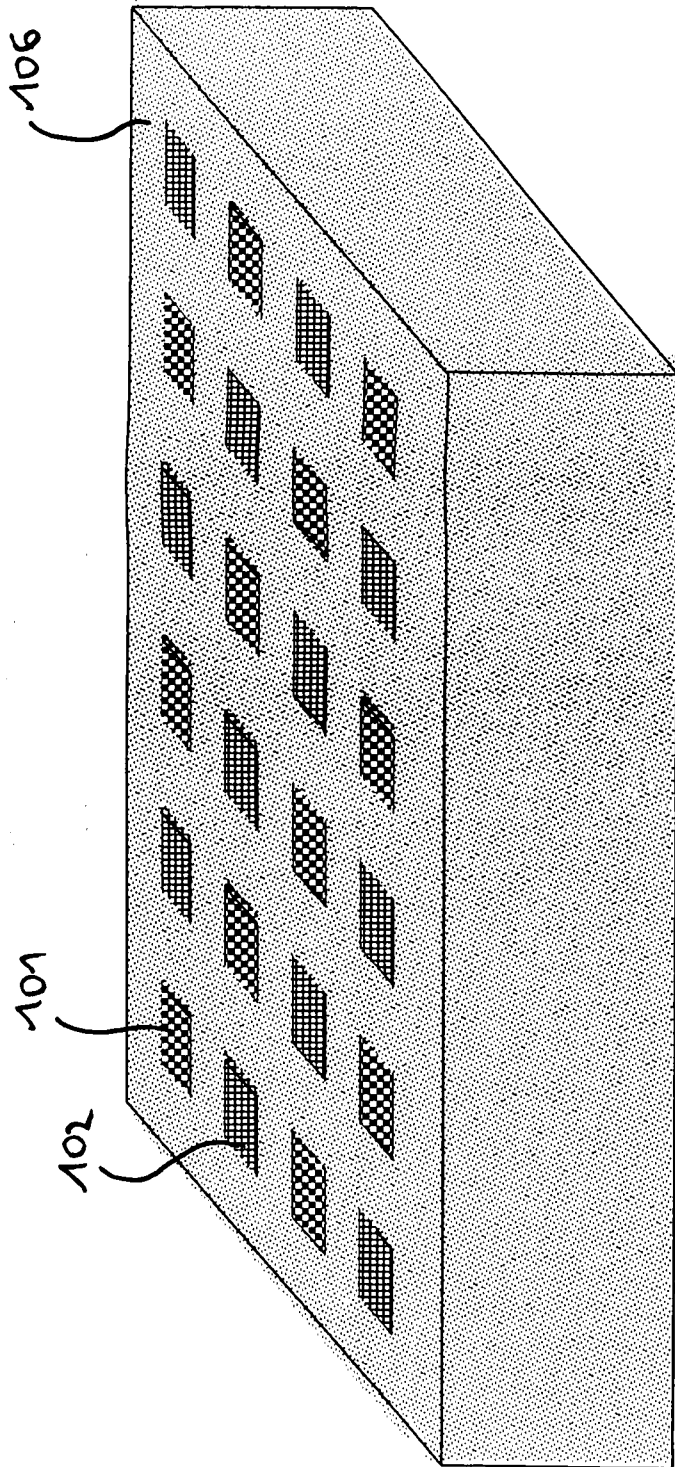


Fig. 4



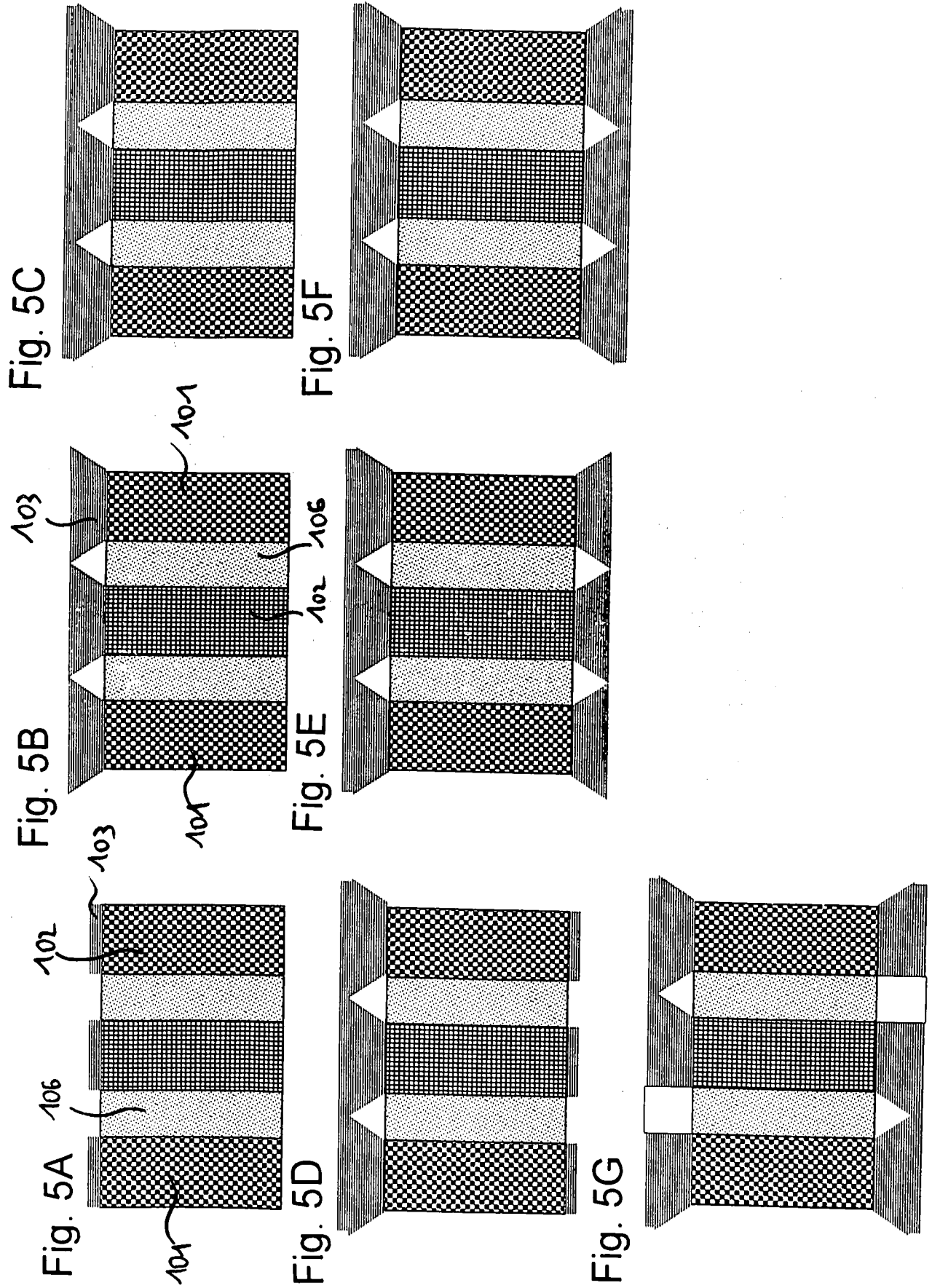


Fig. 6A

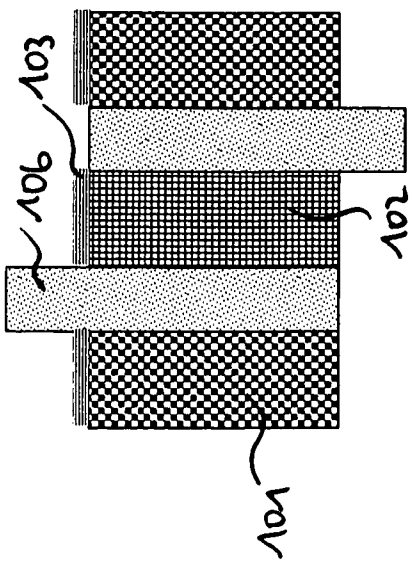


Fig. 6B

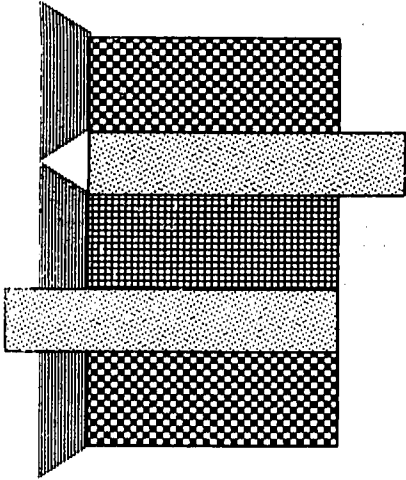


Fig. 6C

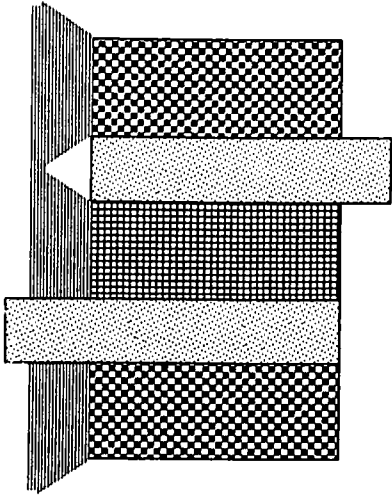


Fig. 6D

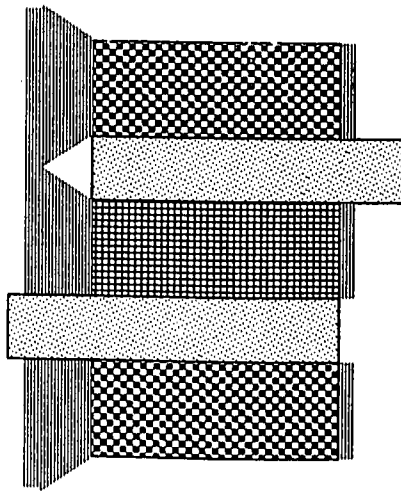


Fig. 6E

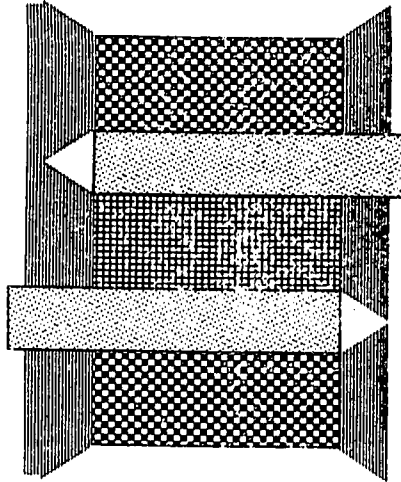
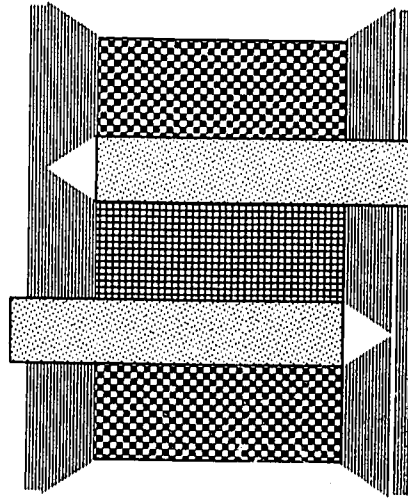


Fig. 6F



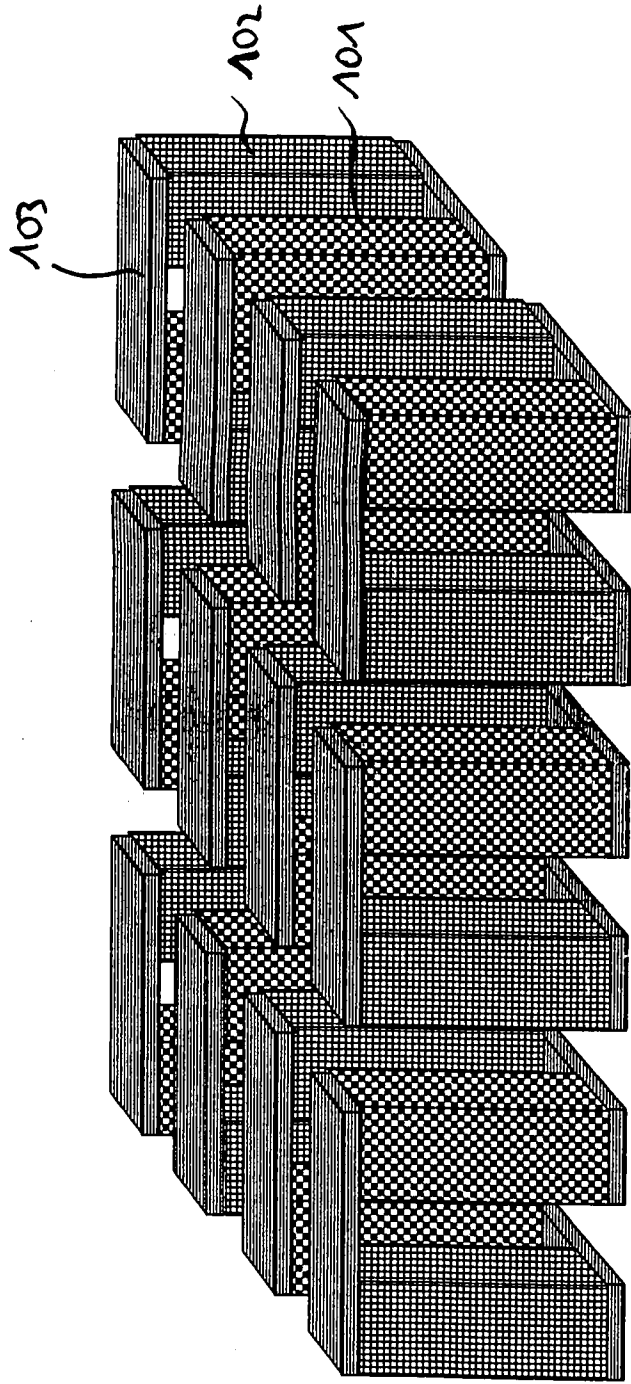


Fig. 7

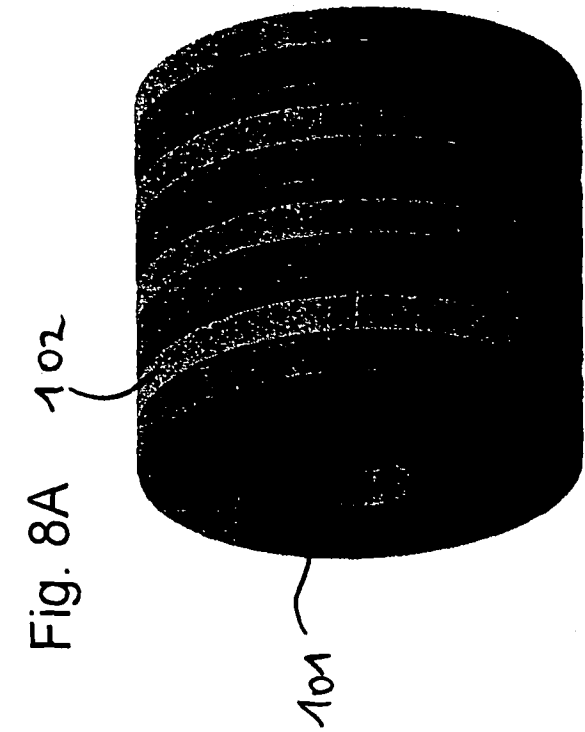
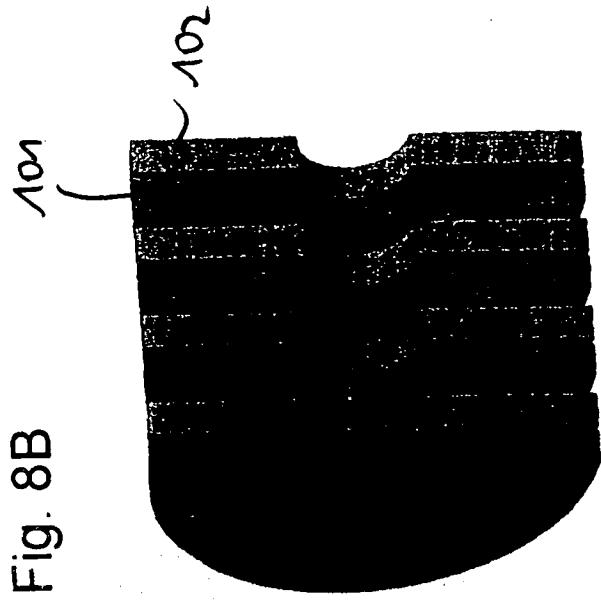


Fig. 8C

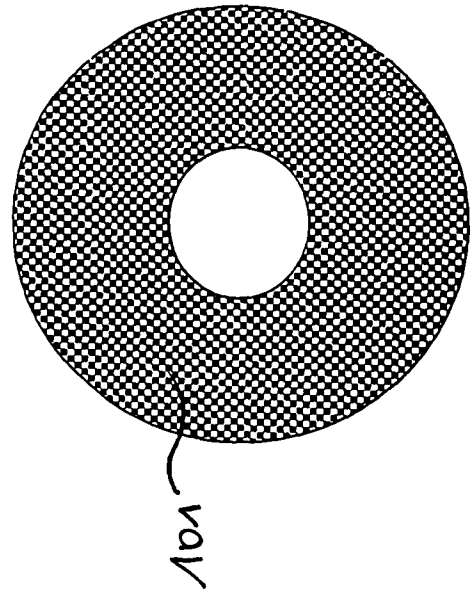


Fig. 8D

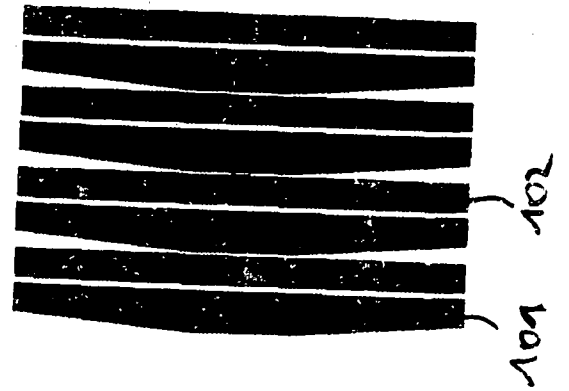
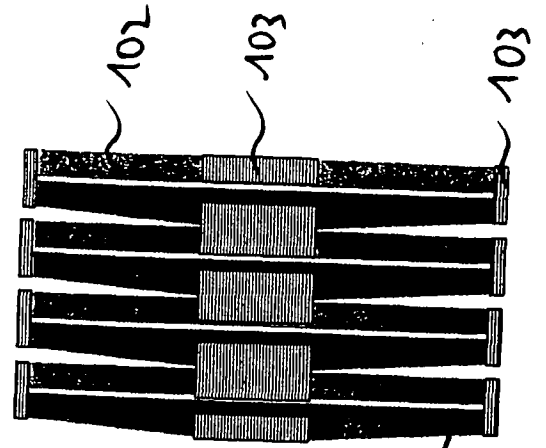


Fig. 8E



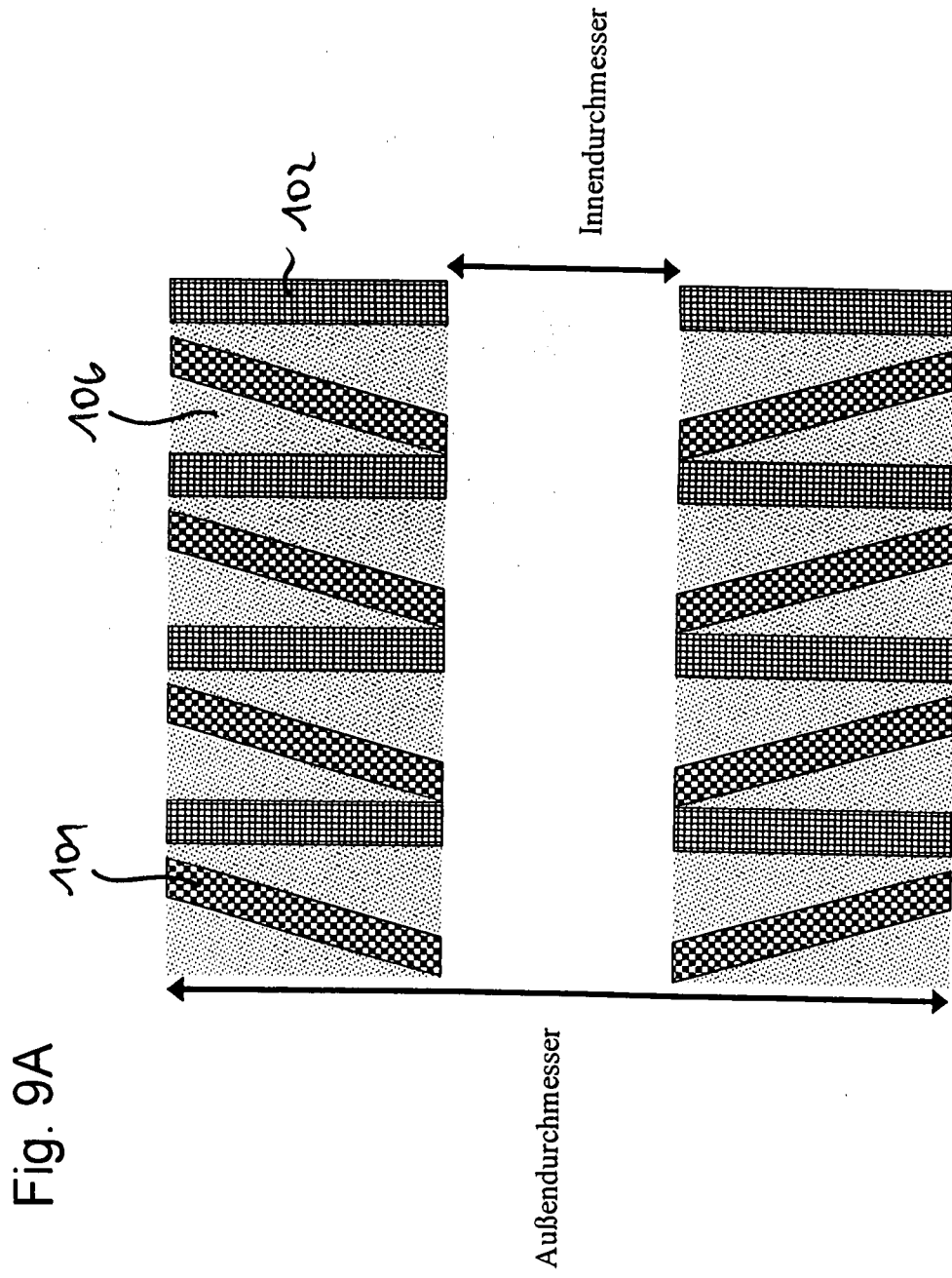
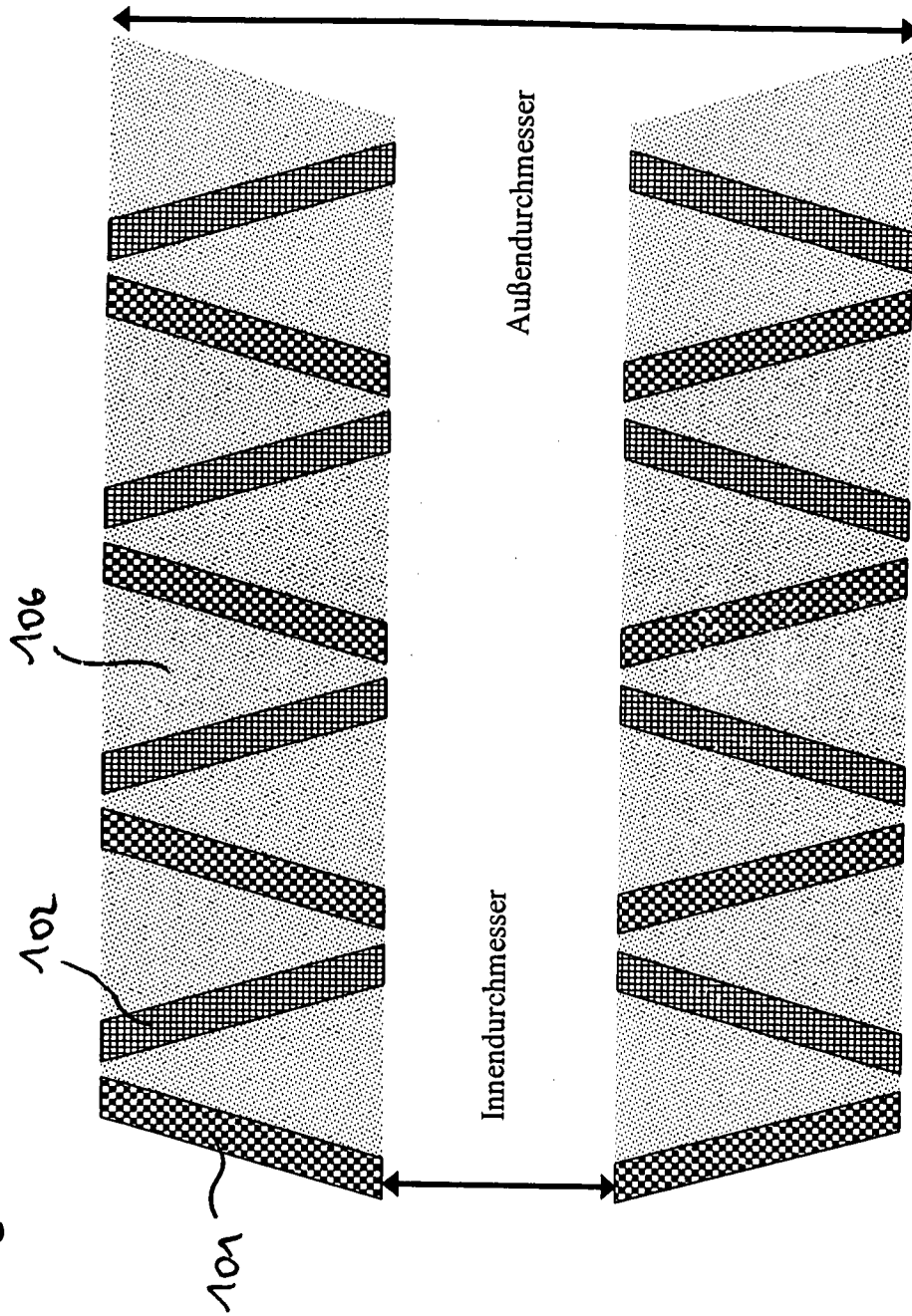
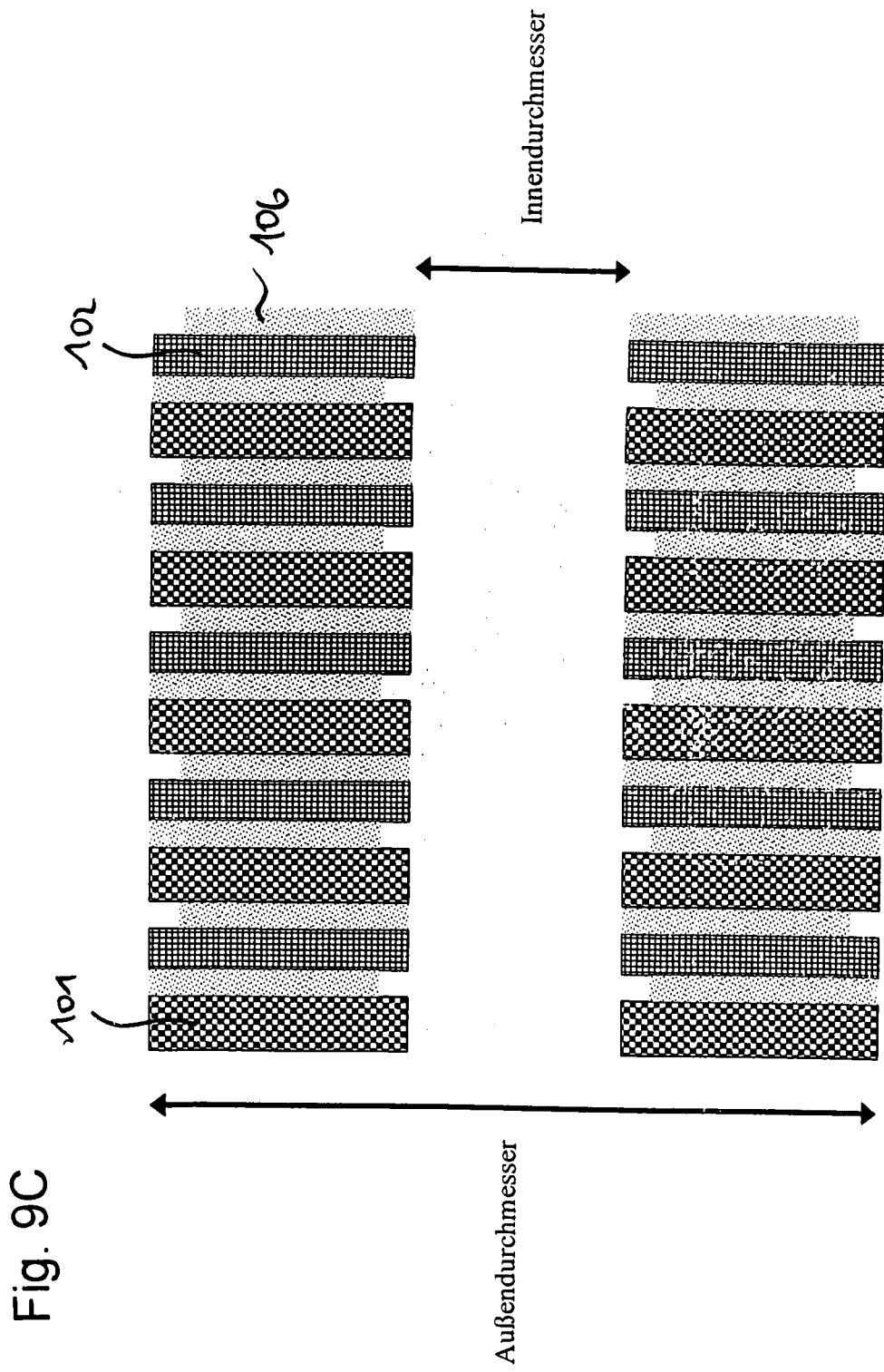
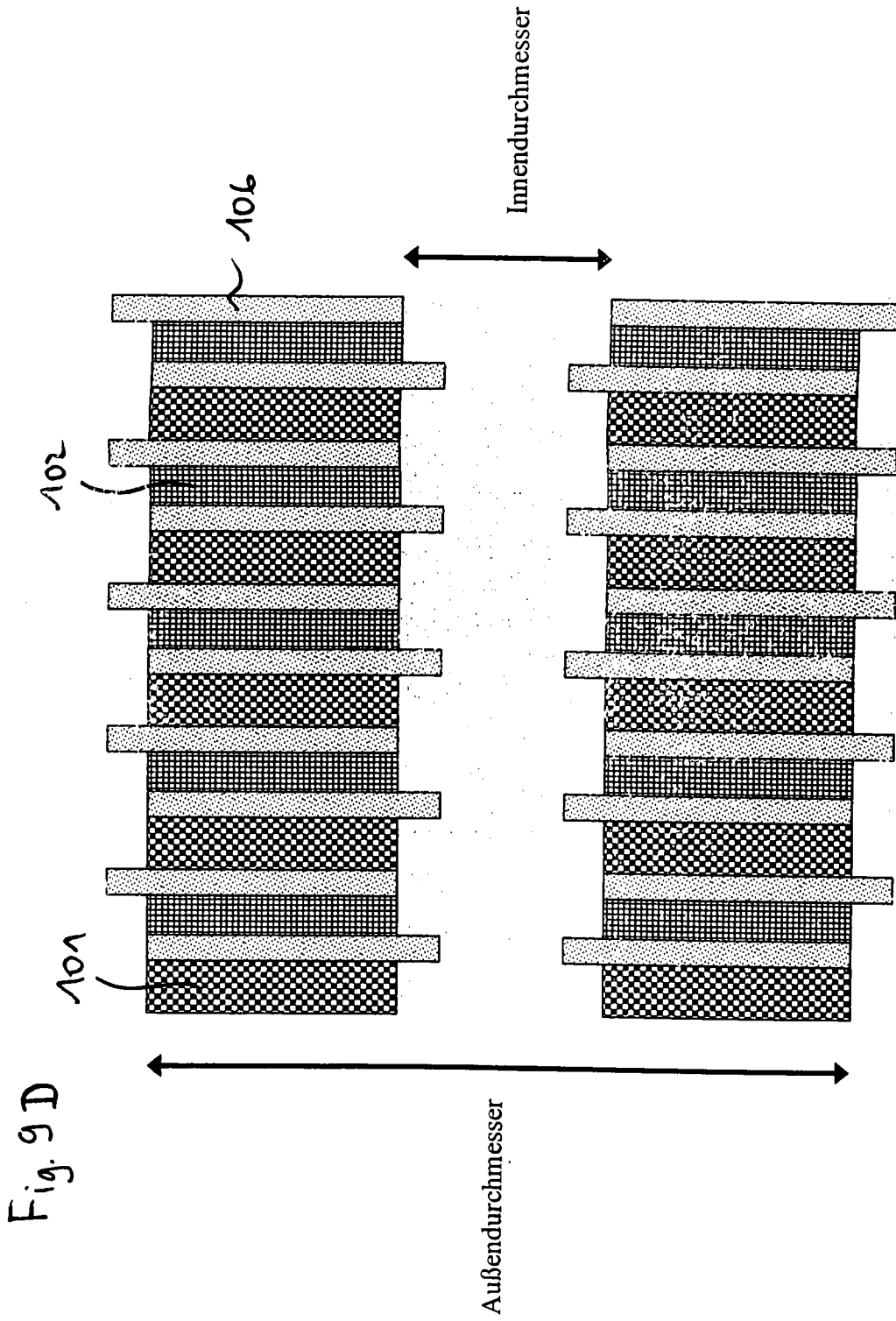
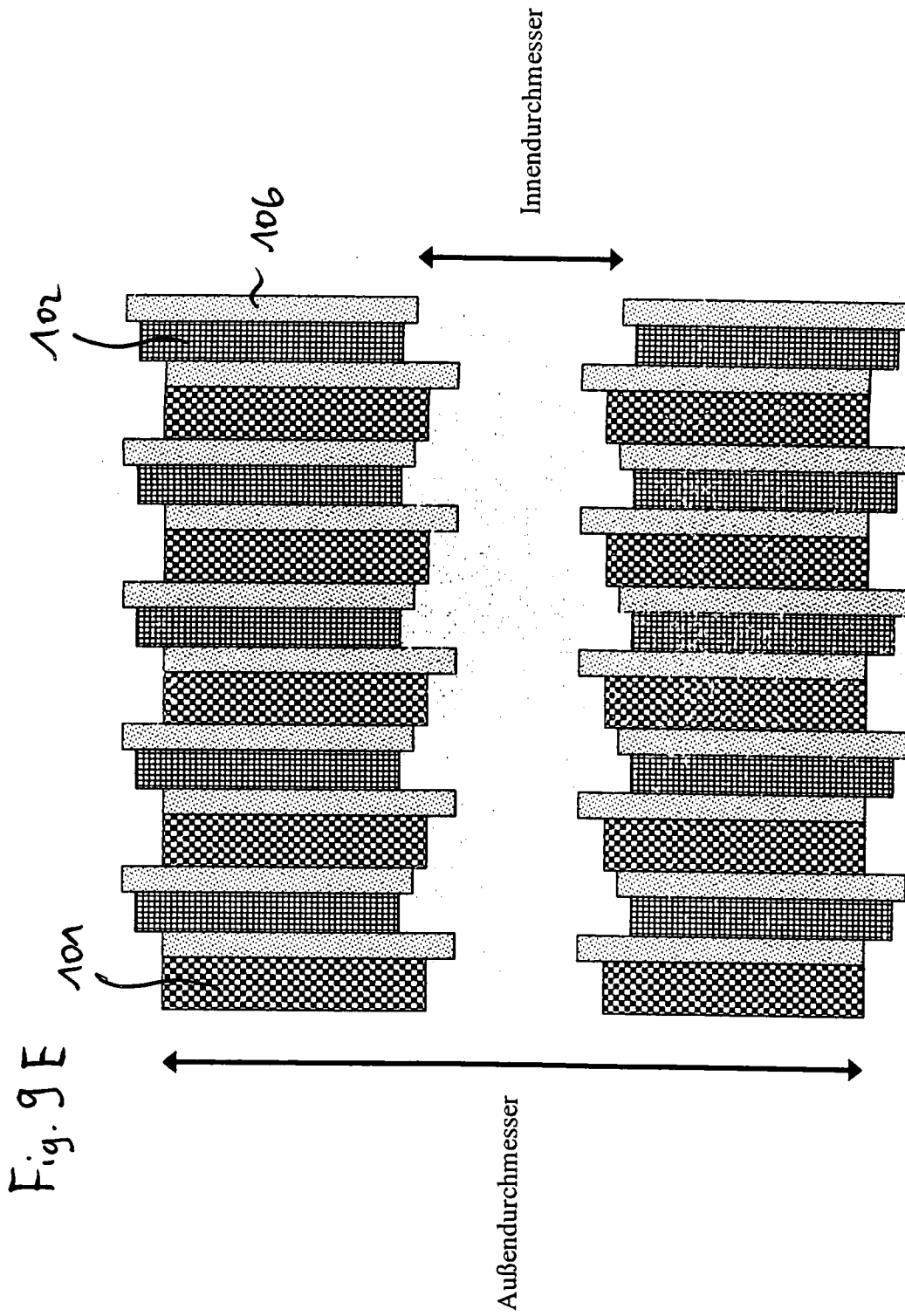


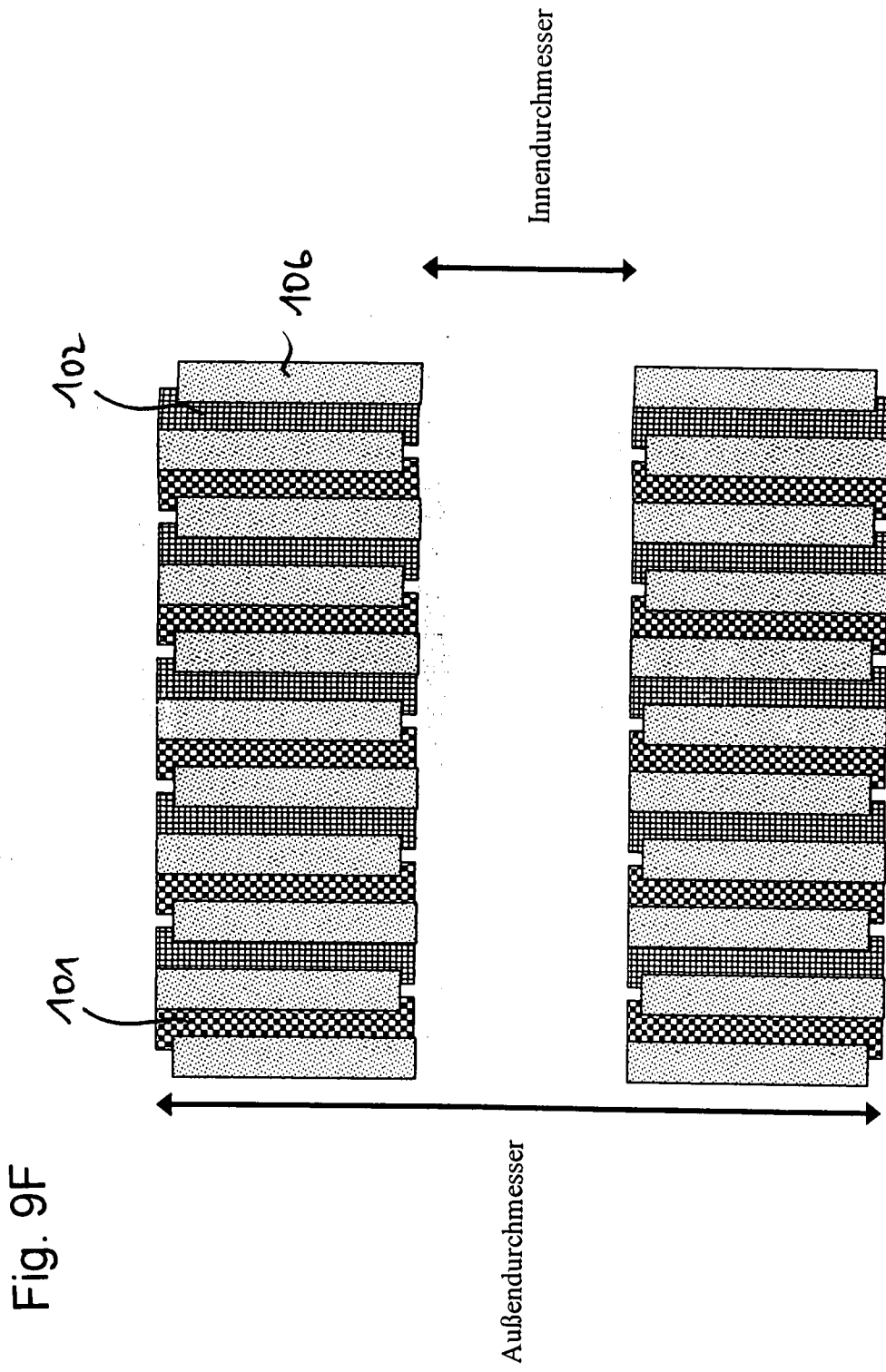
Fig. 9B

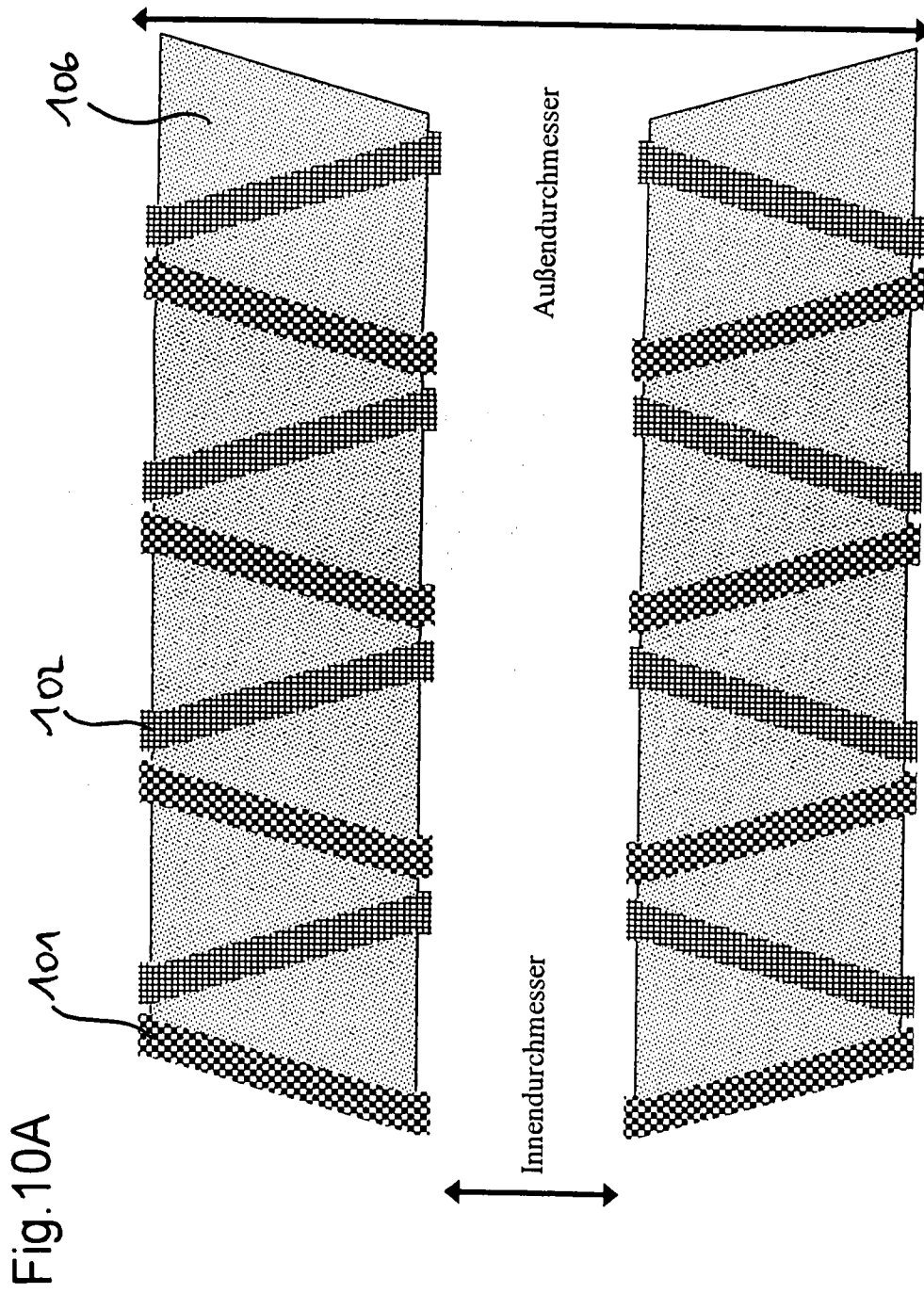


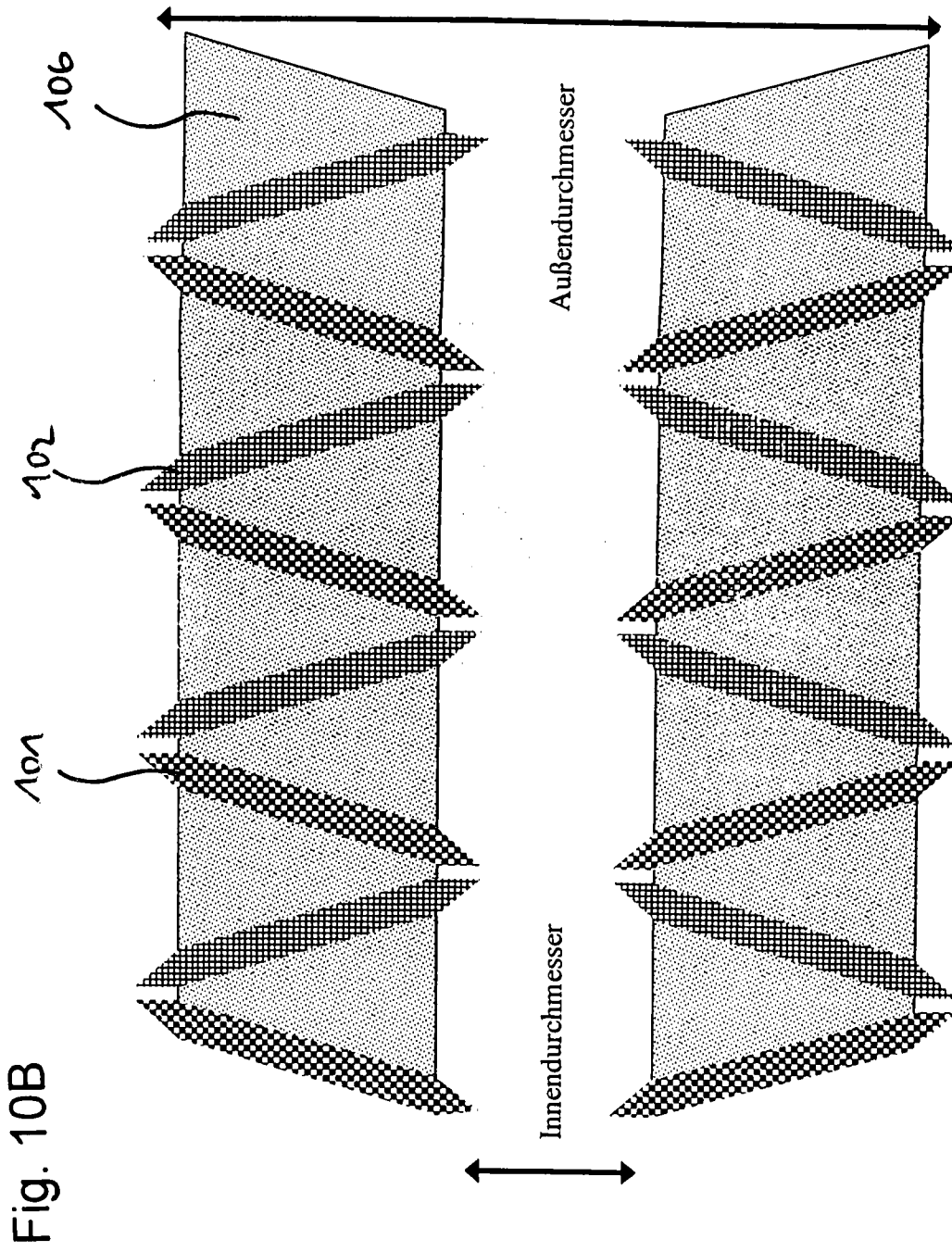


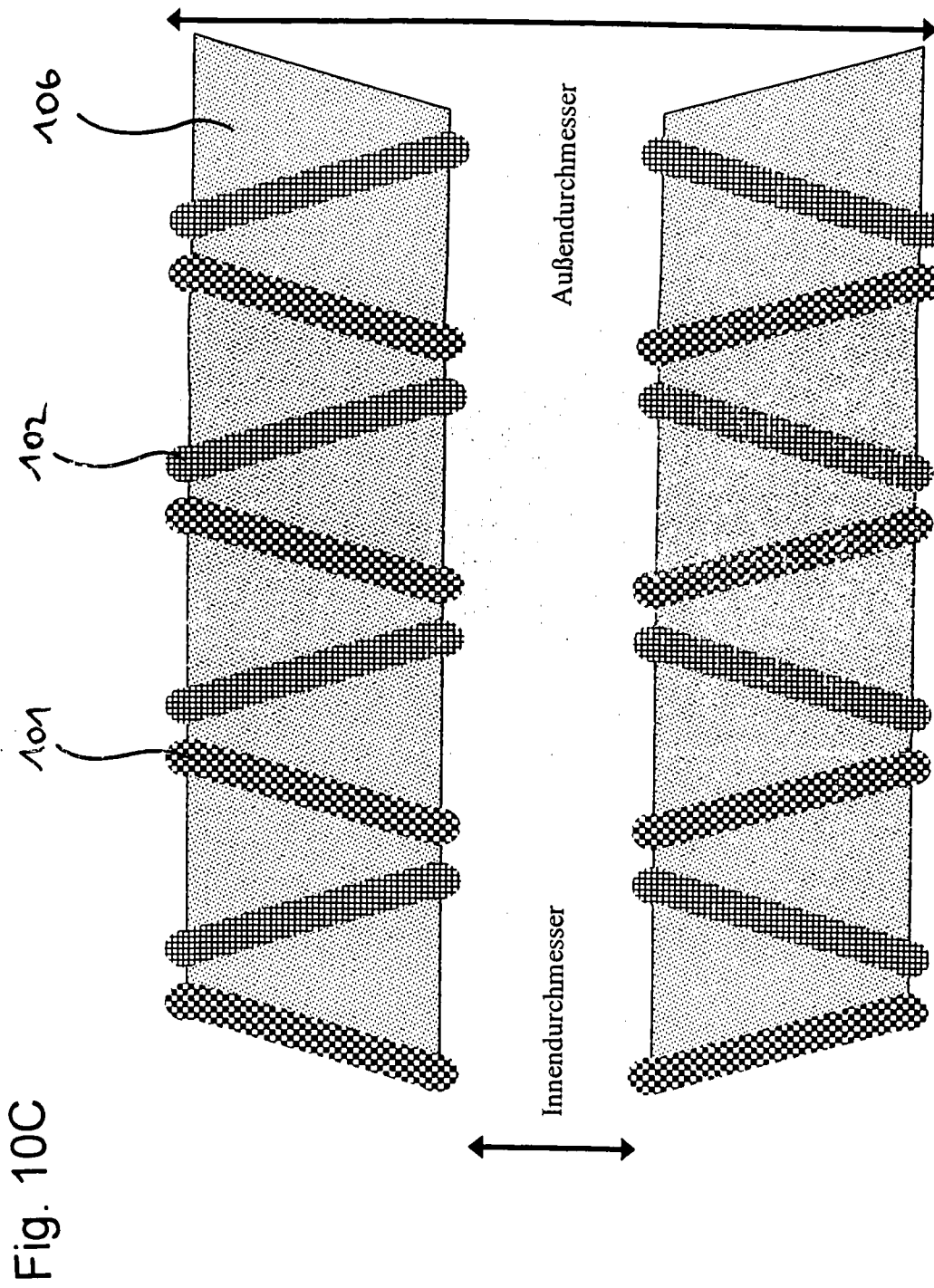












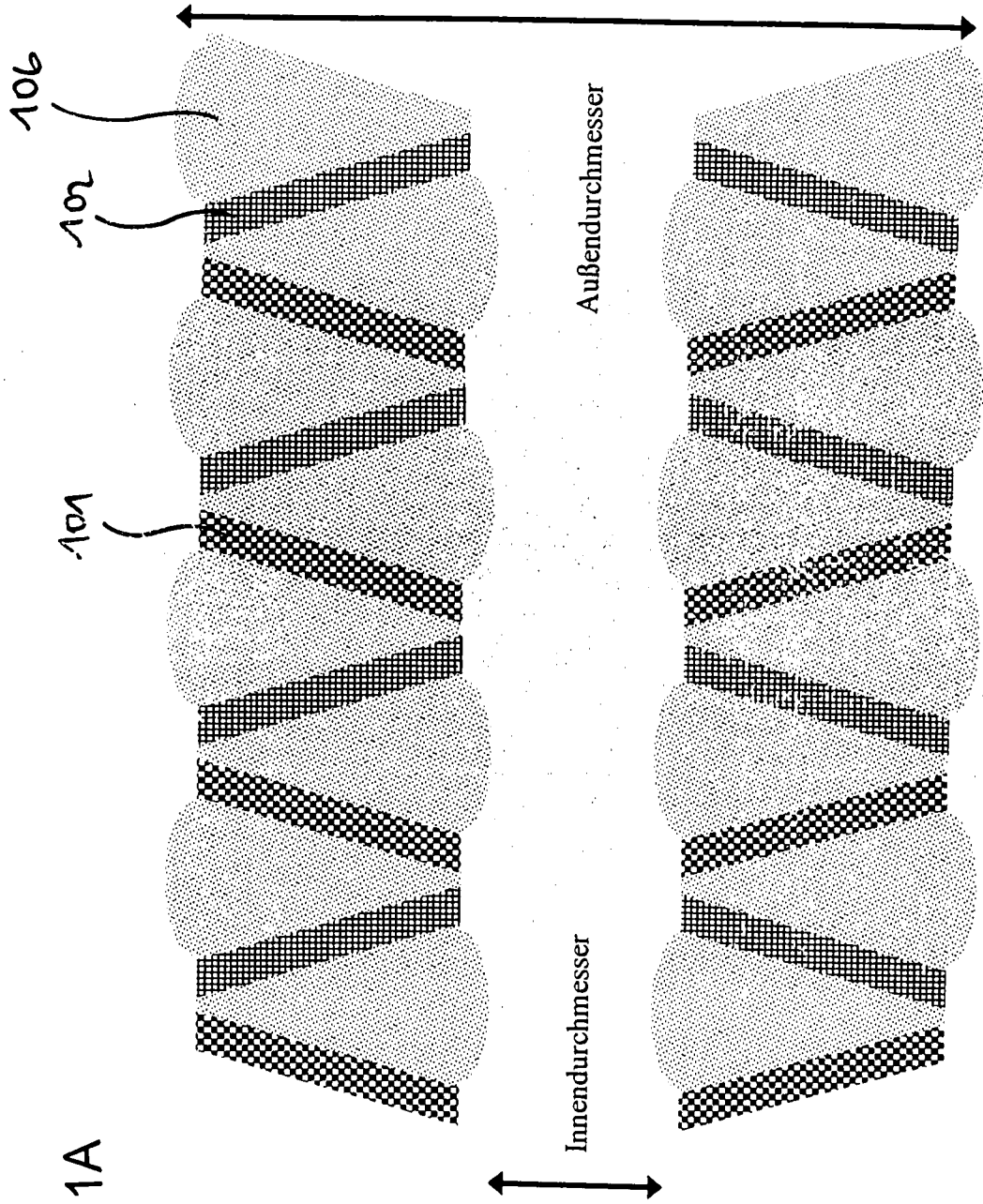
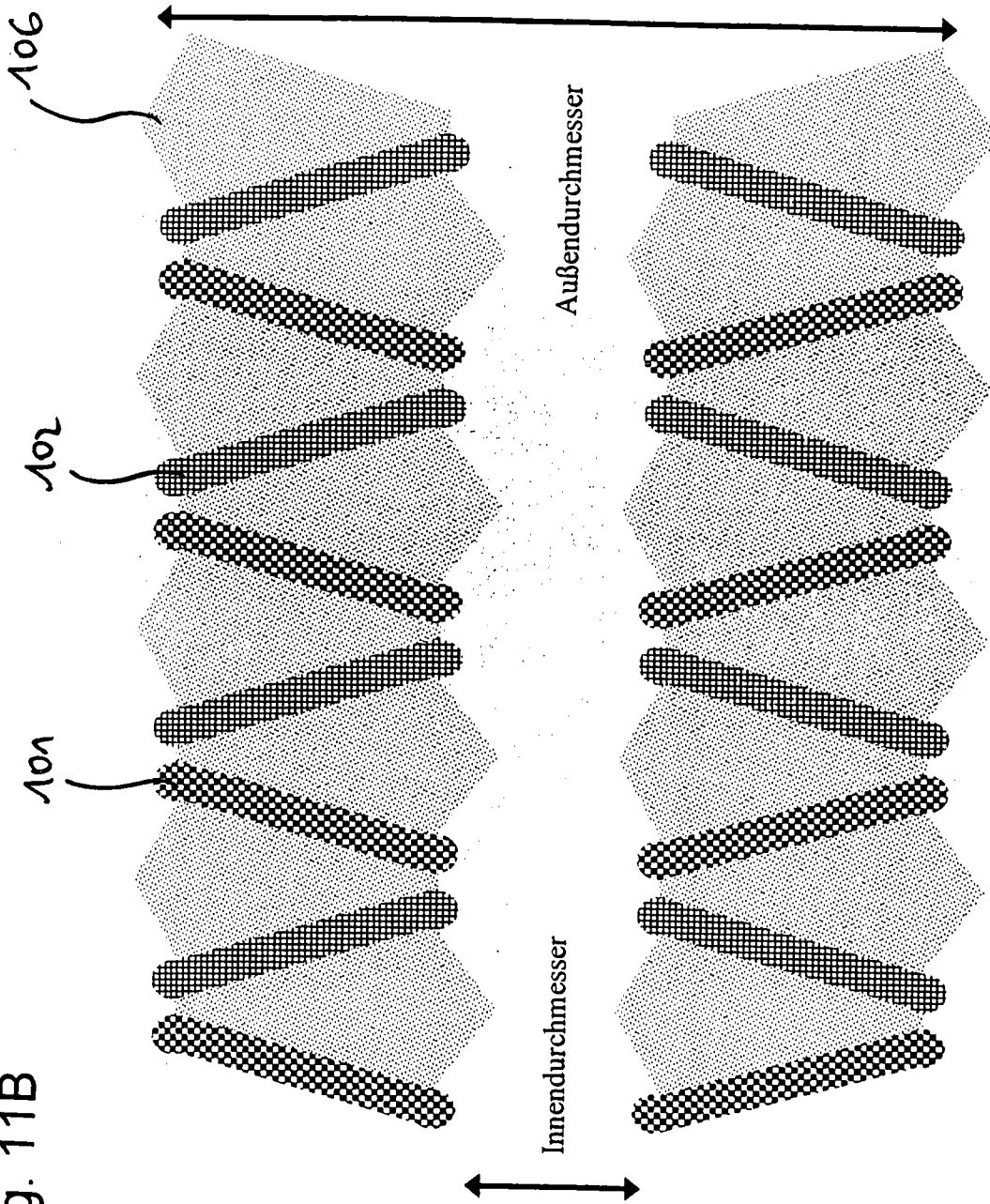


Fig. 11A

Fig. 11B



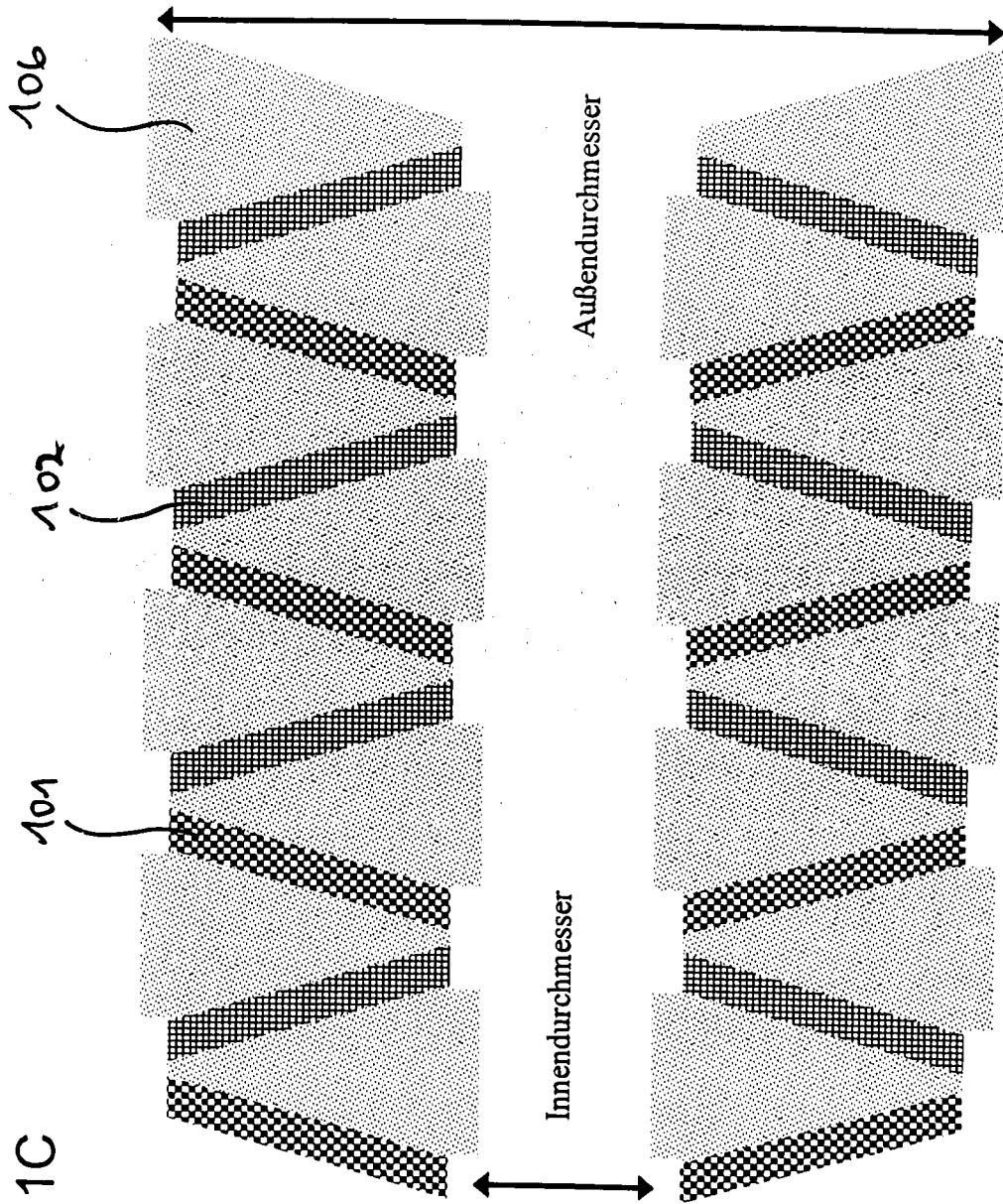


Fig. 11C

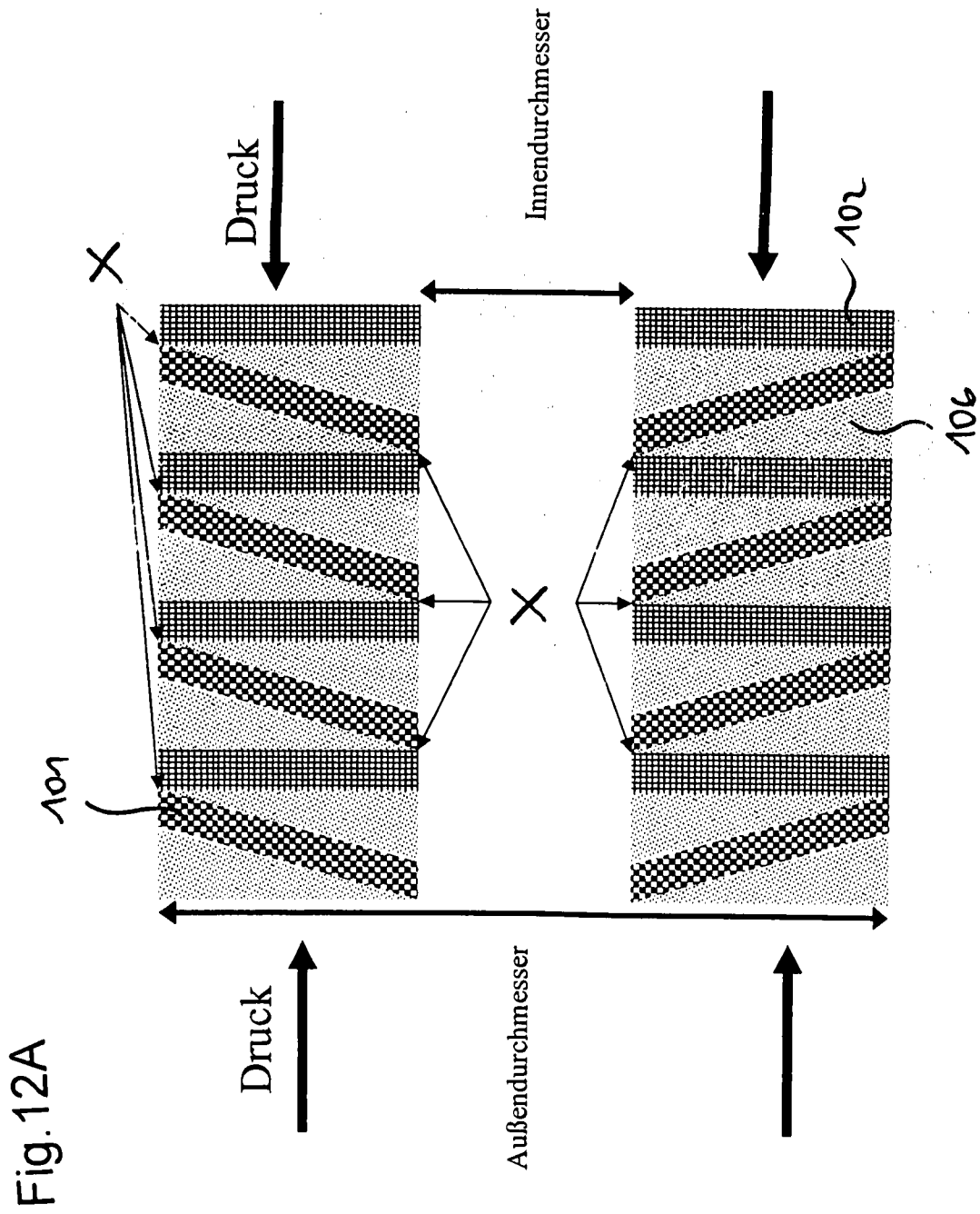
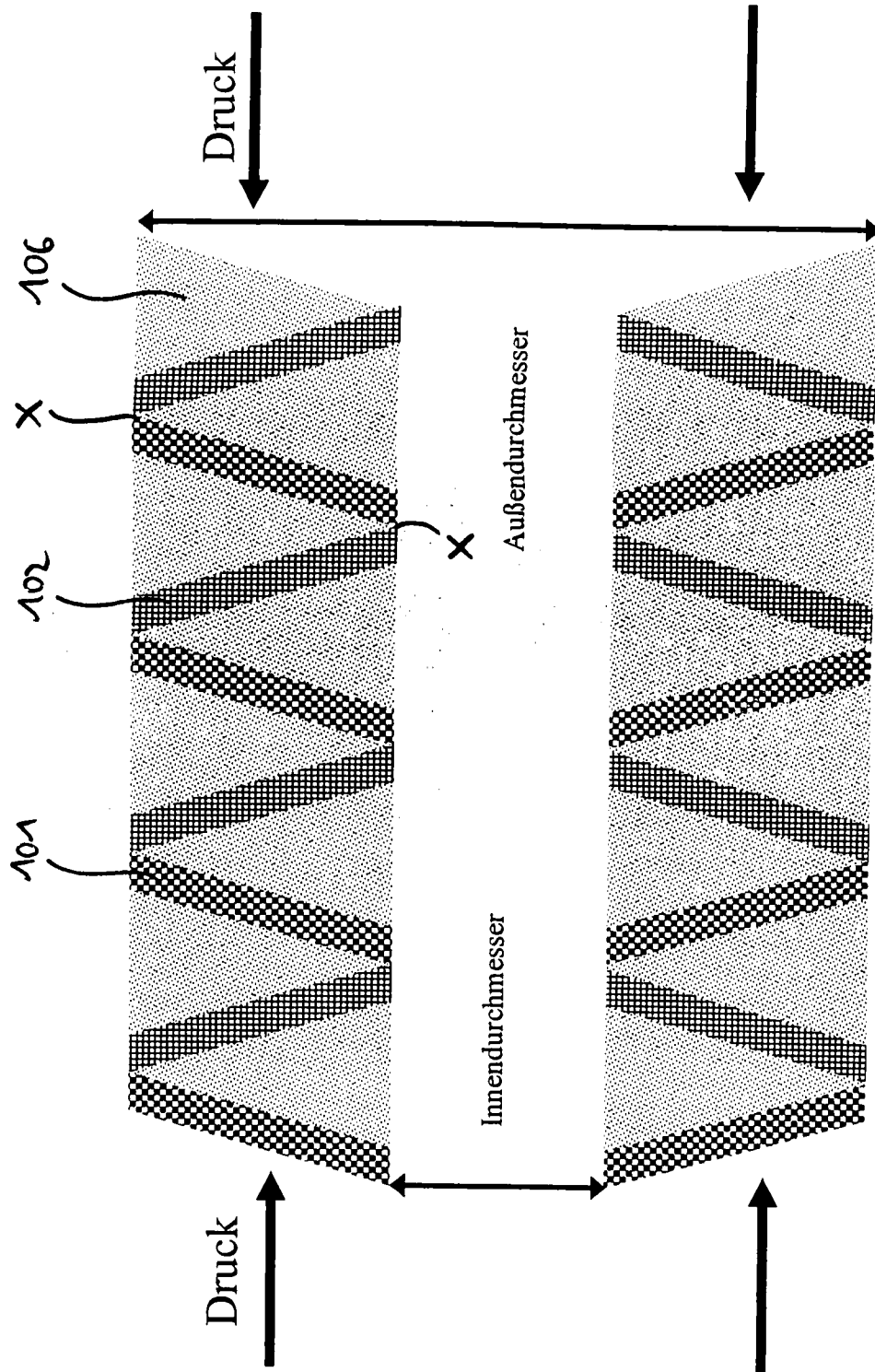


Fig. 12B



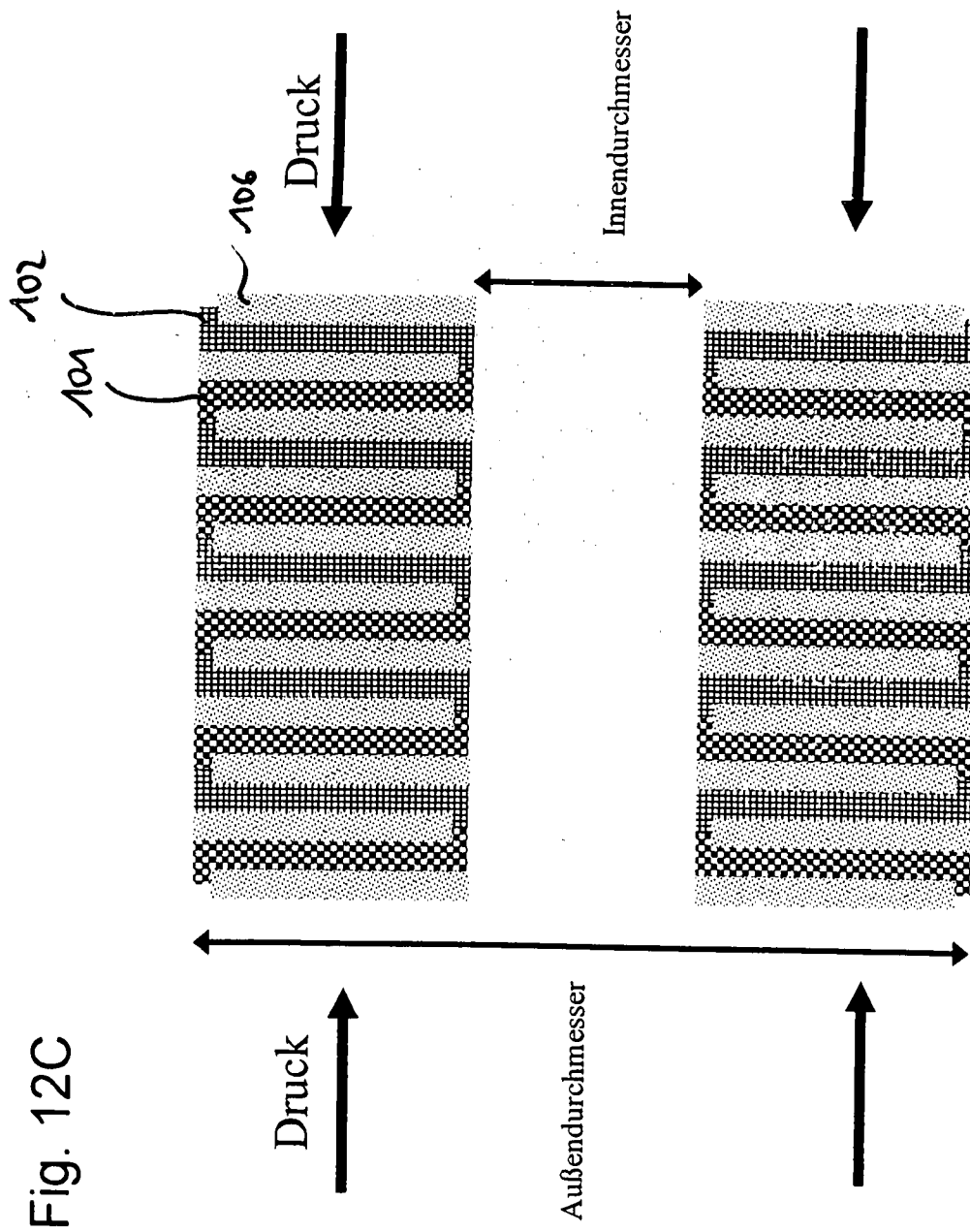


Fig. 13B

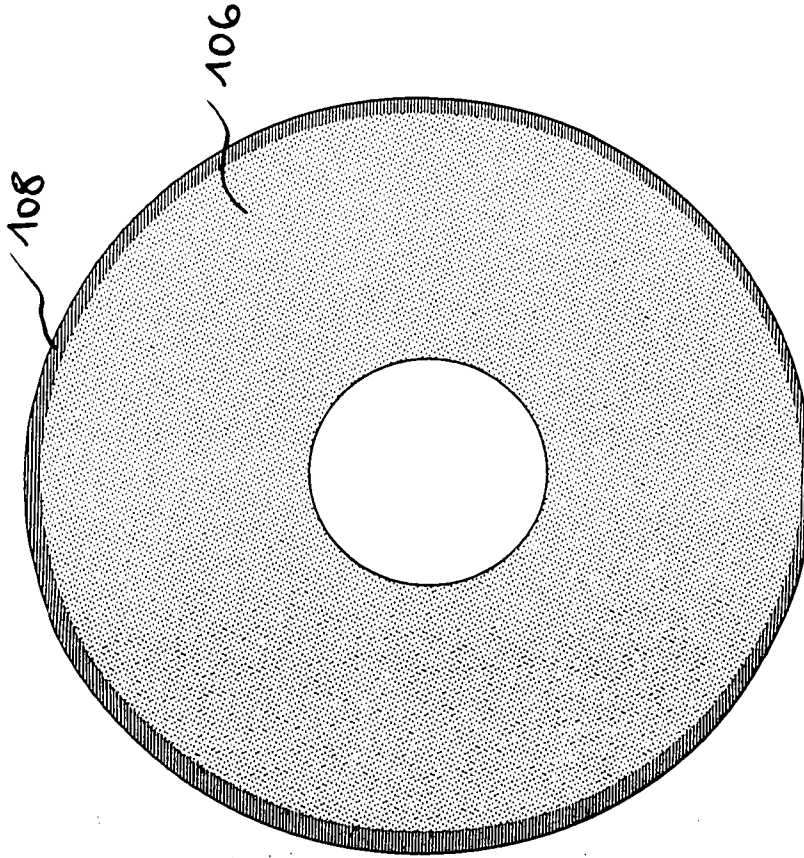
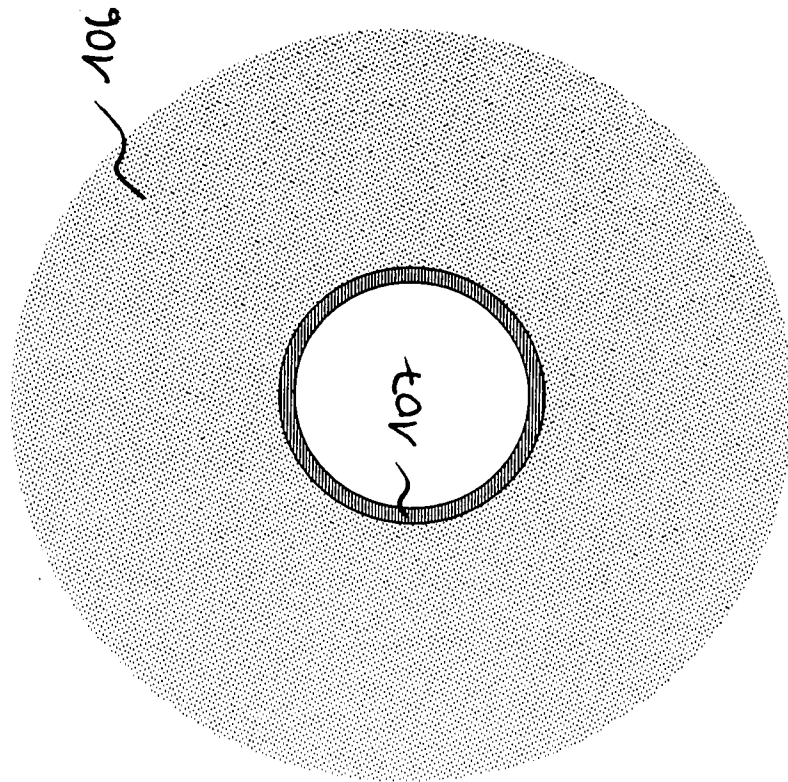


Fig. 13A



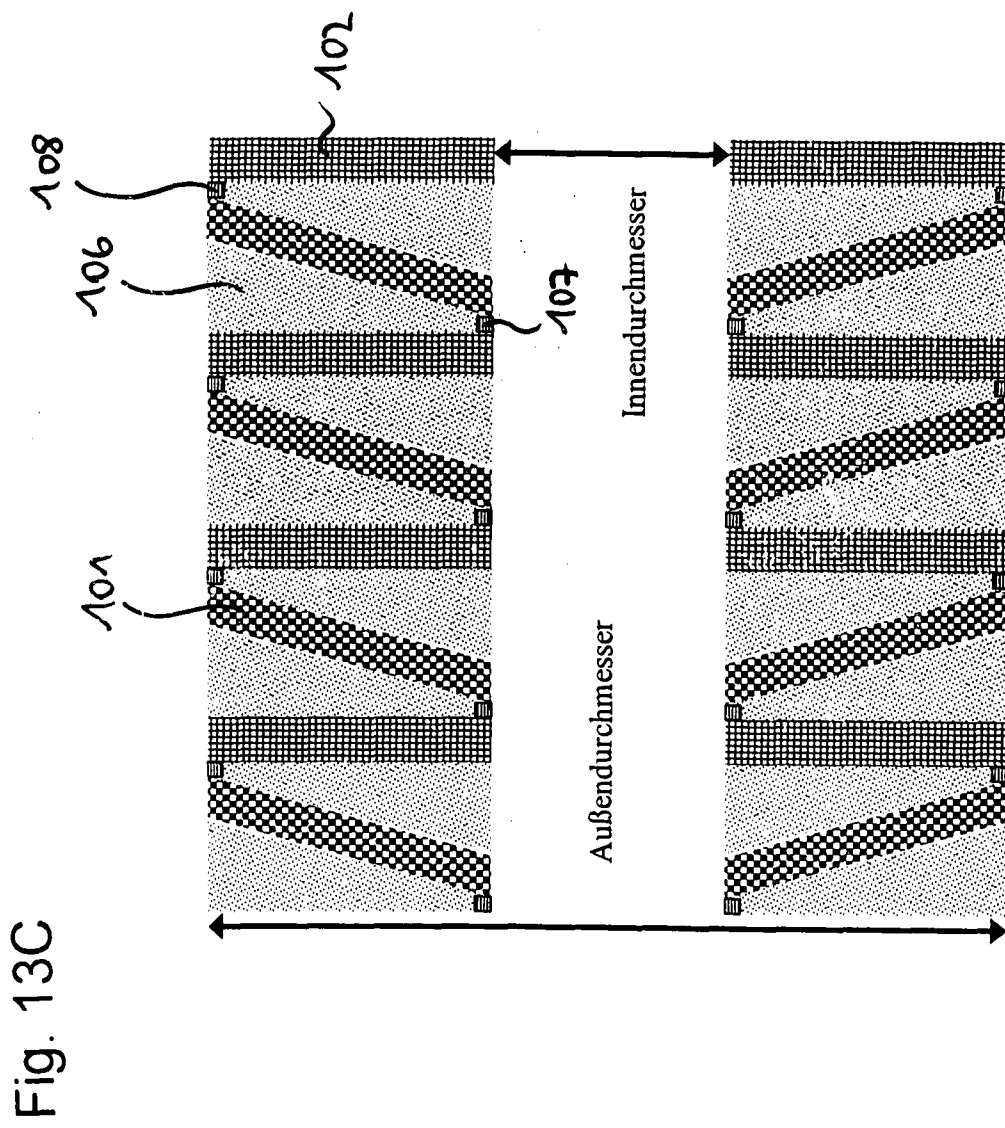


Fig. 13D

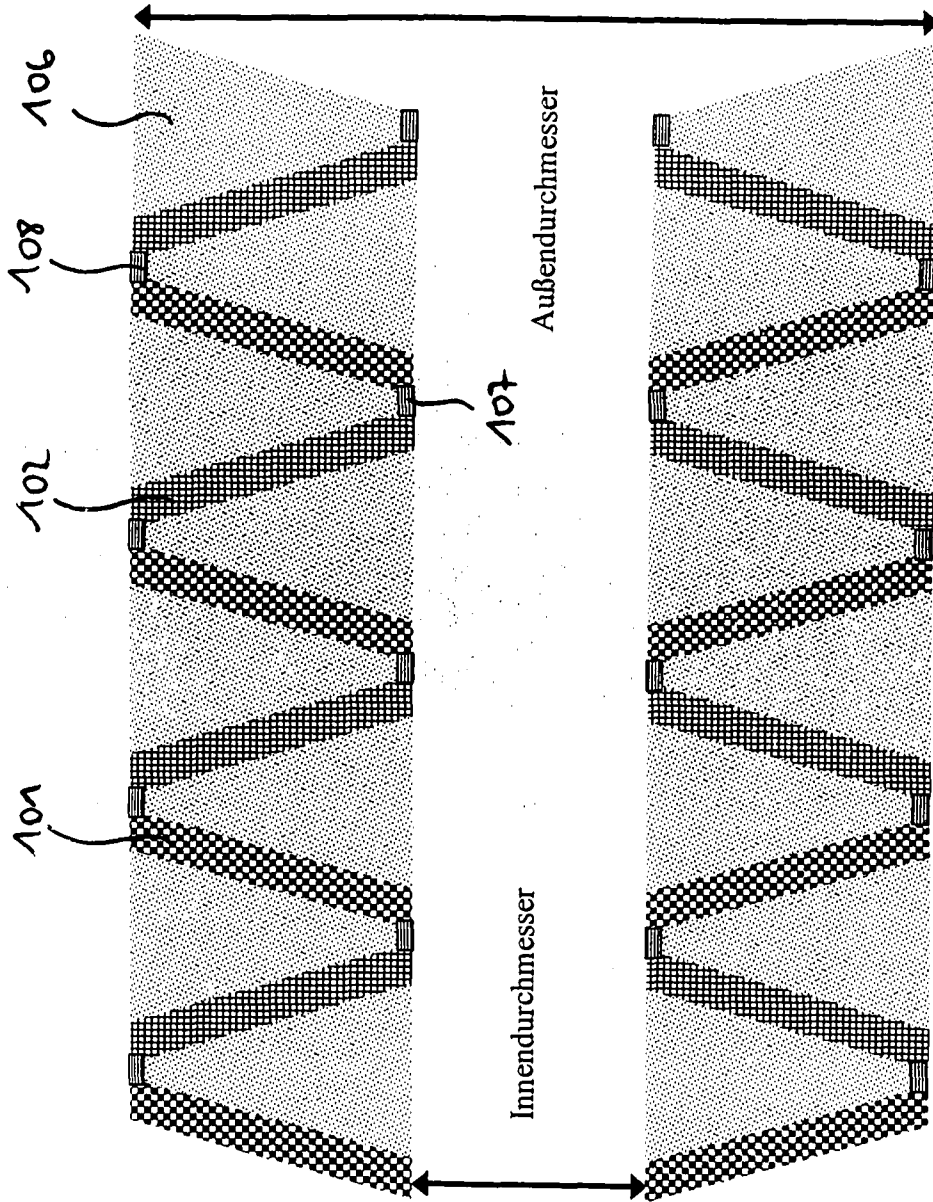


Fig. 13 E

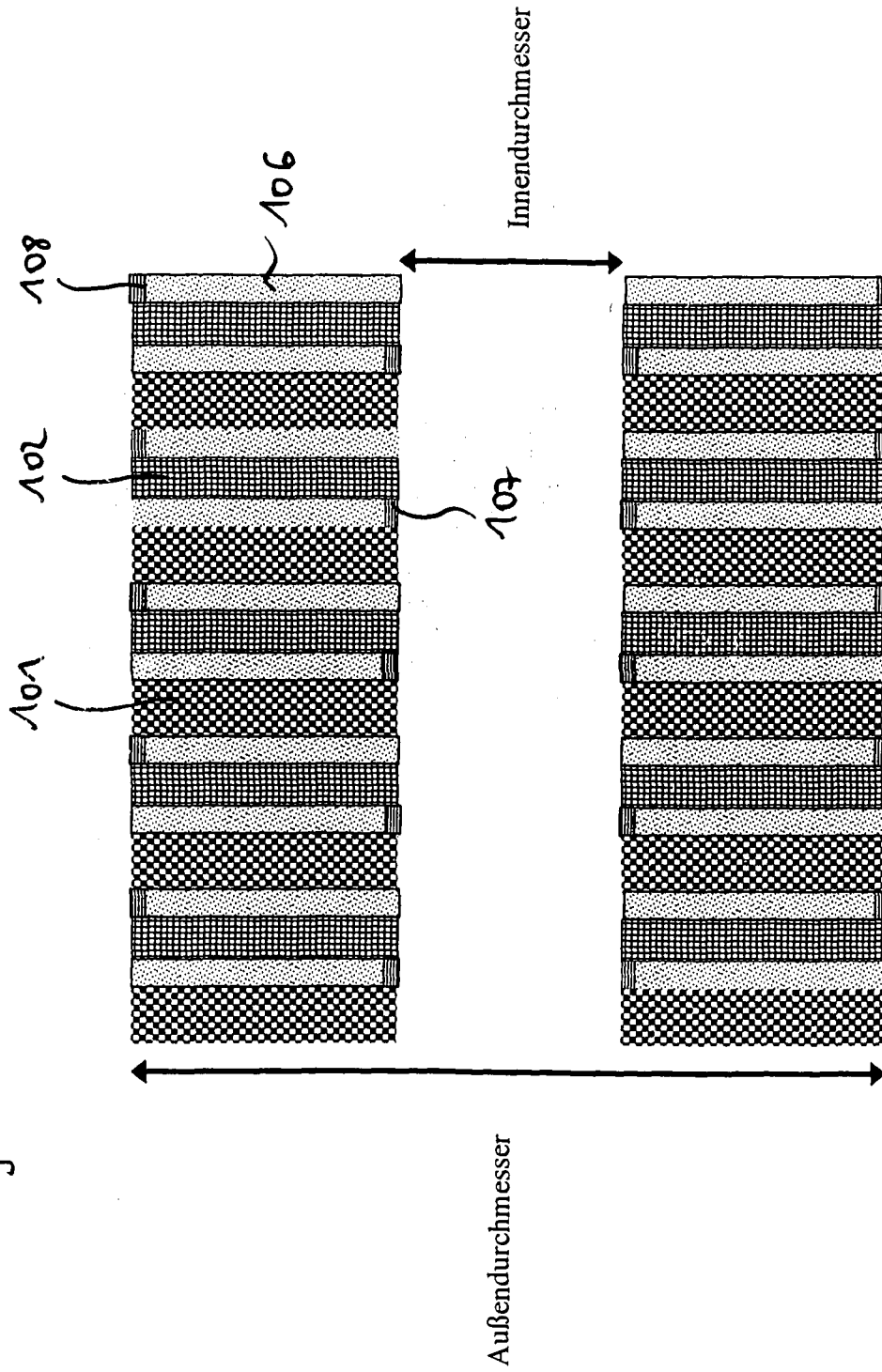


Fig. 13F

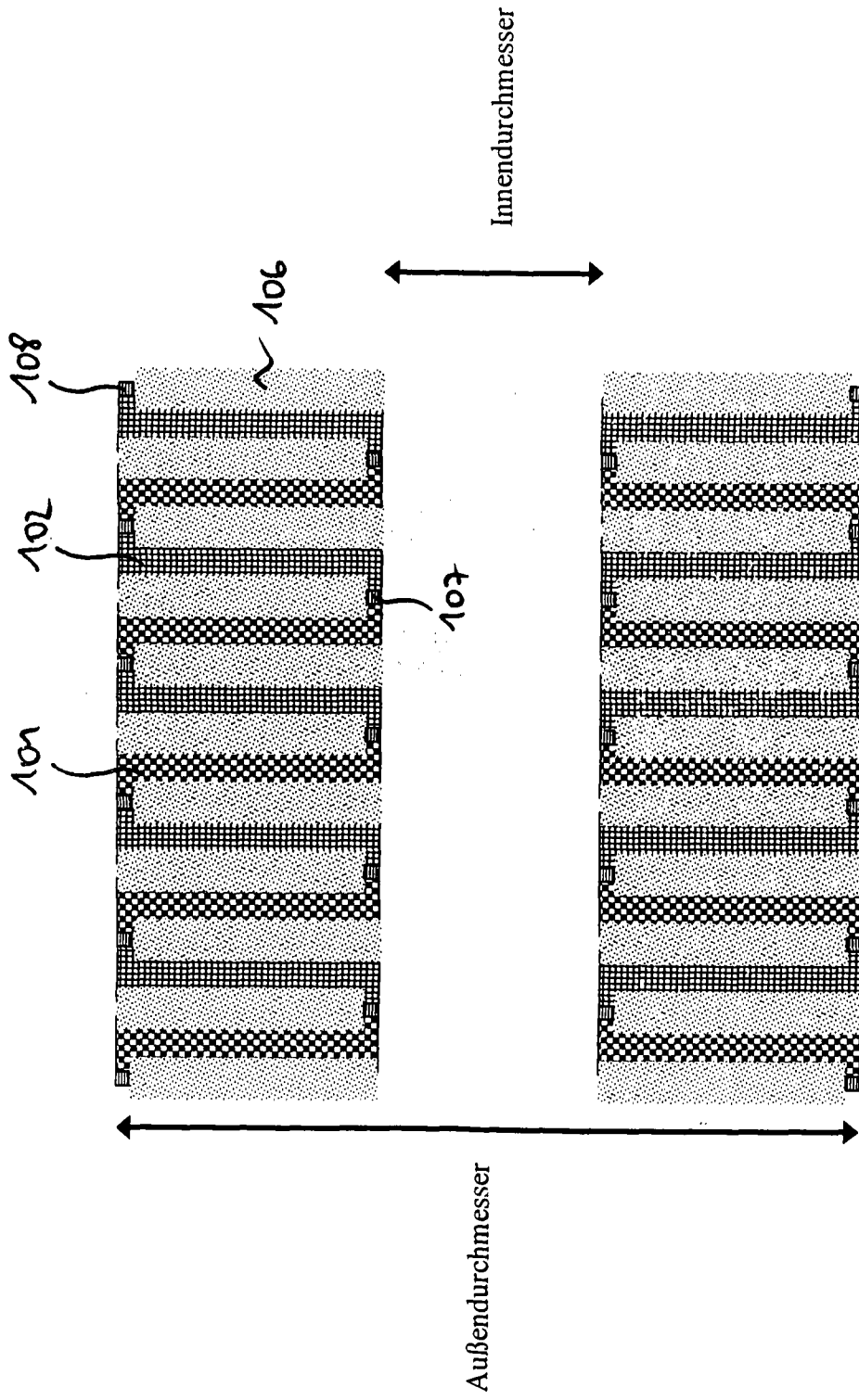


Fig. 14A

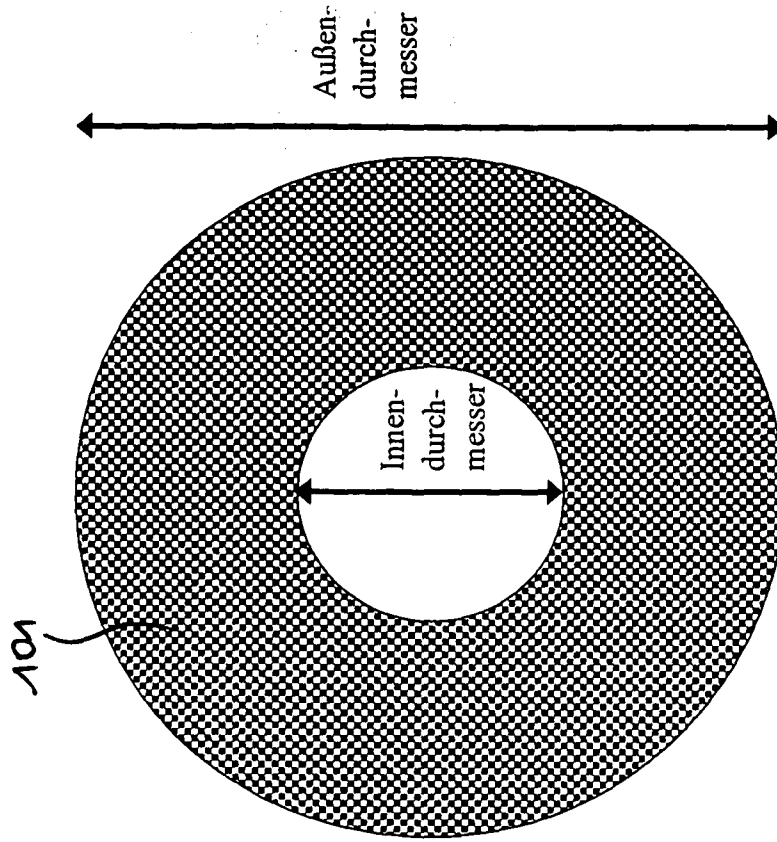


Fig. 14B

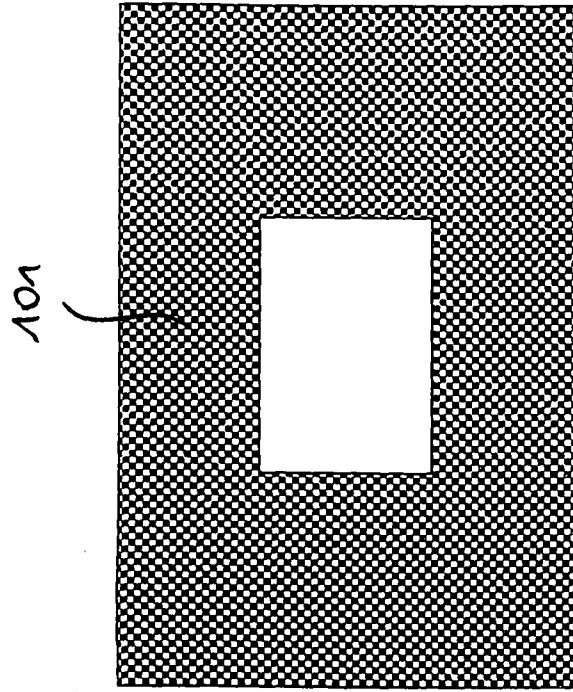


Fig. 14C

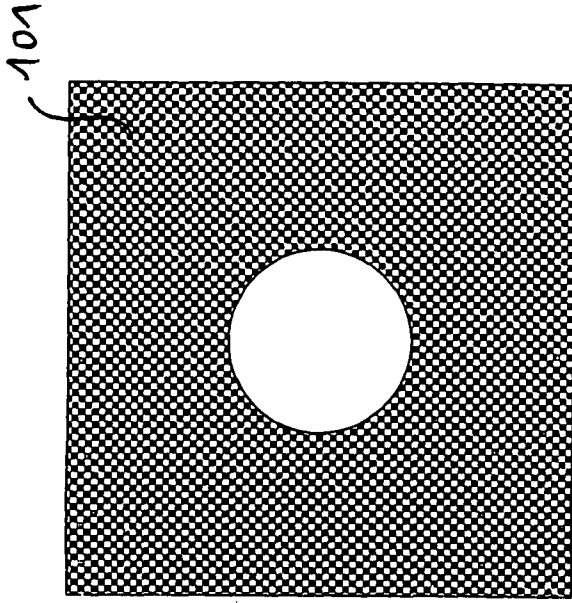


Fig. 14D

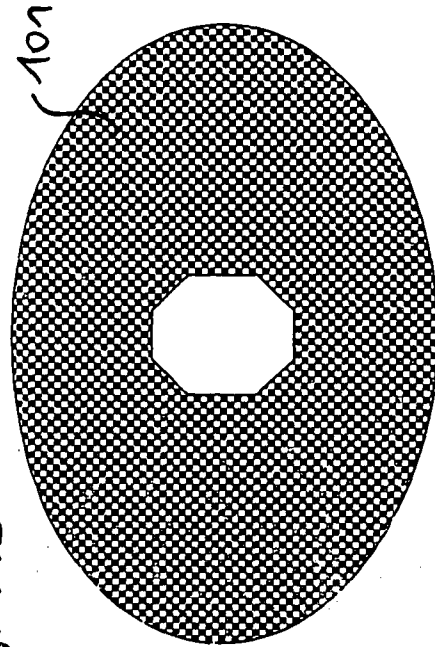


Fig. 14E

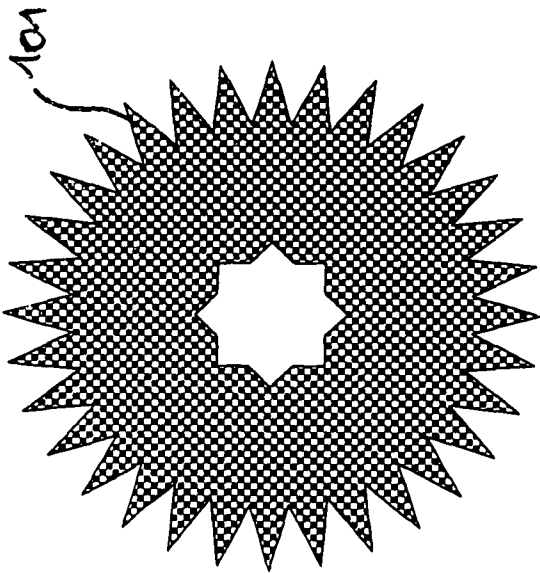


Fig. 14F

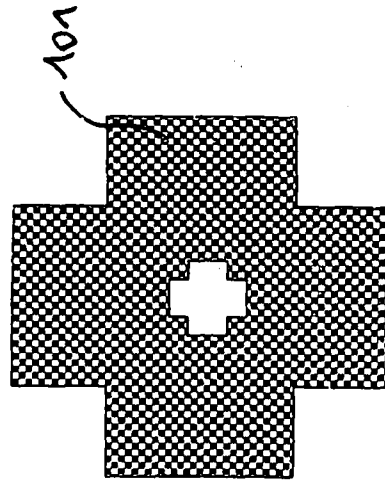


Fig. 14H

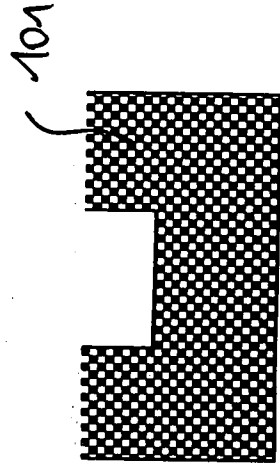


Fig. 14G

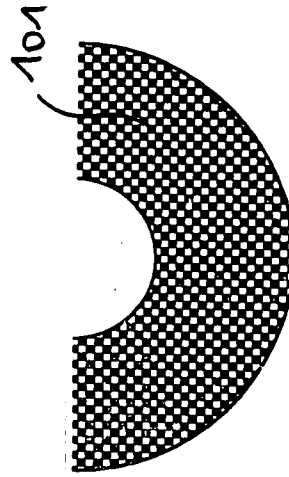


Fig. 15

