

(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
8. Juni 2017 (08.06.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/093476 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 35/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/079573

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Dezember 2016 (02.12.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 224 020.7
2. Dezember 2015 (02.12.2015) DE

(71) Anmelder: **DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-
UND RAUMFAHRT E.V.** [DE/DE]; Linder Höhe, 51147
Köln (DE).

(72) Erfinder: **SOTTONG, Reinhard**; Hauptstraße 2a, 53489
Sinzig (DE). **SCHMÜCKER, Martin**; Pregelstr. 4, 45136
Essen (DE).

(74) Anwalt: **DOMPATENT VON KREISLER SELTING
WERNER - PARTNERSCHAFT VON
PATENTANWÄLTEN UND RECHTSANWÄLTEN
MBB**; Deichmannhaus am Dom, Bahnhofsvorplatz 1,
50667 Köln (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: THERMOELECTRIC MODULE

(54) Bezeichnung : THERMOELEKTRISCHES MODUL

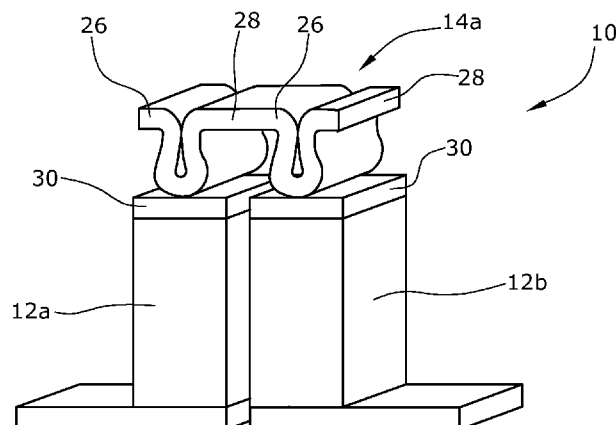


Fig.5

(57) **Abstract:** The invention relates to a thermoelectric module with a thermoelectric element (12a, 12b) for converting a temperature gradient between the two ends of the thermoelectric element (12a, 12b) into an electric voltage, an electrically conductive heat conducting element (14a, 14b) which is arranged between the thermoelectric element (12a, 12b) and a warm medium (18) in order to thermally couple the high-temperature side of the thermoelectric element (12a, 12b) to the warm medium (18), and/or an electrically conductive heating element (16a, 16b) which is arranged between the thermoelectric element (12a, 12b) and a cold medium (20) in order to thermally couple the low-temperature side of the thermoelectric element (12a, 12b) to the cold medium (20). The invention is characterized in that the electrically conductive heat conducting element (14a, 14b, 16a, 16b) is designed as a spring element which is elastic parallel to the direction of progression of the temperature gradient t.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/093476 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **Veröffentlicht:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
TG).

Thermoelektrisches Modul mit einem thermoelektrischen Element (12a, 12b) zum Umwandeln eines Temperaturgradienten zwischen den zwei Enden des thermoelektrischen Elements 12a, 12b in eine elektrische Spannung, einem elektrisch leitenden Wärmeleitelement (14a, 14b), das zum thermischen Koppeln der Hochtemperaturseite des thermoelektrischen Elements (12a, 12b) mit einem warmen Medium (18) zwischen dem thermoelektrischen Element (12a, 12b) und dem warmen Medium (18) angeordnet ist und/oder einem elektrisch leitenden Wärmeelement (16a, 16b), das zum thermischen Koppeln der Niedrigtemperaturseite des thermoelektrischen Elements (12a, 12b) mit einem kalten Medium 20 zwischen dem thermoelektrischen Element (12a, 12b) und dem kalten Medium (20) angeordnet ist. Dadurch gekennzeichnet, dass das elektrisch leitende Wärmeleitelement (14a, 14b, 16a, 16b) als Federelement ausgebildet ist, das parallel zur Richtung des Verlaufs des Temperaturgradienten t federnd ist.

Thermoelektrisches Modul

Die Erfindung betrifft ein thermoelektrisches Modul.

Thermoelektrische Module werden zum Umwandeln eines Temperaturgradienten zwischen den zwei Enden eines thermoelektrischen Elements in eine elektrische Spannung verwendet.

Thermoelektrische Module werden gemäß dem Stand der Technik meist in planarer Geometrie hergestellt, wobei die Elemente, aus denen ein thermoelektrisches Modul besteht, kraft- oder stoffschlüssig miteinander verbunden sind. Der grundsätzliche Aufbau eines thermoelektrischen Moduls ist in drei verschiedenen Varianten in Fig. 1 dargestellt. Allen Varianten gemein ist, dass zwischen einer Heißseite 18 und einer kalten Seite 20 das thermoelektrische Modul 10 angeordnet ist. In der Variante gemäß Fig. 1a erfolgt für eine bessere Kontaktierung eine externe Kraftaufbringung durch eine Verschraubung. In Fig. 1b erfolgt ein Kraftschluss durch einen geschlossenen Aufbau während in Fig. 1c ein durchgängig stoffschlüssiger Aufbau dargestellt ist.

Der genaue Aufbau eines thermoelektrischen Moduls 10, das aus dem Stand der Technik bekannt ist, ist in Fig. 2 dargestellt. Die einzelnen thermoelektrischen Elemente 12a, 12b sind elektrisch über Metallplatten 34, 36 miteinander verbunden. Diese dienen gleichzeitig einer thermischen Leitung, so dass die

Wärme des heißen Mediums beispielsweise dem thermoelektrischen Element 12a, 12b zugeführt werden kann. Das Modul weist eine isolierende keramische Trägerplatte 32 auf, die die metallischen Brückenelemente elektrisch entkoppelt. Durch diese Trägerplatte werden ferner Umwelteinflüsse verringert, die auf das thermoelektrische Modul einwirken können. Gemäß Fig. 2b kann auf der äußeren Seite der Keramikplatte 32 zusätzlich eine Metallplatte 38 angebracht sein. Es kann auch eine keramische Isolierschicht als Schicht auf das Metall aufgebracht sein. Alternativ können anstelle dieser durchgehenden Metallplatte 38 an der Außenseite der Keramikplatte 32 auch metallische Brücken 38a, 38b, 38c angeordnet sein (Siehe Fig. 2c).

Nachteilig an dem genannten Aufbau ist, dass die unterschiedlichen Materialien unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, so dass es bei einer Aufheizung des thermoelektrischen Elements 10 zu einer Verformung desselben kommt, die dadurch verursacht wird, dass die Heißeite des thermoelektrischen Elements sich stärker ausdehnt als seine Kaltseite (Siehe Fig. 3). Die Durchbiegung des thermoelektrischen Elements führt zu einer Verschlechterung der thermischen Kopplung zwischen Wärmequelle und Wärmesenke. Außerdem werden durch diese Verformung und die verschiedenen Ausdehnungen unterschiedlicher Materialien an Kontaktstellen zwischen diesen (insbesondere am Übergang von metallischer Brücke zu thermoelektrischem Material) hohe thermomechanische Spannungen induziert, die zu Ablösungen oder Rissen an diesen Stellen führen können und so das Modul zerstören.

Weiterhin entstehen durch die Vielzahl der verwendeten Materialien zahlreiche thermische Widerstände, die insbesondere deswegen ins Gewicht fallen, weil thermische Widerstände zwischen unterschiedlichen Materialien (z.B. Keramik und Metall) besonders groß ausfallen. In Fig. 4 sind diese thermischen Widerstände im Einzelnen dargestellt. Der erste entsteht durch den Wärmeübergang zwischen dem heißen Medium, beispielsweise einem Gas, und der äußeren Metallplatte 38. Der nächste entsteht beim Übergang zwischen der Metallplatte 38 und der Keramikplatte 32. Der nächste entsteht beim Übergang zwischen

der Keramikplatte 32 und der Metallbrücke 34. Der nächste entsteht beim Übergang zwischen der Metallbrücke 34 und den thermoelektrischen Elementen 12a, 12b. Ähnlich entstehen weitere thermische Widerstände in Richtung der Wärmesenke.

Hohe thermische Widerstände führen zu einem geringeren Temperaturgradienten zwischen den beiden Enden der thermoelektrischen Elemente 12a, 12b, was zu einer verringerten Ausbeute an elektrischer Spannung führt.

Informationen zum Stand der Technik, insbesondere zu flexiblen thermoelektrischen Elementen können den folgenden Veröffentlichungen entnommen werden:

WO2015050077-A1; Fuji Film Corp, Maruyama Yoichi, Hayashi Naoyuki, 09.Apr 2015

WO2014001337-A1; DE102012105743-A1, ElringKlinger AG, Beyerlein G., 03. Jan 2014

DE102012105086-A1; WO2013185903-A1; DE102012105086-B4; Karlsruher Inst Technologie, Gall A; Gueltig M; Kettlitz S; Lemmer U, 19. Dec 2013

CN202888246-U; Jiangsu Internet Things Res Dev Cent, Wang R; Cao E; Chen L; Wu Q, 17. Apr. 2013

CN202855804-U; Jiangsu Internet Things Res Dev Cent, Wu Q, Chen L; Cao E; Wang R; 03. Apr. 2013

CN202855806-U; Jiangsu Internet Things Res Dev Cent, Chen L; Wu Q, Cao E; 03. Apr. 2013

CN102931337-A; Jiangsu Internet Things Res Dev Cent, Cao E; Wang R; Chen L; Wu Q, 13. Feb. 2013

DE102010031829-A1; Novaled AG, Blochwitz-Nimoth J; Werner A, 03. Feb 2011

US 20110016888 A1, WO2011009935-A1; CA2768902-A1; EP2457270-A1; EP2457270-B1 BASF Se, Frank Haass, Madalina Andreea Stefan, Georg Degen, 27. Jan. 2011

CN101894905-A; CN101894905-B, Jiangxi Namike Thermoelectricity Electronics Co Ltd, Zheng J., 24. Nov. 2010

SU1175312-A; Bovin A V; Kirsanov V S; Pustovalov A A; 30. Nov 1990

Informationen zu den thermomechanischen Spannungen, die in thermoelektrischen Modulen entstehen, können den folgenden Veröffentlichungen entnommen werden:

Klein Altstedde, M.; Sottong, R.; Freitag, O.; Kober, M.; Dreißigacker, V.; Zabrocki, K.; Szabo, P., J. electron. mater. 44, 6 (2015) 1716-1723; doi: 10.1007/s11664-014-3523-5

J. Sharp, J. Bierschenk, J. electron. mater. 44, 6 (2015) 1763-1767, doi: 10.1007/s11664-014-3544-0

T. Ochi et al., J. electron. mater. 43, 6 (2014) 2344-2347 doi: 10.1007/s11664-014-3060-2

S. Turenne, Th. Clin, D. Vasilevskiy, R.A. Masut, J. electron. mater. 39, 9 (2010) 1926-1933 doi: 10.1007/s11664-009-1049-z

E. Suhir, A. Shakouri, J. appl. mech. 80, 2 (2013) 021012 doi: 10.1115/1.4007524

T. Sakamoto, T. Iida et al., J. electron. mater. 43, 6 (2014) 1620-1629 doi: 10.1007/s11664-013-2814-6

Aufgabe der Erfindung ist es, ein thermoelektrisches Modul mit einem höheren Wirkungsgrad und verlängerter Lebensdauer bereitzustellen.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Das erfindungsgemäße thermoelektrische Modul weist ein thermoelektrisches Element zum Umwandeln eines Temperaturgradienten zwischen den zwei Enden des thermoelektrischen Elements in eine elektrische Spannung auf. Vorzugsweise weist das thermoelektrische Modul eine Vielzahl solcher thermoelektrischer Elemente auf, die in dem thermoelektrischen Modul nebeneinander angeordnet sind.

Das thermoelektrische Modul weist ferner ein elektrisch leitendes Wärmeleitelement auf, das zum thermischen Koppeln der Hochtemperaturseite des thermoelektrischen Elements mit einem warmen Medium zwischen dem thermoelektrischen Element und dem warmen Medium angeordnet ist. Alternativ oder zusätzlich weist das thermoelektrische Modul ein elektrisch leitendes Wärmeleitelement auf, das zum thermischen Koppeln der Niedrigtemperaturseite des thermoelektrischen Elements mit einem kalten Medium zwischen dem thermoelektrischen Element und dem kalten Medium angeordnet ist.

Das elektrisch leitende Wärmeleitelement ist somit zwischen dem thermoelektrischen Element und der Wärmequelle bzw. der Wärmesenke angeordnet.

Erfindungsgemäß ist das elektrisch leitende Wärmeleitelement als Federelement ausgebildet, das parallel zur Richtung des Verlaufs des Temperaturgradienten federnd ist.

Hierdurch können Bauteiltoleranzen ausgeglichen werden, so dass die Bauteile des thermoelektrischen Moduls nicht mehr so exakt gefertigt werden müssen. Durch das elektrisch leitende Wärmeleitelement erfolgt eine elektrische Kontaktierung an mindestens einem Ende des thermoelektrischen Elements, so dass die durch dieses erzeugte Spannung abgeführt werden kann.

Im Stand der Technik erfolgte die elektrische Kontaktierung der thermoelektrischen Elemente bisher durch Metallbrücken, die auf der Innenseite der Keramikplatte in Richtung der thermoelektrischen Elemente angeordnet waren. Die Wärmeleitung von der Wärmequelle zu den thermoelektrischen Elementen erfolgte somit über die Keramikplatte und anschließend erst über die Metallbrücken. Derartige thermoelektrische Module aus dem Stand der Technik wiesen somit einen höheren thermischen Widerstand auf. Im Gegensatz hierzu ist es erfindungsgemäß möglich, eine direkte thermische Kopplung zwischen der Wärmequelle und dem thermoelektrischen Element über das elektrisch leitende Wärmeleitelement herzustellen, so dass der thermische Widerstand verringert werden kann. Hierdurch kann der Temperaturgradient zwischen den beiden Enden des thermoelektrischen Elements erhöht werden, was zu einer erhöhten Spannungsausbeute führt.

Es ist bevorzugt, dass das elektrisch leitende Wärmeleitelement ein Metall oder eine Metalllegierung aufweist. Hierdurch kann eine besonders gute Wärmeleitung von der Wärmequelle bzw. der Wärmesenke zu der jeweiligen Seite des thermoelektrischen Elements gewährleistet werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das thermoelektrische Modul ein elektrisch isolierendes flächiges faserkeramisches Trägerelement zum Tragen des elektrisch leitenden Wärmeleitelements. Dieses verläuft insbesondere

senkrecht zum Verlauf des Temperaturgradienten. Das faserkeramische Trägerelement weist mindestens eine Ausnehmung auf, durch die das elektrisch leitende Wärmeelement hindurchgeführt ist, so dass ein äußerer Teil des Wärmeleitelements außerhalb des faserkeramischen Trägerelements und ein innerer Teil des Wärmeleitelements innerhalb des faserkeramischen Trägerelements angeordnet ist. Durch ein derartiges Trägerelement aus Faserverbundkeramik werden die elektrisch leitenden Wärmeleitelemente elektrisch voneinander isoliert. Gegenüber bisher verwendeten monolithischen Keramikplatten weist eine Verbundkeramik eine höhere Beständigkeit gegenüber mechanischen und thermomechanischen Lastspitzen auf, so dass die Lebensdauer des thermoelektrischen Moduls erhöht wird. Weiterhin ist es möglich, das thermoelektrische Modul aufgrund der Faserverbundkeramik in beliebigen Modulgeometrien abseits einer planaren Form herzustellen.

In bevorzugter Ausführungsform ist das elektrisch leitende Wärmeleitelement schlaufenförmig ausgebildet, wobei die Schlaufe ein erstes und zweites offenes Ende aufweist, die jeweils parallel zum faserkeramischen Trägerelement außerhalb von diesem verlaufen und eine Kontaktfläche zum warmen bzw. kalten Medium bilden. Diese beiden offenen Enden der Schlaufe können vorzugsweise aufeinander zu und voneinander weg bewegt werden, so dass mechanische Spannungen parallel zur Moduloberfläche, die aufgrund thermischer Ausdehnungen entstehen, über die Form des schlaufenförmigen Wärmeleitelements kompensiert werden können, ohne dass an der Kontaktfläche zum thermoelektrischen Element mechanische Spannungen auftreten. Dies liegt darin begründet, dass eine Expansion des Wärmeleitelements parallel zu Oberfläche des thermoelektrischen Moduls (d.h. senkrecht zur Richtung des Temperaturgradienten) sich zumindest hauptsächlich auf das erste und zweite offene Ende der Schlaufe auswirkt und sich somit nicht auf den Teil des Wärmeleitelements auswirkt, der in Kontakt zu dem thermoelektrischen Element steht. Hierbei handelt es sich um das runde Mittelelement der Schlaufe, das stoffschlüssig und/oder formschlüssig mit dem thermoelektrischen Element verbunden ist. Durch diesen Teil des schlaufenförmigen Teils des Wärmelements können

insbesondere Höhenunterschiede parallel zur Richtung des Temperaturgradienten ausgeglichen werden, da das Wärmeleitelement in dieser Richtung federnde Eigenschaften aufweist.

In bevorzugter Ausführungsform ist zwischen dem Wärmeleitelement und dem thermoelektrischen Element eine Wärmeverteilungsplatte zur homogenen Wärmeverteilung an dem ersten bzw. zweiten Ende des thermoelektrischen Elements angeordnet. Diese weist vorzugsweise ein Metall oder eine Metalllegierung auf. Es ist bevorzugt, dass zwischen dem Wärmeleitelement und dem thermoelektrischen Element ausschließlich eine Wärmeverteilungsplatte angeordnet ist, so dass dort keine weiteren Komponenten vorgesehen sind. Hierdurch kann eine Verringerung des thermischen Widerstands zwischen der Wärmequelle bzw. der Wärmesenke und dem thermoelektrischen Element erreicht werden, da beispielsweise die Wärme von der Wärmequelle auf das Wärmeleitelement übergeht, von dort auf die Wärmeverteilungsplatte geleitet wird und von dieser direkt in das thermoelektrische Element übergeht. Da das Wärmeleitelement und die Wärmeverteilungsplatte beispielsweise beide aus Metall ausgebildet sein können, ist der thermische Widerstand zwischen diesen beiden Komponenten relativ gering. Insbesondere ist es erfindungsgemäß nicht notwendig, einen Wärmeübergang zwischen einer keramischen und einer Metallkomponente vorzusehen, was einen erhöhten thermischen Widerstand zur Folge hätte. Dies liegt darin begründet, dass keramische Komponenten am erfindungsgemäßen thermoelektrischen Modul nicht an der Wärmeleitung beteiligt sind.

Es ist bevorzugt, dass das thermoelektrische Element eine planare oder auch gebogene Form aufweist. Die Formwahl wird durch die Ausgestaltung des Trägerelements als Faserverbundkeramik ermöglicht.

Weiterhin ist es bevorzugt, dass das Wärmeleitelement eine Brücke zwischen zwei benachbarten thermoelektrischen Elementen bildet, wobei hierzu ein Wärmeleitelement insbesondere zwei Schlaufen aufweist, von denen die erste

zur Kontaktierung des ersten thermoelektrischen Elements dient und die zweite zur Kontaktierung des zweiten thermoelektrischen Elements dient.

Gegenüber dem jeweils benachbarten Wärmeleitelement, das ebenfalls aus zwei Schlaufen bestehen kann, kann eine Isolierung durch das faserkeramische Trägerelement erfolgen.

Es ist bevorzugt, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient der Wärmeverteilungsplatte i. W. identisch mit dem Wärmeverteilungskoeffizienten des thermoelektrischen Elements ist. Hierdurch kann erreicht werden, dass bei einer Ausdehnung der Wärmeverteilungsplatte aufgrund des Temperaturanstiegs keine großen Spannungen am thermoelektrischen Element entstehen. Aufgrund der flexiblen Ausgestaltung des Wärmeleitelements, dessen Kontaktfläche zum thermoelektrischen Element insbesondere auch in einer Richtung parallel zur Moduloberfläche innerhalb eines bestimmten Bereichs bewegbar ist, können Relativbewegungen zwischen dem Wärmeleitelement und der Wärmeverteilungsplatte in eine Richtung parallel zur Moduloberfläche ausgeglichen werden. Alternativ können Wärmeleitelement und Wärmeverteilungsplatte auch stoffschlüssig miteinander verbunden sein. Hier übernimmt die Federfunktion eine Reduktion der auftretenden thermomechanischen Spannungen.

Es ist bevorzugt, dass eine direkte metallische Verbindung zwischen dem thermoelektrischen Element und dem heißen bzw. kalten Medium besteht. Hierdurch kann eine verbesserte thermische Kopplung gegenüber dem Stand der Technik erreicht werden.

Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Größe und Form der Ausnehmungen des faserkeramischen Trägerelements an die Größe und Form des Wärmeleitelements angepasst ist, so dass das faserkeramische Element direkt am äußeren Rand des Wärmeleitelements anliegt und das thermoelektrische Element gegenüber dem heißen bzw. kalten Medium isoliert. Hierdurch kann der Wirkungsgrad des thermoelektrischen Moduls weiterhin erhöht werden.

Es ist bevorzugt, dass sämtliche beschriebene Komponenten im thermoelektrischen Modul mehrfach vorhanden sind, so dass das thermoelektrische Modul eine Vielzahl von thermoelektrischen Elementen aufweist, die elektrisch über die elektrisch leitenden Wärmeleitelemente miteinander verbunden sind. Die Vielzahl der Wärmeleitelemente wird vom faserkeramischen Trägerelement gehalten, das so dem thermoelektrischen Modul seine mechanische Stabilität verleiht.

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand von Figuren erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 und 2

den Aufbau von thermoelektrischen Modulen gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 3 die Verformung eines thermoelektrischen Moduls gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 4 die thermischen Widerstände in einem thermoelektrischen Modul gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 5 eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen thermoelektrischen Moduls,

Fig. 6 eine isolierte Darstellung eines erfindungsgemäßen Wärmeleitelements,

Fig. 7 und 8

weitere Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen thermoelektrischen Elements,

Fig. 9 die thermischen Widerstände in einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen thermoelektrischen Elements.

Die Fig. 1 und 2 wurden bereits in Zusammenhang mit dem Stand der Technik erläutert.

In Fig. 3 ist dargestellt, wie sich ein aus dem Stand der Technik bekanntes thermoelektrisches Modul 10 an seiner heißen Seite 18 stärker ausdehnt als an seiner Kaltseite 20. Dies führt zu einer Verformung des Moduls, zu einer verschlechterten thermischen Kopplung der einzelnen Komponenten und somit zu einer Verringerung der erreichbaren elektrischen Leistung des thermoelektrischen Moduls 10.

Dieser Effekt wird weiterhin dadurch verstärkt, dass aus dem Stand der Technik bekannte thermoelektrische Module eine Vielzahl verschiedener Materialschichten verwenden, zwischen denen hohe thermische Widerstände existieren (siehe Fig. 4). Dies gilt insbesondere, da der Wärmeübergang zwischen verschiedenen Materialien beispielsweise zwischen Metall und Keramik einem hohen thermischen Widerstand unterliegt.

Erfindungsgemäß wird dagegen das faserkeramische Trägerelement 22, 24 nicht als Wärmeleiter, sondern nur zur elektrischen Isolierung der Wärmeleitelemente 14a, 14b, 16a, 16b sowie für eine mechanische Stabilisierung des thermoelektrischen Moduls verwendet (siehe unter anderem Fig. 7 und 9). Insbesondere in Fig. 9 ist sichtbar, dass durch das erfindungsgemäße thermoelektrische Modul 10 die thermischen Widerstände zwischen der Wärmequelle bzw. Wärmesenke und dem thermoelektrischen Modul 10 verringert werden können. Dies bezieht sich sowohl auf die Zahl der thermischen Widerstände als auch auf deren Art, da beispielsweise ein Wärmeübergang zwischen einem ke-

ramischen Material und Metall vollständig vermieden wird und Keramiken mit hohem thermischen Widerstand nicht an der Wärmeleitung beteiligt sind. Hierdurch wird ein höherer Wärmestrom und somit eine effizientere Nutzung der vorhandenen Wärmemenge möglich.

Ein beispielhafter Aufbau eines erfindungsgemäßen thermoelektrischen Moduls 10 ist in Fig. 5 dargestellt. An der Oberseite jedes thermoelektrischen Elements 12a, 12b ist jeweils eine Wärmeverteilungsplatte 30 aus Metall angebracht, deren Wärmeausdehnungskoeffizient vorzugsweise mit dem des thermoelektrischen Elements 12a, 12b identisch ist, so dass es am Übergang zwischen diesen beiden Elementen zu keinen thermomechanischen Spannungen kommt. Thermisch und elektrisch gekoppelt mit der Oberseite der Wärmeverteilungsplatten ist das elektrisch leitende Wärmeleitelement 14a. Dieses weist zwei Schlaufen auf, von denen die erste Schlaufe der Kontaktierung der linken Wärmeverteilungsplatte 30 und die zweite Schlaufe der Kontaktierung der rechten Wärmeverteilungsplatte 30 dient. Diese Kontaktierung erfolgt jeweils durch das runde Mittelelement der Schlaufe, wodurch zusätzlich das jeweilige erste und zweite offene Ende 26, 28 einer jeden Schlaufe thermisch mit der nicht dargestellten Wärmequelle gekoppelt sind.

In Fig. 6 ist dargestellt, auf welche Weise sich das Wärmeleitelement 14a elastisch verformen kann: Einerseits ist eine elastische Verformung in einer Richtung parallel zur Moduloberfläche, das heißt senkrecht zur Richtung des Temperaturgradienten t möglich. In diese Richtung kann sich das Wärmeleitelement 14a ausdehnen, ohne die thermoelektrischen Elemente 12a, 12b oder die Wärmeverteilungsplatten 30 wesentlichen mechanischen Spannungen auszusetzen. Dies liegt darin begründet, dass der runde Mittelteil 27 einer jeden Schlaufe ebenfalls unabhängig von den beiden offenen Enden 26, 28 der Schlaufe parallel zur Oberfläche des Moduls bewegbar ist, so dass Bewegungen, die an den offenen Enden 26, 28 der Schlaufe entstehen, ausgeglichen werden können.

Zusätzlich weist das Wärmeleitelement, das als Federelement ausgebildet ist, in Richtung des Temperaturgradienten t federnde Eigenschaften auf, so dass hierdurch beispielsweise Höhenunterschiede in den thermoelektrischen Elementen 12a, 12b ausgeglichen werden können.

Die erfindungsgemäßen schlaufenförmigen Wärmeleitelemente 14a, 14b, 16a, 16b können auf verschiedene Weisen verwendet werden: gemäß Fig. 7a werden sie sowohl an der Oberseite als auch an der Unterseite der thermoelektrischen Elemente 12a, 12b verwendet, wobei sie jeweils durch eine faserkeramische Trägerplatte 22, 24 gehalten werden, die Ausnehmungen aufweist, durch die die Schlaufen der Wärmeleitelemente hindurchgeführt sind. Durch die faserkeramische Trägerplatte 22, 24 findet außerdem eine thermische Isolierung des Raumes zwischen den thermoelektrischen Elementen 12a, 12b gegenüber der Wärmequelle und Wärmesenke statt.

Alternativ ist es möglich, dass eine Seite des thermoelektrischen Elements 10 beispielsweise die Kaltseite gemäß dem Stand der Technik ausgebildet ist, indem für die elektrische Kontaktierung der thermoelektrischen Elemente 12a, 12b Metallbrücken 34 verwendet werden, die durch eine Keramikplatte 32 gestützt werden, die wiederum mit einer außen liegenden Metallplatte verbunden ist (siehe Fig. 7b). Diese Ausgestaltung der Kaltseite des thermoelektrischen Elements 10 entspricht der Ausgestaltung aus dem Stand der Technik gemäß Fig. 1b.

Weiterhin kann gemäß Fig. 7c eine Seite des thermoelektrischen Elements, beispielsweise die Kaltseite, auf der äußeren Seite der Keramikplatte 32 einzelne Metallplatten 38a, 38b, 38c aufweisen (DBD-, DCB-Substrate mit eventuell angepasster Metallisierung)

Gemäß Fig. 8 kann das thermoelektrische Modul 10 auch eine gekrümmte Form aufweisen. Dies wird durch die Verwendung des faserkeramischen Trägerelements möglich.

Bei allen Ausführungsformen des thermoelektrischen Moduls ist es möglich, dass die thermoelektrischen Elemente 12a, 12b jeweils versetzt über ein elektrisch leitendes Wärmeleitelement 14a, 14b, 16a, 16b miteinander verbunden sind. Wie in Fig. 7a sichtbar sind die beiden linken thermoelektrischen Elemente 12a, 12b über das Wärmeleitelement 14a miteinander verbunden, während das zweite und dritte thermoelektrische Element 12b, 12a über das untere Wärmeleitelement 16a miteinander verbunden sind. Das dritte und vierte thermoelektrische Element 12a, 12b sind erneut über das obere Wärmeleitelement 14b verbunden usw. Hierdurch kann eine Reihenschaltung einer Vielzahl thermoelektrischer Elemente erreicht werden, so wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist.

Patentansprüche

1. Thermoelektrisches Modul mit einem thermoelektrischen Element (12a, 12b) zum Umwandeln eines Temperaturgradienten zwischen den zwei Enden des thermoelektrischen Elements (12a, 12b) in eine elektrische Spannung,

einem elektrisch leitenden Wärmeleitelement (16a, 16b), das zum thermischen Koppeln der Hochtemperaturseite des thermoelektrischen Elements (12a, 12b) mit einem warmen Medium (18) zwischen dem thermoelektrischen Element (12a, 12b) und dem warmen Medium (18) angeordnet ist,

und/oder einem elektrisch leitenden Wärmeelement (16a, 16b), das zum thermischen Koppeln der Niedrigtemperaturseite des thermoelektrischen Elements (12a, 12b) mit einem kalten Medium (20) zwischen dem thermoelektrischen Element (12a, 12b) und dem kalten Medium (20) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

wenigstens ein elektrisch leitendes Wärmeleitelement (14a, 14b, 16a, 16b) als Federelement ausgebildet ist, das parallel zur Richtung des Verlaufs des Temperaturgradienten (t) federnd ist.

2. Thermoelektrisches Modul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrisch leitende Wärmeleitelement (14a, 14b, 16a, 16b) ein Metall oder eine Metalllegierung aufweist.
3. Thermoelektrisches Modul nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch ein elektrisch isolierendes flächiges faserkeramisches Trägerele-

ment (22, 24) zum Tragen des elektrisch leitenden Wärmeleitelements (14a, 14b, 16a, 16b),

wobei das faserkeramische Trägerelement (22, 24) insbesondere senkrecht zum Verlauf des Temperaturgradienten (t) verläuft,

wobei das faserkeramische Trägerelement (22, 24) mindestens eine Ausnehmung aufweist, durch die das elektrisch leitende Wärmeleitelement (14a, 14b, 16a, 16b) hindurchgeführt ist,

so dass ein äußerer Teil des elektrisch leitenden Wärmeleitelements (14a, 14b, 16a, 16b) außerhalb des faserkeramischen Trägerelements (22, 24) und ein innerer Teil des elektrisch leitenden Wärmeleitelements innerhalb des faserkeramischen Trägerelements (22, 24) angeordnet ist.

4. Thermoelektrische Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrisch leitende Wärmeleitelement (14a, 14b, 16a, 16b) schlaufenförmig ausgebildet ist, wobei die Schlaufe ein erstes und zweites offenes Ende (26, 28) aufweist, die jeweils parallel zum faserkeramischen Trägerelement (22, 24) außerhalb von diesem verlaufen und eine Kontaktfläche zum warmen bzw. kalten Medium (18,20) bilden und das runde Mittelelement (27) der Schlaufe stoffschlüssig und/oder formschlüssig mit dem thermoelektrischen Element (12a, 12b) verbunden ist.
5. Thermoelektrisches Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem elektrisch leitenden Wärmeleitelement (14a, 14b, 16a, 16b) und dem thermoelektrischen Element (12a, 12b), insbesondere ausschließlich, eine Wärmeverteilungsplatte (30) zur homogenen Wärmeverteilung an dem ersten bzw. zweiten Ende des thermoelektrischen Elements (12a, 12b) angeordnet ist, wobei die

Wärmeverteilungsplatte (30) vorzugsweise ein Metall oder eine Metalllegierung aufweist.

6. Thermoelektrisches Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das thermoelektrische Modul (10) eine planare oder gebogene Form aufweist.
7. Thermoelektrisches Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrisch leitende Wärmeleitelement (14a, 14b, 16a, 16b) eine Brücke zwischen zwei benachbarten thermoelektrischen Elementen (12a, 12b) bildet, wobei hierzu das elektrisch leitende Wärmeleitelement (14a, 14b, 16a, 16b) insbesondere zwei Schleifen aufweist, von denen die erste zur Kontaktierung des ersten thermoelektrischen Elements (12a) dient und die zweite zur Kontaktierung des zweiten thermoelektrischen Elements (12b) dient.
8. Thermoelektrisches Modul, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient der Wärmeverteilungsplatte (30) identisch mit dem Wärmeverteilungskoeffizienten des thermoelektrischen Elements (12a, 12b) ist.
9. Thermoelektrisches Modul, nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine direkte metallische Verbindung zwischen dem thermoelektrischen Element (12a, 12b) und dem heißen bzw. kalten Medium (18, 20) besteht.
10. Thermoelektrisches Modul, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe und Form der Ausnehmung des faserkeramischen Trägerelements (22, 24) an die Größe und Form des elektrisch leitenden Wärmeleitelements (14a, 14b, 16a, 16b) angepasst ist, so dass das faserkeramische Trägerelement (22, 24) direkt am äußeren Rand des elektrisch leitenden Wärmeleitelements (14a, 14b, 16a, 16b) anliegt und das thermoelektri-

sche Element (12a, 12b) gegenüber dem heißen bzw. kalten Medium (18, 20) isoliert.

-1/4-

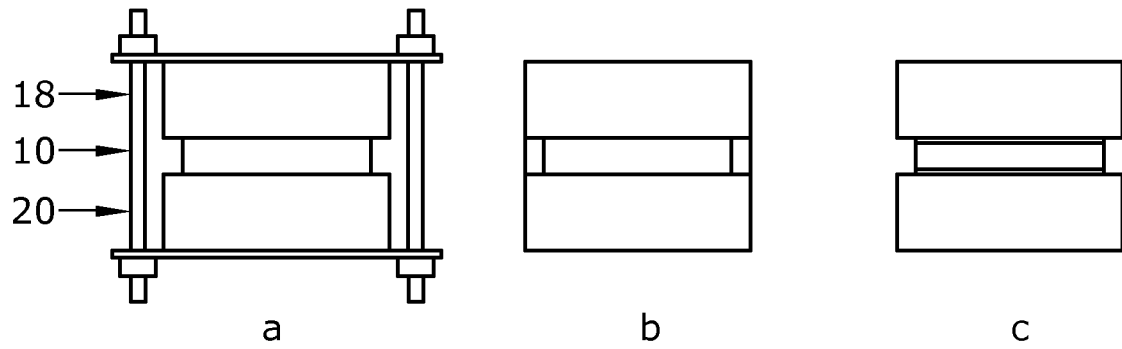


Fig.1

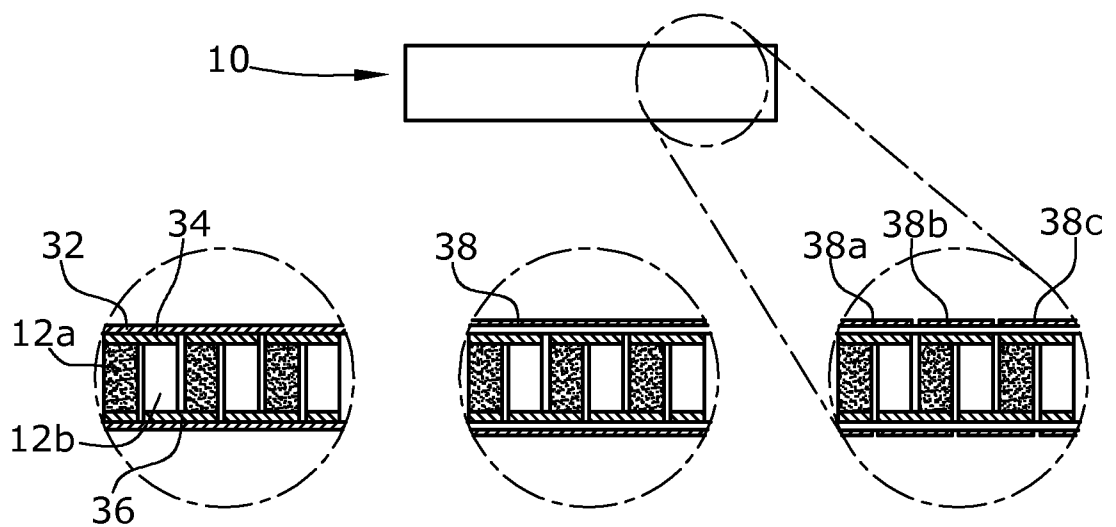


Fig.2

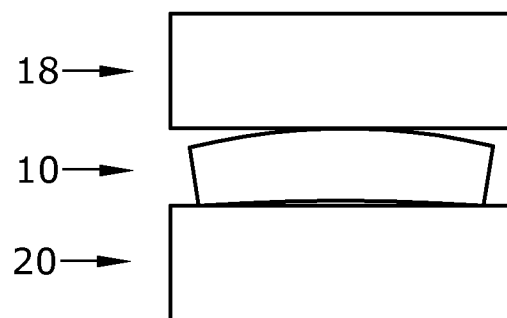
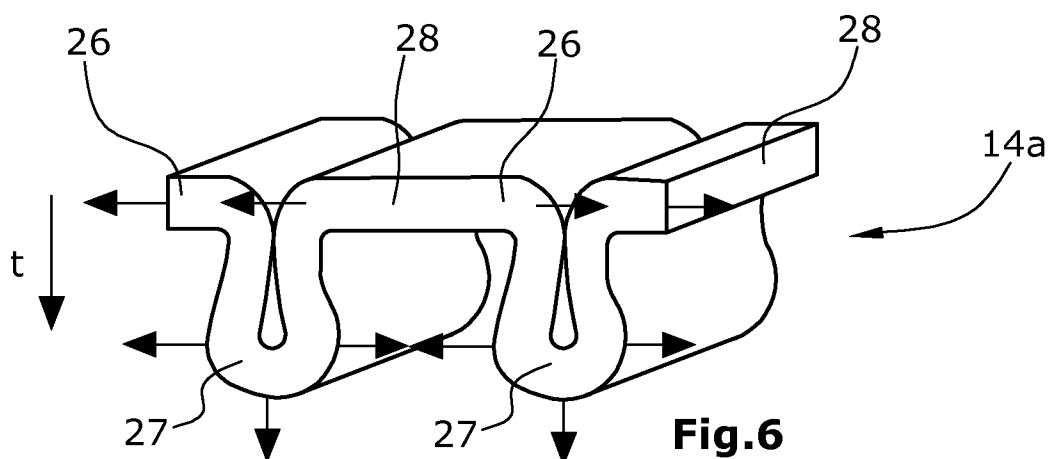
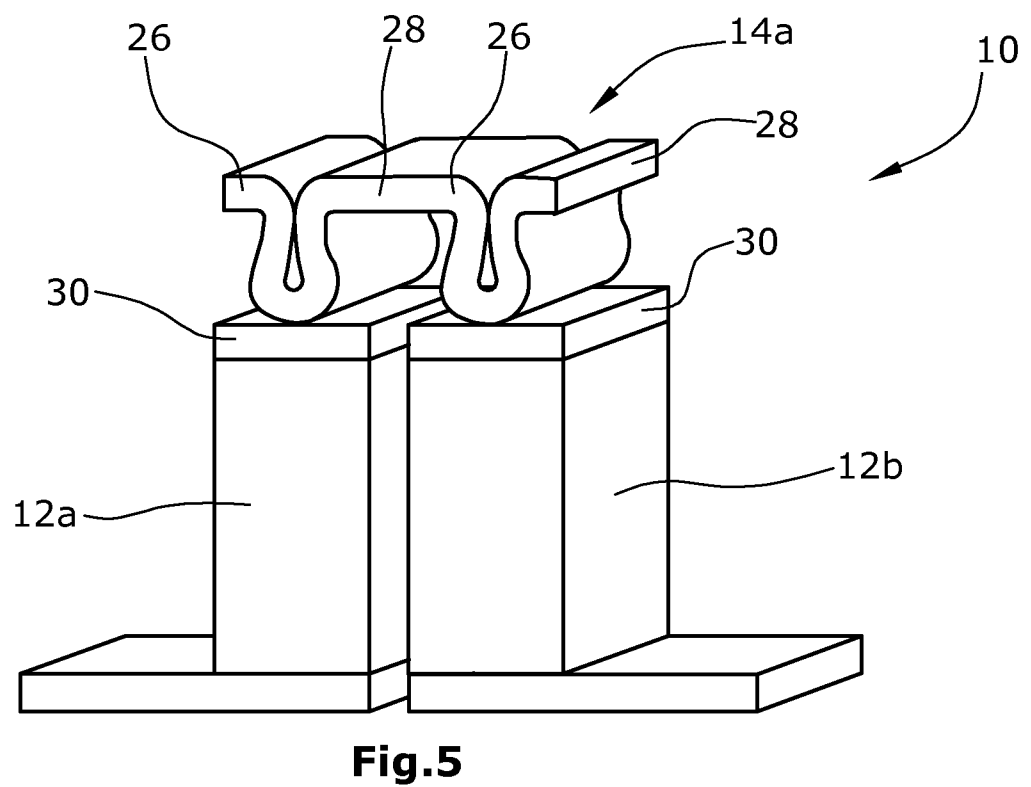
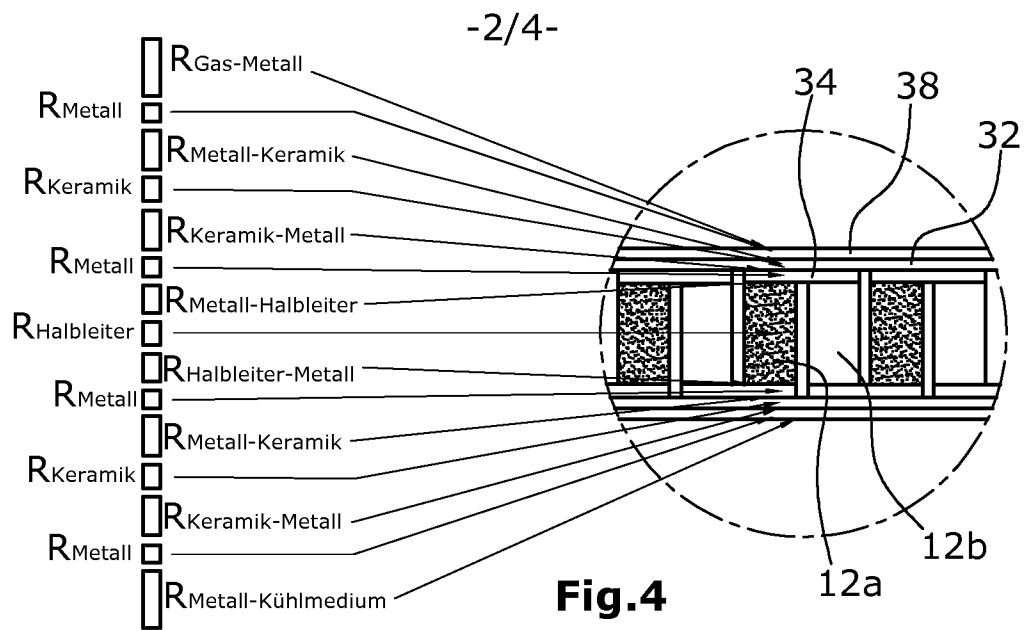


Fig.3



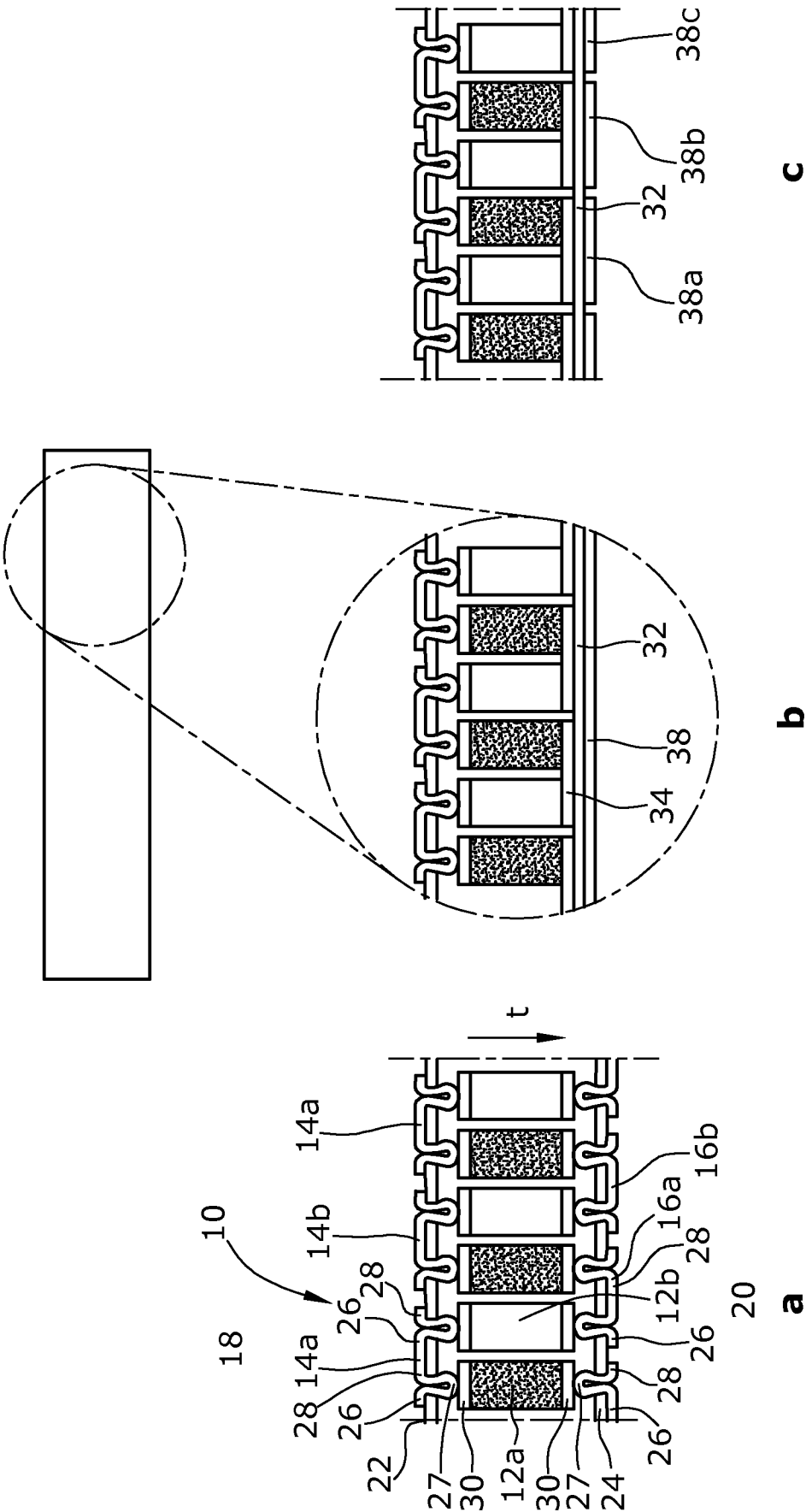
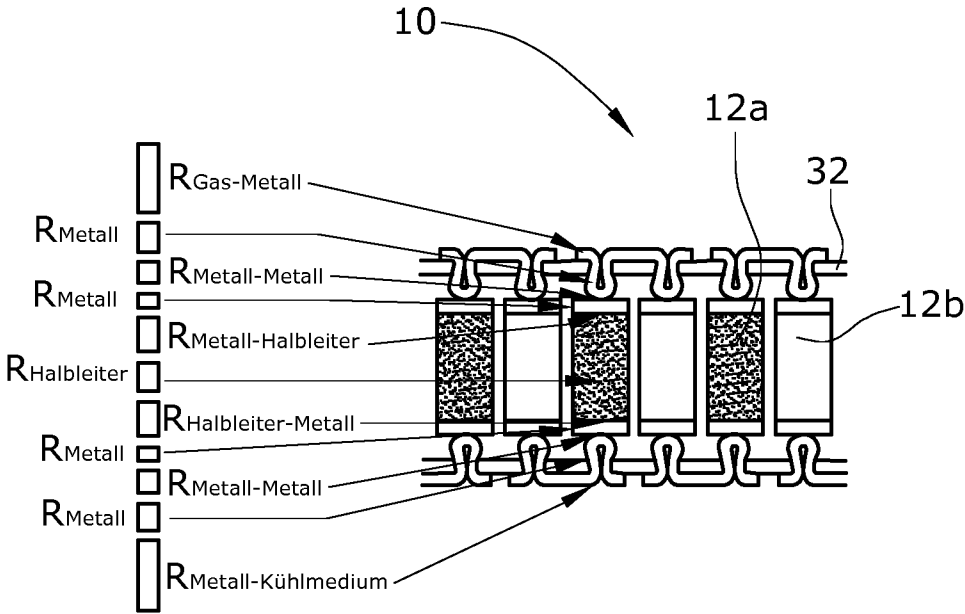
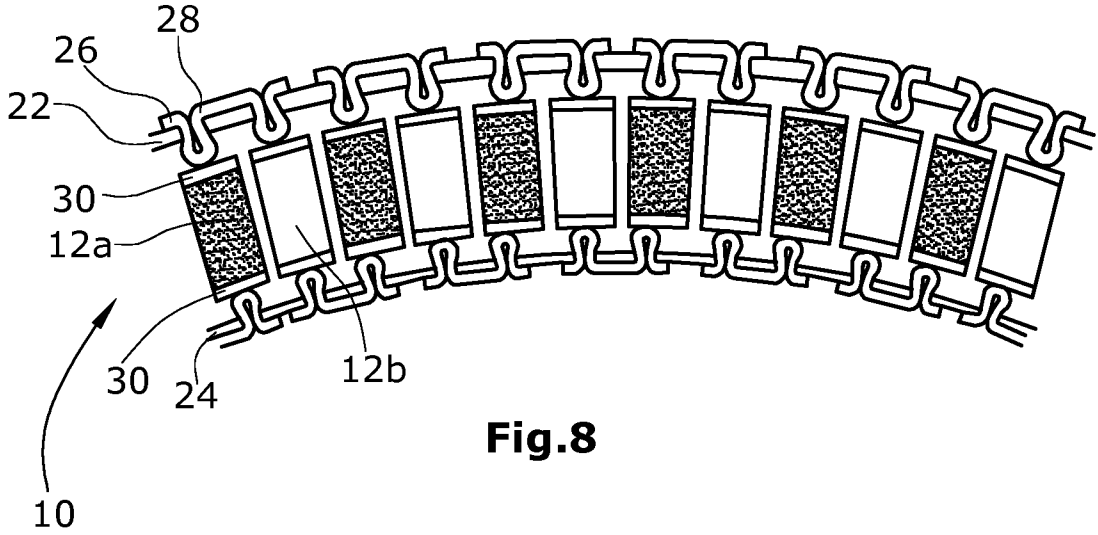


Fig.7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/079573

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H01L35/06
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	DE 11 87 285 B (SIEMENS AG) 18 February 1965 (1965-02-18) column 2, line 48 - column 3, line 37; figures 1-3	1,2,5-7, 9 3,4,8,10
X A	----- US 2014/261607 A1 (ZHANG YANLIANG [US] ET AL) 18 September 2014 (2014-09-18) paragraph [0045] - paragraph [0052]; figures 3,4,5,6	1,2,4,6, 9 3,5,7,8, 10
X A	----- WO 99/40632 A1 (ISRAEL THERMO ELECTRICAL LTD [IL]; DASHEVSKY ZINOVI [IL]) 12 August 1999 (1999-08-12) page 8, line 1 - page 10, line 5; figures 4,5	1,2,5,6, 9 3,4,7,8, 10
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 February 2017

Date of mailing of the international search report

16/02/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kirkwood, Jonathan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/079573

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009 239031 A (TOSHIBA CORP) 15 October 2009 (2009-10-15) abstract; figures 2-6 -----	1-10
A	DE 10 2006 040283 A1 (TOSHIBA KK [JP]) 1 March 2007 (2007-03-01) paragraph [0061] - paragraph [0062]; figures 5A,5B,6A,6B -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/079573

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 1187285 B	18-02-1965	DE 1187285 B GB 979736 A NL 283717 A US 3377206 A	18-02-1965 06-01-1965 09-02-2017 09-04-1968
US 2014261607 A1	18-09-2014	US 2014261607 A1 US 2014261608 A1 WO 2014160033 A1	18-09-2014 18-09-2014 02-10-2014
WO 9940632 A1	12-08-1999	AU 2439599 A WO 9940632 A1	23-08-1999 12-08-1999
JP 2009239031 A	15-10-2009	JP 5075707 B2 JP 2009239031 A	21-11-2012 15-10-2009
DE 102006040283 A1	01-03-2007	CN 1925183 A DE 102006040283 A1 JP 4728745 B2 JP 2007066987 A US 2007044828 A1	07-03-2007 01-03-2007 20-07-2011 15-03-2007 01-03-2007

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L35/06
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	DE 11 87 285 B (SIEMENS AG) 18. Februar 1965 (1965-02-18) Spalte 2, Zeile 48 - Spalte 3, Zeile 37; Abbildungen 1-3 -----	1,2,5-7, 9 3,4,8,10
X A	US 2014/261607 A1 (ZHANG YANLIANG [US] ET AL) 18. September 2014 (2014-09-18) Absatz [0045] - Absatz [0052]; Abbildungen 3,4,5,6 -----	1,2,4,6, 9 3,5,7,8, 10
X A	WO 99/40632 A1 (ISRAEL THERMO ELECTRICAL LTD [IL]; DASHEVSKY ZINOVI [IL]) 12. August 1999 (1999-08-12) Seite 8, Zeile 1 - Seite 10, Zeile 5; Abbildungen 4,5 ----- -/-	1,2,5,6, 9 3,4,7,8, 10

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Februar 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/02/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kirkwood, Jonathan

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 2009 239031 A (TOSHIBA CORP) 15. Oktober 2009 (2009-10-15) Zusammenfassung; Abbildungen 2-6 -----	1-10
A	DE 10 2006 040283 A1 (TOSHIBA KK [JP]) 1. März 2007 (2007-03-01) Absatz [0061] - Absatz [0062]; Abbildungen 5A,5B,6A,6B -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/079573

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
DE 1187285	B	18-02-1965	DE	1187285	B	18-02-1965		
			GB	979736	A	06-01-1965		
			NL	283717	A	09-02-2017		
			US	3377206	A	09-04-1968		

US 2014261607	A1	18-09-2014	US	2014261607	A1	18-09-2014		
			US	2014261608	A1	18-09-2014		
			WO	2014160033	A1	02-10-2014		

WO 9940632	A1	12-08-1999	AU	2439599	A	23-08-1999		
			WO	9940632	A1	12-08-1999		

JP 2009239031	A	15-10-2009	JP	5075707	B2	21-11-2012		
			JP	2009239031	A	15-10-2009		

DE 102006040283	A1	01-03-2007	CN	1925183	A	07-03-2007		
			DE	102006040283	A1	01-03-2007		
			JP	4728745	B2	20-07-2011		
			JP	2007066987	A	15-03-2007		
			US	2007044828	A1	01-03-2007		
