

(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
28. April 2011 (28.04.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/047404 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 35/32 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2010/000403

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Oktober 2010 (22.10.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 1680/2009 23. Oktober 2009 (23.10.2009) AT
A 1563/2010 21. September 2010 (21.09.2010) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **MIBA SINTER AUSTRIA GMBH** [AT/AT];
Dr.-Mitterbauer-Strasse 3, A-4663 Laakirchen (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WASTE, Michael**
[AT/AT]; Schulgasse 17, A-8605 Kapfenberg (AT).
RATZI, Raimund [—/AT]; Nansenstrasse 13, A-4600
Wels (AT). **LEONARDELLI, Georg** [AT/AT]; Pensio-
natstrasse 53, A-4810 Gmunden (AT). **TAUBER, Ka-
trrin, Barbara** [AT/AT]; Waasenhamnergasse 50,
A-8700 Leoben (AT).

(74) Anwalt: **ANWÄLTE BURGER UND PARTNER
RECHTSANWALT GMBH**; Rosenauerweg 16, A-4580
Windischgarsten (AT).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, 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, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

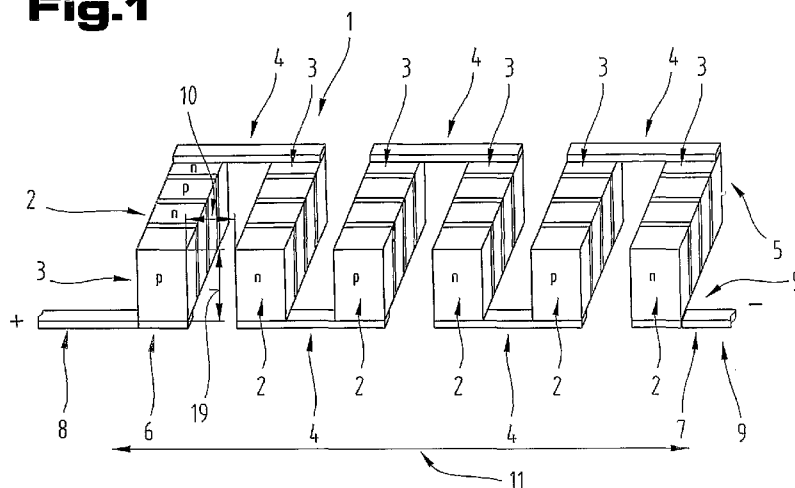
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: THERMOGENERATOR

(54) Bezeichnung : THERMOGENERATOR

Fig.1



(57) Abstract: The invention relates to a thermogenerator (1, 101) comprising several thermoelectric elements (2, 102) arranged over a length (11) thereof, wherein in each case two thermoelectric elements (2, 102) are arranged at a distance (10) from each other. At least one of the distances (10) between two thermoelectric elements (2, 102), in particular in the x- and/or y-direction, differs from the other distances (10) and/or the thermoelectric elements (2, 102) are arranged in a strip-like manner as element strips (3, 123). Furthermore, two thermoelectric elements (2, 102) can be electroconductively connected to a conducting element (4, 109) respectively, wherein the conducting element (4, 109) is connected with in each case two thermoelectric elements (2, 102) to an adhesive (110) or wherein the conducting element (4, 109) is applied onto two thermoelectric elements (2, 102), respectively, which are electroconductively connected to each other by means of a, particularly thermal, spraying process or by means of low-temperature connection technology.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft einen Thermogenerator (1, 101) umfassend über eine Länge (11) verteilt mehrere thermoelektrische Elemente (2, 102), wobei jeweils zwei thermoelektrische Elemente (2, 102) in einem Abstand (10) zueinander angeordnet sind. Zumindest einer der Abstände (10) zwischen zwei thermoelektrischen Elementen (2, 102), insbesondere in x- und/oder y-Richtung, ist zu den weiteren Abständen (10) unterschiedlich und/oder sind die thermoelektrischen Elemente (2, 102) streifenförmig als Elementestreifen (3, 123) angeordnet. Weiter können jeweils zwei thermoelektrische Elemente (2, 102) mit einem Leitelement (4, 109) elektrisch leitend verbunden sein, wobei das Leitelement (4, 109) mit jeweils zwei thermoelektrischen Elementen (2, 102) mit einem Kleber (110) verbunden ist oder wobei das Leitelement (4, 109) auf jeweils zwei miteinander elektrisch leitend verbundene thermoelektrische Elemente (2, 102) durch ein, insbesondere thermisches, Spritzverfahren oder mittels Niedertemperaturverbindungstechnik aufgebracht ist.

Thermogenerator

Die Erfindung betrifft einen Thermogenerator umfassend über eine Länge verteilt mehrere thermoelektrische Elemente, wobei jeweils zwei thermoelektrische Elemente in einem Abstand zueinander angeordnet sind, einen Thermogenerator umfassend über eine Länge verteilt mehrere thermoelektrische Elemente, wobei jeweils zwei thermoelektrische Elemente in einem Abstand zueinander angeordnet und mit einem Leitelement elektrisch leitend verbunden sind, sowie eine Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischer Energie aus Wärme, umfassend eine Wärmequelle sowie zumindest einen Thermogenerator.

Steigende Energiekosten sowie ein verstärktes Umweltbewusstsein forcieren in letzter Zeit Systeme, mit denen elektrische Energie aus Abwärme, die in der Vergangenheit ungenutzt an die Umwelt abgegeben wurde, gewonnen werden kann. Bekanntlich ist bei Verbrennungskraftmaschinen der Wirkungsgrad deutlich unter 100 %. Abgase von Kraftfahrzeugen, welche über das Abgassystem an die Umwelt abgegeben werden, haben üblicherweise noch Temperaturen von mehreren 100 °C. Andererseits ist es im Stand der Technik schon seit längerem bekannt, so genannte thermoelektrische Module einzusetzen, um aus Wärmequellen elektrischen Strom zu erzeugen. Bekanntlich liefern derartige thermoelektrische Module bei einer vorhandenen Temperaturdifferenz aufgrund des Seebeck-Effektes elektrischen Strom. Diese Module werden daher auch Seebeck-Module genannt.

Thermoelektrische Module werden heute in Form von Arrays hergestellt, um annähernd die im Verbraucherstromkreis erforderliche Spannung zu erreichen. Diese Arrays sind für den Einsatz in einem stationären, über die Fläche des Arrays möglichst gleichmäßigen Temperaturfeld konzipiert. Zusätzlich werden dabei üblicherweise diese Arrays in Kombination mit so genannten Heatspreadern eingesetzt, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der von der Wärmequelle abgegebenen Wärme auf das Array zu erreichen.

Ein derartiges thermoelektrisches Modul ist beispielsweise aus der DE 10 2007 063 168 A1 bekannt. Dieses besteht aus in einer ersten Lage angeordneten, elektrischen Leitelementen, aus in einer zweiten, zur ersten Lage beabstandeten Lage angeordneten, elektrischen Leitelementen, aus einer zwischen der ersten Lage und der zweiten Lage angeordneten Mehrzahl von

- 2 -

thermoelektrischen Elementen, aus mindestens einer Isolierschicht, mittels welcher die in erster Lage angeordneten, elektrischen Leitelemente relativ zu einer Wärmequelle oder die in der zweiten Lage angeordneten, elektrischen Leitelemente relativ zu einer Wärmesenke elektrisch isolierbar sind. Die mindestens eine Isolierschicht ist dabei aus einer Mehrzahl von Isolierschichtabschnitten gebildet, welche voneinander getrennt sind. Als Wärmequelle wird das Abgassystem einer diskontinuierlich arbeitenden Verbrennungseinrichtung genannt, insbesondere ein Abgassystem des Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeuges. Es wird damit die Aufgabe gelöst, ein thermoelektrisches Modul zu schaffen, welches einen guten Wirkungsgrad, eine kompakte Bauweise und einen möglichst spannungsfreien Betrieb eines thermoelektrischen Generators zu ermöglichen.

Vergleichbare thermoelektrische Module werden auch in der DE 10 2007 063 173 A1 bzw. der DE 10 2007 063 196 A1 beschrieben.

Die Aufgabe vorliegender Erfindung besteht darin, einen Thermogenerator bzw. eine Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischer Energie aus Wärme derart weiterzuentwickeln, dass dieser bzw. diese besser in das Temperaturfeld eines Abgassystems eines Kraftfahrzeuges integriert werden kann, um damit deren bzw. dessen Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

Gelöst wird diese Aufgabe jeweils eigenständig durch den eingangs genannten Thermogenerator, bei dem zumindest einer der Abstände zwischen zwei thermoelektrischen Elementen, insbesondere in x- und/oder y-Richtung, zu den weiteren Abständen zwischen zwei thermoelektrischen Elementen unterschiedlich ist und/oder bei dem diese thermoelektrischen Elemente streifenförmig angeordnet sind, sowie durch die eingangs genannte Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischer Energie aus Wärme die zumindest einen erfindungsgemäßen Thermogenerator umfasst.

Eine weitere Aufgabe vorliegender Erfindung besteht darin, einen verbesserten Thermogenerator bzw. eine verbesserte Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischer Energie aus Wärme derart zu schaffen.

Diese Aufgabe der Erfindung wird jeweils eigenständig durch einen eingangs genannten Thermogenerator gelöst, bei dem das Leitelement mit jeweils zwei thermoelektrischen

Elementen mit einem Kleber verbunden ist oder dass das Leitelement auf jeweils zwei miteinander elektrisch leitend verbundene thermoelektrische Elemente durch ein, insbesondere thermisches, Spritzverfahren oder mittels Niedertemperaturverbindungstechnik aufgebracht ist, oder bei dem die thermoelektrischen Elemente auf einem DCB-Substrat angeordnet sind, sowie durch die eingangs genannte Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischer Energie aus Wärme bei der der Thermogenerator erfindungsgemäß ausgebildet ist.

Unter einem Thermogenerator wird im Sinne der Erfindung ein thermoelektrischer Generator zur Umwandlung von thermischer Energie in elektrische Energie verstanden.

Durch diese variable Anordenbarkeit der thermoelektrischen Elemente wird es möglich, Temperaturfeldschwankungen, das heißt Schwankungen in der Temperatur, mit der der erfindungsgemäße Thermogenerator bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung während des Betriebes beaufschlagt wird, besser ausgleichen zu können, sodass einer dadurch verursachten „Verstimmung“ des Thermogenerators bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung besser entgegen gewirkt werden kann. Dies hat zur Folge, dass die Leistungsausbeute der erfindungsgemäßen Vorrichtung im Vergleich zu bekannten Vorrichtungen aus dem Stand der Technik mit gleichem effektiven Volumen an thermoelektrischen Elementen zumindest im Wesentlichen durch diese „Verstimmung“ nicht negativ beeinflusst wird, das heißt, dass die Leistungsausbeute nicht massiv durch derartige Temperaturschwankungen sinkt. Der Grund für das Sinken der Leistungsausbeute bei bekannten, thermoelektrischen Generatoren liegt darin, dass die spannungsabgebenden, thermoelektrischen Elemente in Serie geschaltet werden, um eine für die nachfolgende Spannungswandlung auf Bordnetz-Niveau, das heißt auf das Niveau des Kraftfahrzeuges, günstige Ausgangsbasis für einen hohen Wandlerwirkungsgrad zu haben. Dies bewirkt allerdings bei kleinräumigen Temperaturänderungen eine schlechte Spannungsausbeute, da thermoelektrische Elemente mit hoher Spannung mit solchen mit niedriger Spannung in Serie geschaltet sind.

Zudem kann mit der erfindungsgemäßen Anordnung der thermoelektrischen Elemente eine höhere Lebensdauer des Thermogenerators bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung erreicht werden, da die genannten kleinräumigen Temperaturunterschiede nicht bzw. nicht wesentlich

zu einer Verschärfung der mechanischen Beanspruchung des erfindungsgemäßen Thermogenerators bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung führt.

5 Durch die streifenförmige Anordnung der thermoelektrischen Elemente ist auch deren Handhabung während des Einbaus einfacher zu gestalten und kann damit die Anzahl der Außenanschlüsse reduziert werden. Insbesondere wird es damit möglich, diese thermoelektrischen Elemente hinsichtlich ihrer Verteilung in der verfügbaren Wärmequelle bzw. umgekehrt die Verteilung der verfügbaren Wärmemenge aus der Wärmequelle entsprechend einfach anzupassen, indem beispielsweise beim Eintritt des Heißgases die thermoelektrischen
10 Elemente in geringerer Dichte angeordnet werden als in jenem Bereich, in dem das Heißgas bereits eine Abkühlung erfahren hat.

Es sei darauf hingewiesen, dass prinzipiell die Möglichkeit besteht, dass die thermoelektrischen Elemente zu einem Elementestreifen zusammengefasst werden, jedoch im Rahmen der
15 Erfindung die Aufteilung der thermoelektrischen Elemente auf mehrere Elementestreifen bevorzugt wird. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass ein Elementestreifen lediglich aus einem thermoelektrischen Element besteht.

20 Durch die Klebeverbindung bzw. die durch thermisches Spritzen erzeugte Schicht können relativ dünn ausgeführt werden, wodurch eine höhere Lebensdauer des Thermogenerators bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung erreicht werden kann, da kleinräumige Temperaturunterschiede nicht bzw. nicht wesentlich zu einer Verschärfung der mechanischen Beanspruchung des erfindungsgemäßen Thermogenerators bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung führen. Zur weiteren Verbesserung dieses Effektes kann insbesondere die
25 Klebeschicht in bestimmten Grenzen mit einer Flexibilität ausgestattet werden, beispielsweise indem diese mit einer höheren Schichtdicke ausgeführt wird, wodurch die mechanische Beanspruchung der Kontaktstellen während der Verwendung des Thermogenerators weiter reduziert werden kann. Darüber hinaus ist damit auch eine gute Haftfestigkeit der Verbindung erreichbar und sind die genannten Verbindungsmethoden in der industriellen Fertigung gut
30 beherrschbar, wodurch die industrielle Fertigung von Thermogeneratoren – vielfach werden diese noch per Hand zusammengebaut – ermöglicht wird, und in der Folge hochwertige Thermogeneratoren kostengünstiger herstellbar sind.

Durch die Verwendung eines DCB-Substrates zur Anordnung der thermoelektrischen Elemente wird der Vorteil erreicht, dass damit mit einfachen Mitteln unterschiedliche Oberflächengrößen und –gestalten für unterschiedliche Anordnungen der thermoelektrischen Elemente zur Verfügung gestellt werden können. Zudem kann damit eine relativ eben
5 Oberfläche zur Verfügung gestellt werden, die in der weiteren industriellen Fertigung des Thermogenerators, insbesondere in Hinblick auf die Anordnung der thermoelektrischen Elemente, von Vorteil ist. Zudem kann damit ein komplettes Array von thermoelektrischen Elementen kostengünstig aufgebaut werden und ist dabei auch die Variabilität der Arraygestaltung von Vorteil.

10 Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass sich der Abstand zwischen zwei thermoelektrischen Elementen über die Länge des Thermogenerators mit einer Exponentialfunktion ändert. Es kann damit der Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen Vorrichtung weiter verbessert werden.

15 Es ist weiters möglich, dass eine Längserstreckung des durch die streifenförmig angeordneten thermoelektrischen Elemente gebildeten Elementestreifens zumindest annähernd senkrecht zu einer vorbestimmbaren Flussrichtung des Wärmestroms aus der Wärmequelle ausgerichtet ist, sodass die Elementestreifen jeweils bevorzugt parallel zu den Isothermen der Vorrichtung zu
20 Erzeugung von elektrischer Energie ausgerichtet sind. Im Wesentlichen stehen dabei also die Elementestreifen zumindest annähernd im rechten Winkel zur Strömungsrichtung eines Abgassystems eines Kraftfahrzeuges bzw. generell zur Flussrichtung des Wärmestroms einer Wärmequelle. Es ist dabei von Vorteil, dass geringe Temperaturschwankungen in den einzelnen Zonen bzw. Schichten des Wärmestroms, also beispielsweise im Abgasstrom, einen geringeren Einfluss auf die Spannung der erzeugten elektrischen Energie hat.
25

Zumindest zwei der Elementestreifen können zu einem Modul zusammengefasst werden, wobei der Thermogenerator zumindest ein derartiges Modul umfasst. Bevorzugt sind mehrere derartige Module über die Länge des Thermogenerators verteilt angeordnet. Durch die modulare Bauweise ist ein rascherer Zusammenbau des Thermogenerators möglich und darüber
30 hinaus ist die Anpassung an unterschiedliche Wärmequellen mit verschiedenen Temperaturen durch die modulare Bauweise vereinfacht. Auch der Austausch gesamter Module wird dadurch vereinfacht, insbesondere im Hinblick auf die Kontaktierung.

Das Modul kann zumindest teilweise eingehaust sein. Einerseits um wiederum die Handhabung der Module zu vereinfachen, andererseits um das Modul besser gegen den Angriff von korrosiven Bestandteilen eines Abgases zu schützen.

5 Im Zwischenraum zwischen zwei thermoelektrischen Elementen kann zumindest ein Isolations-
element angeordnet sein. Einerseits kann eine entsprechende Wärmedämmung bzw. eine
Reduktion der Wärmeabstrahlung erreicht werden, wodurch wiederum die Effizienz der Vor-
richtung bzw. des Thermogenerators verbessert werden kann, andererseits dient das Isolati-
onselement auch der besseren elektrischen Isolierung der thermoelektrischen Elemente.

10

Durch die Anordnung der thermoelektrischen Elemente in Streifenform ist es möglich, dass
diese an den in Längserstreckung einander gegenüberliegenden, distalen Endbereichen kon-
taktiert werden. Es kann damit der Vorteil erreicht werden, dass diese Kontaktstellen auch
außerhalb der Wärmebeaufschlagung in einem Bereich angeordnet werden, der hinsichtlich
15 des korrosiven Angriffs und/oder der Temperaturbelastung unkritischer ist, wodurch ein bes-
serer Schutz dieser Kontaktierungen ermöglicht wird.

Aufgrund der modularen Bauweise ist es weiters möglich, dass mehrere Elementestreifen
wahlweise in Serie oder parallel im Thermogenerator miteinander elektrisch leitend verbun-
den werden, um damit eine an die jeweiligen Spannungsbedürfnisse bessere Anpassung zu
20 erreichen, und um damit auch einen höheren Wirkungsgrad zu erreichen.

Bevorzugt sind die thermoelektrischen Elemente aus einem Skutterudit oder einer Pulverzu-
sammensetzung aus der Klasse der Skutterudite gebildet. Insbesondere dieses Material, gefüllt
25 oder ungefüllt, hat sich aufgrund dessen Beständigkeit im Bereich der Hochtemperaturanwen-
dungen von thermoelektrischen Elementen in Abgassystemen von Kraftfahrzeugen als vor-
teilhaft erwiesen.

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass im Thermogenerator zumin-
30 dest zwei Elementestreifen übereinander angeordnet sind, wodurch wiederum eine Effizienz-
steigerung des Thermogenerators erreicht werden kann. Selbstverständlich kann das Überei-
nanderanordnen mehrerer Elementestreifen in Flussrichtung des Wärmestroms, also zum Bei-
spiel der Abgase, fortgesetzt sein.

Ein Verhältnis der Länge in Millimeter zur Querschnittsfläche in Quadratmillimeter der thermoelektrischen Elemente kann ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 : 100 und einer oberen Grenze von 4 : 1. Im Zuge der Erprobung der Erfindung konnte mit derartigen geometrischen Abmessungen ein besonderer Effekt hinsichtlich des Wirkungsgrades des Thermogenerators beobachtet werden.

Bevorzugt weisen die thermoelektrischen Elemente einen rechteckförmigen Querschnitt auf – in Richtung der Längserstreckung betrachtet. Obwohl auch andere Querschnittsformen prinzipiell möglich sind, haben sich rechteckförmige Querschnitte sowohl hinsichtlich des Wirkungsgrades als auch hinsichtlich des Einbaus und der Handhabung der thermoelektrischen Elemente im Zuge der Erprobung der Erfindung als vorteilhaft erwiesen.

Gemäß einer Ausführungsvariante des Thermogenerators ist vorgesehen, dass der Kleber ein sauerstoffhärtender Kleber ist. Es wird damit erreicht, dass Sauerstoff, der gegebenenfalls an der Oberfläche der thermoelektrischen Elemente vorhanden ist, durch die Abbindereaktion des Klebers verbraucht wird, wodurch der Einsatz von oxidationsempfindliche Werkstoffen für die thermoelektrischen Elemente vereinfacht werden kann.

Zwischen dem Leitelement und den thermoelektrischen Elementen kann eine Diffusionssperrschicht angeordnet sein, um das Eindiffundieren von Bestandteilen des Werkstoffes des Leitelementes zu verhindern, insbesondere wenn dieses durch ein thermisches Spritzverfahren auf die thermoelektrischen Elemente aufgebracht wird. Darüber hinaus bietet die Diffusionssperrschicht aber auch Vorteile in Hinblick auf die hohen Temperaturen bei der Verwendung des Thermogenerators, insbesondere wenn dieser in ein Abgassystem eines Kraftfahrzeuges integriert wird. Es ist damit möglich für das Leitelement auch Werkstoffe zu verwenden, aus denen bei den vorherrschenden Temperaturen die Gefahr besteht, dass Bestandteile in die thermoelektrischen Elemente eindiffundieren. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass hinsichtlich der Materialauswahl für das Leitelement aber auch für die thermoelektrischen Elemente – die Diffusionssperrschicht kann auch so ausgeführt sein, dass sie die Diffusion aus den thermoelektrischen Elementen in das Leitelement unterbindet – eine größere Bandbreite möglich ist, wodurch auf spezielle Materialkombinationen für das Leitelement und die thermoelektrischen Elemente im Wesentlichen nicht Rücksicht genommen werden muss, also auch Werkstoffe für die Elemente verwendet werden können,

- 8 -

die eine höhere Energieausbeute ermöglichen. Es wird damit auch die Langzeitstabilität des Thermogenerators verbessert.

Die thermoelektrischen Elemente weisen eine Deckfläche, eine Bodenfläche sowie da-
5 zwischen liegende Seitenflächen auf, wobei an zumindest einer der Seitenflächen eine
Oxidationssperrschicht und/oder eine Sublimationssperrschicht angeordnet sein kann, um
damit die thermoelektrischen Element besser vor Umwelteinflüssen, wie z.B. die
Oxidationsgefahr bzw. die Sublimation unter den vorherrschenden hohen Temperaturen von
Materialbestandteilen zu schützen, welche den Verlust an aktivem thermoelektrischen Material
10 und damit die Reduktion des Wirkungsgrades zur Folge haben.

Die thermoelektrischen Elemente können zur besseren Hantierbarkeit und Minimierung der
Anzahl der Außenanschlüsse mäanderförmig auf dem DCB Substrat angeordnet sein. Damit
ist auch eine einfachere Herstellung größerer Module zur Erzielung einer guten thermischen
15 Wechselfestigkeit möglich.

Es ist möglich, dass das DCB-Substrat zwischen den mäanderförmig angeordneten
thermoelektrischen Elementen Ausnehmungen aufweist, um Wärmespannungen während des
Einsatzes des Thermogenerators besser ausgleichen zu können, wodurch die
20 thermoelektrischen Elemente sowie die Kontaktierungsstellen besser vor einer Beschädigung
aufgrund der thermischen Belastung des Thermogenerators geschützt werden können.

Bevorzugt sind diese Ausnehmungen schlitzförmig ausgebildet, sodass also das DCB-Substrat
im Wesentlichen dem mäanderförmigen Verlauf der Anordnung der thermoelektrischen
25 Elemente angepasst ist, wodurch der voranstehend genannte Effekt der Vermeidung der
Beschädigung der thermoelektrischen Elemente und der Kontaktstellen verbessert werden
kann.

Zur Reduktion der Kerbwirkung kann zumindest ein Eckbereich der Ausnehmungen gerundet
30 ausgebildet sein.

Das DCB-Substrat kann zusätzlich auf der Unterseite metallisiert sein, wodurch die Ebenheit
des Substrates und die Wärmeabfuhr verbessert wird. Mit Unterseite ist dabei jene Seite bzw.

Oberfläche gemeint, die der die thermoelektrischen Elemente aufweisenden Oberfläche gegenüberliegt.

Die thermoelektrischen Elemente können zumindest teilweise eingehaust sein, einerseits um die Handhabung der thermoelektrischen Elemente zu vereinfachen, andererseits um die thermoelektrischen Elemente besser gegen den Angriff von korrosiven Bestandteilen eines Abgases oder aus der Umgebungsluft bzw. durch (Spritz)-Wasser oder Wasserdampf zu schützen.

Bevorzugt ist die Wärmequelle ein Abgassystem eines Kraftfahrzeuges, wodurch der Wirkungsgrad der Energiegewinnung eines Kraftfahrzeuges verbessert werden kann.

Es ist aber auch möglich, dass der Wärmequelle ein Wärmetauscher zugeordnet ist, an dem die thermoelektrischen Elemente bzw. der Thermogenerator angeordnet werden bzw. wird.

Durch diese Ausführung der Erfindung ist ein einfacher Einbau bzw. Austausch im Falle einer Reparatur des Thermogenerators möglich, indem nämlich der gesamte Wärmetauscher getauscht werden kann. Andererseits ist damit aber auch eine bessere Ausnutzung der Energie in Abgas möglich, indem dieses Abgas im Wärmetauscher zumindest teilweise rückgeführt wird, wobei in diesem Rückführungsbereich wiederum thermoelektrische Elemente angeordnet werden können. In diesem Fall hat sich die Anordnung der thermoelektrischen Elemente mit variablen Abstand zueinander, das heißt mit unterschiedlicher Belegungsichte über die Länge des Wärmetauschers, als vorteilhaft erwiesen, da die heißen Abgase über die Länge des Wärmetauschers allmählich abkühlen. Durch höhere Belegungsichten mit thermoelektrischen Elementen in kälteren Zonen kann trotzdem eine entsprechende Spannung erzielt werden, wobei aufgrund der geringeren Belegungsichte am Beginn des Wärmetauschers, das heißt im Eintrittsbereich der heißen Abgase, keine Spannungsspitzen auftreten. Es ist in diesem Fall auch möglich, dass der Wärmetauscher für die Führung der heißen Abgase mäanderförmig ausgeführt ist.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in schematisch vereinfachter Darstellung:

- Fig. 1 eine erste Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit streifenförmig angeordneten thermoelektrischen Elementen in Schrägansicht;
- 5 Fig. 2 eine Elementestreifen in Seitenansicht;
- Fig. 3 die Anordnung von thermoelektrischen Elementen an einem Wärmetauscher in Seitenansicht geschnitten;
- 10 Fig. 4 eine Ausführungsvariante der thermoelektrischen Elemente in Modulbauweise in Seitenansicht geschnitten;
- Fig. 5 eine Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit mäanderförmig ausgebildeten Wärmetauscherrohr in Seitenansicht geschnitten;
- 15 Fig. 6 einen Ausschnitt aus einem Thermogenerator in Explosionsdarstellung;
- Fig. 7 den Ausschnitt nach Fig. 1 mit einem zusätzlichen thermoelektrischen Element in Schrägansicht;
- 20 Fig. 8 die Draufsicht auf ein DCB-Substrat mit teilweise angeordneten thermoelektrischen Elementen;
- Fig. 9 eine Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Thermogenerators mit streifenförmig angeordneten thermoelektrischen Elementen in Schrägansicht;
- 25 Fig. 10 einen Elementestreifen in Seitenansicht;
- Fig. 11 die Anordnung von thermoelektrischen Elementen an einem Wärmetauscher in Seitenansicht geschnitten;
- 30 Fig. 12 eine Ausführungsvariante der thermoelektrischen Elemente in Modulbauweise in Seitenansicht geschnitten;

Fig. 13 eine Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit mäanderförmig ausgebildeten Wärmetauscherrohr in Seitenansicht geschnitten.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Thermogenerator 1 in Schrägansicht dargestellt. Dieser umfasst in der dargestellten Variante mehrere thermoelektrische Elemente 2, die streifenförmig unter Ausbildung von sechs Elementestreifen 3 angeordnet sind, wobei die thermoelektrischen Elemente 2 innerhalb eines Elementestreifens 3 miteinander verbunden sein können, sodass also die Elementestreifen 3 einstückig aus mehreren Teilen aufgebaut sein können. Einer der Elementestreifen 3 ist in Fig. 2 in Seitenansicht dargestellt. Die thermoelektrischen Elemente 2 bestehen aus einem Halbleitermaterial und sind p- und n-dotiert, wobei im Thermogenerator 1 bzw. in den Elementestreifen 3 eine Abfolge von abwechselnd p- und n-dotierten, thermoelektrischen Elementen 2 angeordnet ist. Es ist im Rahmen der Erfindung aber auch möglich, dass die Elementestreifen 3 aus jeweils einem thermoelektrischen Element 2 besteht, sodass also die Elementestreifen 3 jeweils nur p- oder n-dotiert sind. Bevorzugt weist aber ein Elementestreifen 3 zumindest ein p- und zumindest ein n-dotiertes thermoelektrisches Element 2 auf.

Es ist weiters nicht zwingend erforderlich, wenngleich bevorzugt, dass die Elementestreifen 3 gerade ausgeführt sind. Beispielsweise kann ein Elementestreifen 3 auch mäanderförmig ausgebildet sein.

Selbstverständlich kann der Thermogenerator 1 auch weniger oder mehr als sechs derartige Elementestreifen 3 aufweisen, also z.B. auch zwei, drei, vier, fünf, sieben, acht neun, zehn, etc.

5 Die thermoelektrischen Elemente 2 sind über Leitelemente 4 miteinander elektrisch leitend verbunden, wobei die Kontaktierung derart erfolgt, dass die thermoelektrischen Elemente 2 in Serie miteinander geschaltet sind. Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, erfolgt die Kontaktierung der thermoelektrischen Elemente 2 mit den Leitelementen 3 bevorzugt in distalen Endbereichen 5
10 der Elementestreifen 3. Die Kontaktierung kann aber auch in einem anderen Bereich der thermoelektrischen Elemente 2 angeordnet sein.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in Fig. 1 nur die Kontaktierung der Elementestreifen 3 miteinander dargestellt ist. Die Kontaktierung der thermoelektrischen Elemente 2, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, ist in Fig.1 aus Gründen der besseren Darstellung nicht ge-
15 zeigt.

Es ist weiters möglich, dass zwischen den thermoelektrischen Elementen 2 und den Leitelementen 4 eine oder mehrere Zwischenschichten angeordnet und mit diesen verbunden sind.

20 Es ist zudem möglich, dass die Kontaktierung der Elementestreifen 3 miteinander wie in Fig. 1 dargestellt wechselseitig oben und unten erfolgt oder diese Kontaktierungen jeweils an der selben Seite angeordnet sind, also nur oben oder nur unten, bezogen auf die relative Lage der Elementestreifen 3 in Fig. 1.

25 Innerhalb eines Elementestreifens 3 sind die einzelnen thermoelektrischen Elemente 2 seriell miteinander elektrisch leitend verbunden.

Zum Abgreifen der in den thermoelektrischen Elementen 2 erzeugten Spannung sind elektrische Leitungen 6, 7 in Form eines Plus-Pols 8 sowie eines Minus-Pols 9 vorgesehen, wobei
30 diese beiden Anschlüsse 5, 6 wiederum in den distalen Endbereichen 5 der Elementestreifen 3 angeordnet werden und, nachdem die thermoelektrischen Elemente 2 in Serie miteinander kontaktiert sind bzw. verbunden sind, sind diese Anschlüsse 5, 6 jeweils am ersten bzw. am letzten Elementestreifen 3 ausgebildet, wie in Fig. 1 dargestellt.

Die Leitelemente 4 sind mit den thermoelektrischen Elementen 2 bzw. Elementestreifen 3 elektrisch leitend verbunden. Bei der Auswahl der Verbindungsmethode bzw. Kontaktierungsmethode sowie der verwendeten Werkstoffe für die Leitelemente 4 ist selbstverständlich auf die am Einsatzort vorherrschende Temperatur Rücksicht zu nehmen, insbesondere wenn der Thermogenerator 1 vorzugsweise in einem Abgassystem eines Kraftfahrzeuges, beispielsweise vor oder nach dem Katalysator eines Abgassystems eines Kraftfahrzeuges, angeordnet wird, da in diesen Bereichen Temperaturen bis zu 700 °C vorherrschen können. Es muss jedenfalls eine Unterbrechung der Kontakte vermieden werden. Nachdem derartige Verwendungszwecke von thermoelektrischen Generatoren für Abgassysteme von Kraftfahrzeugen bereits bekannt ist, beispielsweise aus den eingangs genannten Dokumenten zum Stand der Technik, erübrigen sich hierzu weitere Ausführungen, da der Fachmann aufgrund seines Fachwissens entsprechende Werkstoffe und Verbindungsmethoden auswählen wird.

Bevorzugt weisen die thermoelektrischen Elemente 2 und in der Folge die Elementestreifen 3 wie in Fig. 1 dargestellt einen rechteckförmigen Querschnitt auf. Es besteht jedoch im Rahmen der Erfindung auch die Möglichkeit, wenngleich dies nicht die bevorzugte Ausführung ist, andere Querschnittsformen zu wählen, beispielsweise quadratische, sechseckige, achteckige, runde, etc.

Als Grundmaterial für die Herstellung der thermoelektrischen Elemente 2 wird bevorzugt ein Skutterudit bzw. eine Pulverzusammensetzung aus der Klasse der Skutterudite bzw. eine entsprechende Mischung aus den jeweiligen Elementen verwendet. Skutterudite weisen insbesondere im Hinblick auf die Temperaturbelastbarkeit gegenüber herkömmlichen Halbleitermaterialien den Vorteil auf, dass diese einer höheren Temperaturbelastung ausgesetzt werden können und zudem damit bessere Wirkungsgrade erzielt werden können.

Es ist im Rahmen der Erfindung mit dem Thermogenerator 1 möglich, Wirkungsgrade von bis annähernd bzw. knapp über 10 % zu erreichen, wohingegen mit thermoelektrischen Generatoren aus dem Stand der Technik bislang Wirkungsgrade um die 6 % erreicht wurden.

Je nach Ausbildung der thermoelektrischen Elemente 2 als p- oder n- Element wird dieses Grundmaterial aus der Klasse der Skutterudite entsprechend p- oder n-dotiert. Für die Dotie-

- 14 -

rung kann beispielsweise zumindest eines der Elemente Ba, Ca, Ce, Eu, Fe, Ge, In, La, Nd, Ni, Os, Pd, Pr, Pt, Ru, Sm, Sn, Sr, Te, Yb, verwendet werden.

Obwohl die Verwendung von Skutteruditen die bevorzugte Ausführungsvariante der Erfindung ist, besteht im Rahmen der Erfindung aber auch die Möglichkeit, andere Halbleitermaterialien, insbesondere für Temperaturanwendungen deutlich unterhalb von 700 °C, zu verwenden. Beispiele hierfür sind $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{Sb}_2\text{Te}_3$, PbTe-PbSe-PbS , (SiGe) , Chlathrate, wie zum Beispiel $\text{Ba}_8\text{Ga}_{16}\text{Ge}_{30}$, Zn_4Sb_3 , etc.

Die Elementestreifen 3 sind in einem Abstand 10 zueinander angeordnet. Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass dieser Abstand 10 über eine gesamte Länge 11, die in Fig. 1 mit einem Pfeil angedeutet ist und über die die einzelnen, Elementestreifen 3 verteilt angeordnet sind, nicht konstant ist, sondern verändert sich dieser Abstand 10 über diese Länge 11. Dabei ist zumindest einer der Abstände 10 zwischen zwei Elementestreifen 3 zu den weiteren Abständen 10 zwischen den Elementenstreifen 3 unterschiedlich, das heißt also im einfachsten Fall können bis auf einen der Abstände 10 die weiteren Abstände 10 konstant sein und lediglich einer der Abstände 10 unterschiedlich sein. In der bevorzugten Ausführung, das heißt abhängig vom Temperaturfeld, in dem der Thermogenerator 1 angeordnet wird, sind allerdings diese Abstände 10 generell variabel, sodass sich also diese Abstände 10, d.h. deren Werte, über die gesamte Länge 11 zwischen jedem der Elementestreifen 3 verändern. Insbesondere wird dabei der Abstand 10 zwischen zwei Elementestreifen 3 in jenem Bereich, in dem die Temperatur am größten ist, am größten sein und wird in Bereichen in denen aufgrund der Abkühlung der Wärmequelle, also beispielsweise der Abgase eines Kraftfahrzeugs, bereits niedrigere Temperaturen vorherrschen, auch der Abstand 10 entsprechend verringert. Mit anderen Worten ausgedrückt, wird die Dichte der Anordnung der Elementestreifen 3, und damit der thermoelektrischen Elemente 2, im Temperaturfeld der Wärmequelle über die Länge 11 des Thermogenerators 1 variiert, wobei im Bereichen relativ niedrigerer Temperatur eine höhere Dichte an thermoelektrischen Elementen 2 angeordnet wird als in Bereichen relativ hoher Temperatur. Es wird damit erreicht, dass die Wirtschaftlichkeit des Thermogenerators 1, das heißt der Wirkungsgrad des Thermogenerators 1, verbessert werden kann, indem nämlich Spannungsschwankungen aufgrund der Temperaturschwankungen im Thermogenerator 1 besser ausgeglichen werden können bzw. besser berücksichtigt werden können.

- 15 -

Neben der Ausbildung eines variablen Abstandes 10 zwischen den Elementestreifen 3 in x-Richtung besteht im Rahmen der Erfindung auch die Möglichkeit, dass alternativ oder zusätzlich dazu die Abstände in y-Richtung, also die Abstände zwischen den einzelnen thermoelektrischen Elementen 2, variiert werden.

5

Es ist weiters bevorzugt, nachdem die bevorzugte Verwendung des Thermogenerators 1 in einem Abgassystem eines Kraftfahrzeuges ist, dass die Elementestreifen 3 senkrecht, das heißt im zumindest annähernd rechten Winkel zur Flussrichtung der Abgase oder mit anderen Worten senkrecht auf die Längserstreckung, das heißt die Länge 11 des Thermogenerators 1, ausgerichtet sind, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist.

10

Die Fig. 3 zeigt eine Vorrichtung 12 die neben dem Thermogenerator 1 auch einen Wärmetauscher 13 als Wärmequelle für den Thermogenerator 1 umfasst. Im einfachsten Fall ist dieser Wärmetauscher 13 durch ein Wärmetauscherrohr bzw. einen Wärmetauscherprofil mit zumindest annähernd rechteckförmigem Querschnitt gebildet, wobei gemäß Pfeil 14 die die primäre Wärmequelle bildenden Abgase in dieses Wärmetauscherprofil eingeführt werden und dieses durchströmen. An der äußeren Oberfläche des Wärmetauschers 13, das heißt des Wärmetauscherprofils, sind die thermoelektrischen Elemente 2 des Thermogenerators 1 in Form der Elementestreifen 3 angeordnet, entsprechend den Ausführungen zum Thermogenerator 1 nach Fig. 1. Insbesondere können die Elementestreifen 3 mittels eines Verbindungsmittels 15 mit der Oberfläche des Wärmetauschers 13 bzw. des Wärmetauscherprofils thermisch leitend verbunden sein. Derartige Verbindungsmittel 15 sind aus dem Stand der Technik bekannt.

15

20

25

Auch bei dieser Ausführungsvariante der Erfindung wird erfindungsgemäß der Abstand 10 zwischen zwei Elementestreifen 3 in Flussrichtung der Abgase gemäß Pfeil 14 über die Länge 11 der Vorrichtung 12 variiert, wobei beim Eintritt der heißen Abgase (im linken Teil der Fig. 3) in den Wärmetauscher 13 der Abstand 10 größer gewählt wird als beim Austritt der Abgase (im rechten Teil der Fig. 3) aus dem Wärmetauscher 13.

30

Strichliert ist in Fig. 3 angedeutet, dass die Vorrichtung 12 zumindest annähernd zur Gänze mit einer Umhüllung 16 eingehaust sein kann, wodurch die thermoelektrischen Elemente 2 besser vor Umwelteinflüssen geschützt werden können. Insbesondere entsteht damit auch eine

Vorrichtung 12, die als gesamte Baueinheit in das Abgassystem eines Kraftfahrzeuges eingebaut werden kann, also beispielsweise in die Auspuffleitungen, bzw. kann diese Vorrichtung 12 sogar ein Teil einer Auspuffleitung eines Kraftfahrzeuges ersetzen, ähnlich dem Einbau eines Katalysators.

5

Im unteren Teil der Fig. 3 ist ein möglicher Temperaturverlauf über die Länge 11 der Vorrichtung 12 gezeigt. Dabei nimmt die Temperatur kurvenförmig ab. Für diese Ausführungsvariante ist es von Vorteil, dass wenn die Abstände 10 zwischen den einzelnen, Elementestreifen 3 über die Länge 11 mit einer Exponentialfunktion verändert werden.

10

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass auch andere Temperaturverläufe über die Länge 11 möglich sind. Gerade hier hat die Erfindung den Vorteil, dass aufgrund der streifenförmigen Anordnung der thermoelektrischen Elemente 2 eine variable Anordnung über die Länge 11 der Vorrichtung 12 möglich wird, das heißt also, dass die Abstände 10 entsprechend dem erwarteten Temperaturverlauf der Wärmequelle über die Länge 11 der Vorrichtung 12 angepasst werden können, sodass eine weitere Optimierung der Wirtschaftlichkeit der Vorrichtung 12 erreicht werden kann.

15

20

In einer Abwandlung dazu besteht die Möglichkeit, wie dies Fig. 2 zeigt, dass alternativ oder zusätzlich zur Einhausung der Vorrichtung 12 auch die einzelnen Elementestreifen 3 mit einer Umhüllung 17 versehen sein können.

25

In Fig. 4 ist ein Ausschnitt aus einer Vorrichtung 12 im Querschnitt gezeigt. Insbesondere sind dabei jeweils zwei Elementestreifen 3 des Thermogenerators 1 zu einem Modul zusammengefasst, wobei bei dieser Ausführungsvariante zwischen den Elementestreifen 3 eines Moduls, also in x-Richtung, ein Isolierelement 18 angeordnet ist, das bevorzugt den gesamten Bereich zwischen den Elementestreifen 3 ausfüllt. Das Isolierelement 18 besteht aus einem elektrisch und thermisch isolierenden Material, z.B. aus einer Keramik. Mit Hilfe des Isolierelementes 18 wird eine Reduktion der Wärmeabstrahlung von den thermoelektrischen Elementen 2 erreicht, wodurch der Wirkungsgrad des Thermogenerators 1 verbessert werden kann.

30

Alternativ oder zusätzlich dazu besteht auch die Möglichkeit, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist, dass zwischen den thermoelektrischen Elementen 2, also in y-Richtung, derartige Isolierelemente 18 angeordnet sind.

5 Die Vorrichtung 12 nach Fig. 4 umfasst zumindest zwei dieser Module, wobei gegebenenfalls der Bereich zwischen den Modulen bedarfsweise auch mit einem nicht dargestellten Isolierelement 16 ausgefüllt werden kann. Die Module selbst können wiederum über ein Verbindungsmittel 15 mit der Oberfläche des Wärmetauschers 12 verbunden sein. Ebenso erfolgt
10 eine Kontaktierung mittels der Leitelemente 4 zwischen den Modulen, wodurch insgesamt ein Aufbau entsteht, der zu jenem nach Fig. 1 ähnlich ist, also die thermoelektrischen Elemente 2 in ihrer Gesamtheit seriell miteinander verbunden sind.

Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es im Rahmen der Erfindung möglich ist, dass derartige Module nicht nur seriell sondern auch parallel elektrisch leitend miteinander
15 verbunden werden können, wobei auch Mischformen von seriell und parallel möglich sind.

Erfindungsgemäß kann aber ein Modul auch nur einen Elementestreifen 3 aufweisen, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist. Es ist also nicht zwingend notwendig, dass ein Modul mehrere Elementestreifen 3 umfasst.
20

Des Weiteren sei darauf hingewiesen, dass es selbstverständlich möglich ist, dass in der Vorrichtung 12 bzw. im Thermogenerator 1 einerseits mehr als zwei Module, beispielsweise drei, vier, fünf, sechs, etc., angeordnet werden, und andererseits dass ein Modul auch mehr als zwei Elementestreifen 3, beispielsweise drei, vier, fünf, sechs, etc., aufweisen kann.
25

Des Weiteren ist es möglich, dass die Module nicht nur die thermoelektrischen Elemente 2 und gegebenenfalls die Isolierelemente 18 umfassen, sondern eine komplette, modulare Bauweise der Vorrichtung 1 erfolgt, sodass die Module auch die Wärmetauscher 13 umfassen und in der späteren Anwendung die einzelnen Module entsprechend der Erfindung mit nicht konstantem Abstand 10 zwischen den Elementestreifen 3 über die Länge 11 in bzw. an einer
30 Wärmequelle, also beispielsweise dem Abgassystem eines Kraftfahrzeuges, angeordnet werden.

Fig. 5 zeigt schließlich eine Ausführungsvariante der Vorrichtung 12 bei der der Wärmetauscher 13 mäanderförmig ausgebildet ist, also das Wärmetauscherprofil zumindest eine Rückführung aufweist, wobei das Wärmetauscherprofil nach der Ausführungsvariante nach Fig. 5 in der dargestellten Querschnittsvariante S-förmig ausgebildet ist.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es im Rahmen der Erfindung möglich ist, dass der Wärmetauscher 13 mehrere Wärmetauscherprofile umfasst und an zumindest mehreren der Wärmetauscherprofile, bevorzugt an allen, thermoelektrische Elemente 2 angeordnet werden.

Mit der Ausführung nach Fig. 5 wird einerseits eine kompaktere Ausbildung der Vorrichtung 12 erreicht, wobei auch hier wiederum eine weitere Steigerung der Wirtschaftlichkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 12 erreicht werden kann, indem nämlich die Länge 11 (Fig. 1) der Vorrichtung 12 entsprechend verlängert wird und damit mehr thermoelektrische Elemente 2 in der Vorrichtung 12 angeordnet werden können.

Es sei darauf hingewiesen, dass die thermoelektrischen Elemente 2 in Fig. 5 nur mehr in der modularen Bauweise nach Fig. 4 angedeutet sind und sei zu Einzelheiten hierzu beispielsweise auf die Ausführungsvariante nach Fig. 4 oder Fig. 1 verwiesen.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die thermoelektrischen Elemente 2 bzw. die Module nicht nur in Flussrichtung der Abgase gemäß Pfeil 14 hintereinander angeordnet werden, sondern dass wie dies in Fig. 5 strichliert dargestellt ist, derartige Module bzw. Elementestreifen 3 auch übereinander angeordnet werden. Dabei können die Module direkt aneinander anliegen oder auch beabstandet zueinander angeordnet werden. Eine derartige Anordnungsmöglichkeit besteht sowohl beim Thermogenerator 1 als auch in der Vorrichtung 12.

Es besteht auch hier die Möglichkeit einer Umhüllung 16 der gesamten Vorrichtung 12, wie dies in Fig. 5 strichpunktiert angedeutet ist.

Es ist im Rahmen der Erfindung auch möglich, dass die Module selbst zumindest teilweise eingehaust werden, wie dies in Fig. 4 mit der teilweisen Anordnung der Umhüllung 16 an den Modulen angedeutet ist, wobei in der speziellen Ausführungsvariante nach Fig. 4 die Umhül-

- 19 -

lung 16 sich über zumindest einen Teil beider dargestellter Module erstreckt. Es besteht jedoch im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass jedes Modul für sich selbst zumindest teilweise eine derartige Umhüllung 16 aufweist, die an den entsprechenden Stellen zur Kontaktierung, das heißt zur elektrisch leitenden Verbindung der einzelnen Module miteinander entsprechende Ausnehmungen aufweisen können, um die elektrischen Leitelemente 4 anzuordnen.

Die Umhüllung 16 kann beispielsweise aus Kunststoff, einer Keramik oder bevorzugt aus Metall oder aus Kombinationen dieser Materialien bestehen.

Bevorzugt weisen die thermoelektrischen Elemente 2 eine Höhe 19 (Fig. 1) von mindestens 1 mm auf. Diese Höhe 19 ist dabei senkrecht orientiert zur gesamten Länge 11 der Vorrichtung 12 bzw. des Thermogenerators 1, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist.

Eine Querschnittsfläche der thermoelektrischen Elemente 2 in Richtung auf eine kontaktierte Stirnfläche der thermoelektrischen Elemente 2 betrachtet, beträgt bevorzugt mindestens 4 mm².

Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsvariante ist ein Verhältnis der Höhe 19 in Millimeter zur Querschnittsfläche in Quadratmillimeter der thermoelektrischen Elemente 2 ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 : 100 und einer oberen Grenze von 4 : 1, wobei das Verhältnis jeweils dimensionslos zu betrachten ist.

Es besteht weiters die Möglichkeit, dass die thermoelektrischen Elemente 2 und/oder die Elementestreifen 3 einen unterschiedlichen Querschnitt aufweisen, also beispielsweise der Querschnitt der einzelnen thermoelektrischen Elemente 2 oder der Elementestreifen 3 in Richtung der Länge 11 der Vorrichtung 12 bzw. des Thermogenerators 1 größer wird.

Ergänzend sei angemerkt, dass in Sinne der Erfindung unter einem Elementestreifen 3 ein Element verstanden wird, dessen Länge mindestens zweimal, bevorzugt mindestens viermal, insbesondere sechsmal, so groß ist wie die kleinste, den Querschnitt des Elementes definierende Abmessung. Bei einer Kantenlänge von 1,5 mm eines rechteckförmigen Querschnittes (es ist hier im Sinne der Definition die kürzere Kantenlänge der beiden Kantenlängen ge-

meint) kann also die Länge zumindest 3 mm betragen. Es weist also der Streifen eine deutliche Längserstreckung auf.

Es ist weiters zur Steigerung des Wirkungsgrades möglich, dass ein weiterer Wärmetauscher mit zumindest einer Kühlmittleitung angeordnet ist.

Bevorzugt werden die thermoelektrischen Elemente 2 bzw. der Thermogenerator 1 unter Ausnutzung des Seebeck-Effektes betrieben, wodurch bekanntlich durch die unterschiedliche Temperatur an den verschiedenen Halbleitermaterialien eine elektrische Spannung erzeugt wird. Es besteht bei derartigen thermoelektrischen Elementen 2 aber immer auch die Möglichkeit, dass diese unter Ausnutzung des Peltier-Effektes betrieben werden, dass also Strom zugeführt wird und damit eine Abkühlung der Umgebung der thermoelektrischen Elemente 2 erreicht wird.

Obwohl die thermoelektrischen Elemente 2 prinzipiell nach aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren hergestellt werden können, werden diese bevorzugt über ein Sinterverfahren werkzeugfallend hergestellt, sodass keine bzw. nur eine minimale Nachbearbeitung der Elemente 2 erforderlich ist. Es wird dazu auf die von der Anmelderin am selben Tag beim österreichischen Patentamt eingereichte Anmeldung mit dem Titel „Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Elementes“ verwiesen, die in diesem Umfang des Sinterverfahrens zur Offenbarung gegenständlicher Erfindung zählt, insbesondere die Ausführungen zum um 90 ° zur Pressrichtung verdrehten Anordnung der Elemente 2 im Thermogenerator 1 bzw. der Vorrichtung 12.

Die Fig. 6 und 7 zeigen einen Ausschnitt aus einer bevorzugten Ausführungsvariante eines Thermogenerators 101 in Explosionsdarstellung bzw. Schrägansicht. Dieser Thermogenerator 101 umfasst mehrere thermoelektrische Elemente 102. In den Fig. 6 bzw. 7 sind zur besseren Darstellung lediglich eines bzw. zwei derartige thermoelektrischen Elemente dargestellt. Obwohl es im Rahmen der Erfindung möglich ist, dass der Thermogenerator 101 nur zwei dieser thermoelektrischen Elemente 102 aufweist, ist es aus Gründen der erzielbaren Leistung bevorzugt, dass der Thermogenerator 101 mehr als zwei thermoelektrischen Elemente 102 aufweist, wobei sich die genaue Anzahl an thermoelektrischen Elementen 102 nach der gewünschten elektrischen Spannung richtet. Beispielsweise kann der Thermogenerator 101 ein

Array an thermoelektrischen Elementen 102 aufweisen, das zwischen 20 und 300 thermoelektrische Elemente 102 aufweist.

Als Grundmaterial für die Herstellung der thermoelektrischen Elemente 102 wird bevorzugt ein Skutterudit bzw. eine Pulverzusammensetzung aus der Klasse der Skutterudite bzw. eine entsprechende Mischung aus den jeweiligen Elementen verwendet. Skutterudite weisen insbesondere im Hinblick auf die Temperaturbelastbarkeit gegenüber herkömmlichen Halbleitermaterialien den Vorteil auf, dass diese einer höheren Temperaturbelastung ausgesetzt werden können und zudem damit bessere Wirkungsgrade erzielt werden können.

Es ist im Rahmen der Erfindung mit dem Thermogenerator 101 möglich, Wirkungsgrade von bis annähernd bzw. knapp über 10 % zu erreichen, wohingegen mit thermoelektrischen Generatoren aus dem Stand der Technik bislang Wirkungsgrade um die 6 % erreicht wurden.

Je nach Ausbildung der thermoelektrischen Elemente 102 als p- oder n- Element wird dieses Grundmaterial aus der Klasse der Skutterudite entsprechend p- oder n-dotiert. Für die Dotierung kann beispielsweise zumindest eines der Elemente Ba, Ca, Ce, Eu, Fe, Ge, In, La, Nd, Ni, Os, Pd, Pr, Pt, Ru, Sm, Sn, Sr, Te, Yb, verwendet werden.

Obwohl die Verwendung von Skutteruditen die bevorzugte Ausführungsvariante der Erfindung ist, besteht im Rahmen der Erfindung aber auch die Möglichkeit, andere Halbleitermaterialien, insbesondere für Temperaturanwendungen deutlich unterhalb von 700 °C, zu verwenden. Beispiele hierfür sind $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{Sb}_2\text{Te}_3$, PbTe-PbSe-PbS , (SiGe) , Chlatriate, wie zum Beispiel $\text{Ba}_8\text{Ga}_{16}\text{Ge}_{30}$, Zn_4Sb_3 , etc.

Vorzugsweise werden die thermoelektrischen Elemente 102 nach einem Sinterverfahren hergestellt. Dazu können diese als bereits fertige Elemente hergestellt oder aus einem größeren Sinterblock bzw. einer Sinterscheibe herausgeschnitten werden.

Der Thermogenerator umfasst weiters ein Substrat 103 auf dem die thermoelektrischen Elemente 102 angeordnet werden. Dieses Substrat 103 ist insbesondere ebenflächig ausgebildet und besteht bevorzugt aus einer Keramik. Beispielsweise kann das Substrat 103 durch zumindest eine Keramik ausgewählt aus einer Gruppe umfassend oder bestehend aus Al_2O_3 , AlN ,

Si_3N_4 und Glaskeramiken, gebildet sein. In der bevorzugten Ausführung des Thermogenerators 1 besteht das Substrat 103 aus Al_2O_3 .

Das Substrat 103 ist bevorzugt auf zumindest einer Oberfläche 104 mit einer metallischen Schicht 105 versehen, vorzugsweise auch auf der der Oberfläche 104 gegenüberliegenden Oberfläche 106. Die metallische Schicht 105 ist durch Kupfer bzw. eine Kupferlegierung gebildet. Die metallische(n) Schicht(en) 105 sind insbesondere unmittelbar auf dem Substrat 103 aufgebracht, beispielsweise durch bedampfen des Substrats 103.

Das Substrat 103 kann eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 mm, insbesondere 0,3 mm und einer oberen Grenze von 2 mm, insbesondere 1,5 mm.

Die metallische Schicht 105 kann eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 mm und einer oberen Grenze von 0,5 mm, insbesondere 0,3 mm.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist das Substrat 103 durch ein DCB-Substrat (DCB = Direct copper bonded) gebildet, wie diese aus der Halbleitertechnik bekannt sind.

Zwischen den thermoelektrischen Elementen 102 und dem Substrat 103 ist vorzugsweise an einer Bodenfläche der thermoelektrischen Elemente 102 eine Diffusionssperrschicht 107 angeordnet. Die Diffusionssperrschicht 107 kann in direktem Kontakt mit dem jeweiligen thermoelektrischen Element 103 stehen. Dazu kann das thermoelektrische Element 102 mit der dem Werkstoff für die Diffusionssperrschicht 107 beschichtet werden, beispielsweise durch ein PVD-Verfahren, wie z.B. Magnetronspütern, Atomlagenabscheidung (ALD), Laserablation. Als Werkstoff für die Diffusionssperrschicht 107 wird vorzugsweise ein Material ausgewählt aus einer Gruppe umfassend bzw. bestehend aus Nb, Ni, W, Mo, Ru, Pd, Ti, Ta verwendet. Vorzugsweise besteht die Diffusionssperrschicht 107 aus Nitriden dieser Elemente.

Die Diffusionssperrschicht 107 kann eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 60 nm und einer oberen Grenze von 100 μm .

Das thermoelektrische Element 102 wird, gegebenenfalls mit der angeordneten Diffusions-
sperrschicht 107, mit dem Substrat 103, das die Kaltseite des Thermogenerators 101 darstellt,
über eine zwischen dem thermoelektrischen Element 102 und dem Substrat 103 angeordnete
Verbindungsschicht 108 verbunden. Diese Verbindungsschicht 108 kann als Lötsschicht durch
5 Löten oder durch NVT-Technik (Niedertemperaturverbindungstechnik) hergestellt sein. Der
Werkstoff für die Verbindungsschicht 108 kann an die jeweiligen Werkstoffe der weiteren
Schichten des Thermogenerators angepasst sein, beispielsweise aus einer Mo-Cu-, einer Fe-
Ni- oder einer Ni-Ti-Legierung gebildet sein.

10 Die Verbindungsschicht 108 kann eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Be-
reich mit einer unteren Grenze von 10 μm und einer oberen Grenze von 300 μm .

Auf der, der dem Substrat 103 gegenüberliegenden Heißeite werden jeweils zwei nebenei-
nander angeordnete thermoelektrische Elemente 102 des Thermogenerators 101 über ein Lei-
15 telement 109 elektrisch leitend miteinander verbunden.

Die elektrisch leitende Verbindung jeweils zweier nebeneinander angeordneter thermoelekt-
rischer Elemente 102 an der Kaltseite im Bereich des Substrats 103 erfolgt bei der dargestellten
Ausführungsvariante über die metallische Schicht 105, insbesondere über einer Kupfer-
20 schicht. Die elektrisch leitende Verbindung erfolgt dabei so, dass die thermoelektrischen Ele-
mente 102 in Serie geschaltet sind, d.h. dass die jeweils zwei nebeneinander angeordnete
thermoelektrischen Elemente 102 alternierend an der Kaltseite und der Heißeite elektrisch
leitend verbunden werden.

25 Als Werkstoff für das Leitelement 109 kann ein Metall oder eine metallische Legierung ver-
wendet werden, das bzw. die ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend bzw. bestehend aus
Mo, Cu, $\text{Mo}_{50}\text{Cu}_{50}$, $\text{Mo}_{70}\text{Cu}_{30}$, Fe-Ti-Legierungen, Fe-Ni-Legierungen. Vorzugsweise besteht
das Leitelement 109 aus $\text{Mo}_{65}\text{Cu}_{35}$ oder aus einer Ni-Ti- Legierung oder einer Fe-Ni-
Legierung., insbesondere mit einer Oxidationsschutzbeschichtung Bevorzugt werden dabei
30 Ni-Ti- Legierungen oder einer Fe-Ni-Legierungen verwendet die einen Wäremausdehnungs-
koeffizienten von maximal $10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ und/oder eine elektrische Leitfähigkeit von mindes-
tens $4 \times 10^4 \text{ } \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ und/oder eine Wärmeleitfähigkeit von mindestens 15 W/mK aufweist. Bei-
spielsweise kann eine $\text{Fe}_{50}\text{Ni}_{50}$ verwendet werden.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Oxidationsschutzbeschichtung eines Leitelementes 109 eine für sich eigenständige Erfindung darstellen kann, unabhängig davon, wie der Thermogenerator 101 weiter aufgebaut ist bzw. welche Werkstoffe für die einzelnen Schichten verwendet werden. Insbesondere ist in diesem Fall die Verbindung des Leitelementes 109 über eine Kleberschicht oder eine aufgespritzte Schicht oder eine nach einer Niedertemperaturverbindungstechnik hergestellte Schicht zwar vorteilhaft aber nicht zwingend erforderlich. Mit anderen Worten ausgedrückt stellt ein mit der Oxidationsschutzbeschichtung bzw. zumindest einer Oxidationsschutzschicht versehenes Leitelement 109 für Thermogeneratoren 101 eine eigenständige Erfindung dar.

Das Leitelement 109 kann eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 mm und einer oberen Grenze von 1,5 mm.

Die Verbindung des Leitelementes 109 erfolgt gemäß einer ersten Ausführungsvariante über einen Kleber 110 der eine Kleberschicht 111 ausbildet. Der Kleber 110 kann beispielsweise aus einer anorganischen Bindermasse bestehen, in der Silberpartikel enthalten sind. Insbesondere wird ein Hochtemperaturkleber verwendet. Besonders bevorzugt wird als Kleber 110 Pyroduct[®] verwendet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante wird ein Kleber 110 verwendet, der zum Abbinden bzw. Härten Sauerstoff benötigt, wie beispielsweise Pyroduct[®].

Um einen Spannungsbruch der Kleberschicht 111 besser vermeiden zu können, wird bevorzugt ein Kleber 110 verwendet, dessen thermischer Expansionskoeffizient einen Wert von maximal $\pm 20\%$, insbesondere maximal $\pm 10\%$, des thermischen Expansionskoeffizienten des Werkstoffes der thermoelektrischen Elemente 102 aufweist.

Die Kleberschicht 111 kann eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 10 μm und einer oberen Grenze von 300 μm .

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante wird das Leitelement 109 mittels eines, insbesondere thermischen, Spritzverfahrens, wie z.B. Plasmaspritzen, Flamm-spritzen, HVOF, Plasmapräzisionsspritzen, oder Kombinationen dieser Verfahren, oder mittels Niedertemperatur-

verbindungstechnik, wie z.B. Silbersintern, direkt auf die zu verbindenden thermoelektrischen Elemente 102 auf deren Deckfläche aufgespritzt. Da die thermischen Spritzverfahren prinzipiell bekannt sind, sei zu weiteren Einzelheiten dazu auf die einschlägige Literatur verwiesen.

- 5 Das Leitelement 109 kann in diesem Fall eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 mm und einer oberen Grenze von 2 mm.

Es ist weiters möglich, dass zwischen der Kleberschicht 111 bzw. dem gespritzten Leitelement 109 eine Diffusionssperrschicht 112 angeordnet ist, die mit dem thermoelektrischen Element 102 und der Kleberschicht 111 bzw. dem Leitelement 109 verbunden ist. Diese Diffusionssperrschicht 112 kann gleich aufgebaut sein wie voranstehend beschriebene Diffusionssperrschicht 107 zwischen der Verbindungsschicht 108 und dem thermoelektrischen Element 102 auf der Kaltseite. Es ist jedoch bevorzugt, nachdem die Diffusionssperrschicht 112 auf der Heißeite des Thermogenerators 101 angeordnet ist, dass diese aus einem Werkstoff besteht, der ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend bzw. bestehend aus Nb, Ni, W, Mo, Ru, Pd, Ti, Ta. Insbesondere werden Nitride dieser Elemente für die Diffusionsschicht 112 verwendet. Die Herstellung der Diffusionsschicht 112 kann durch direktes Beschichten der dem Leitelement 109 zugewandten Oberfläche, d.h. der Deckfläche, des thermoelektrischen Elementes 102 erfolgen, beispielsweise durch ein PVD-Verfahren, Sputtern, Atomlagenabscheidung (ALD), Laserablation.

An zumindest einer der zwischen der Bodenfläche und der Deckfläche des thermoelektrischen Elementes 102 liegenden Seitenfläche 113 bis 116, bevorzugt an allen, kann eine Oxidationssperrschicht 117 und/oder Sublimationssperrschicht angeordnet, insbesondere mit dem thermoelektrischen Element 102 verbunden sein.

Die Oxidationssperrschicht 117 und/oder Sublimationssperrschicht kann aus einem Werkstoff bestehen, der ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend bzw. bestehend aus Cr, Si, Al_2O_3 , ZrO_2 , Al_2TiO_3 , NbN, TaN, WN und Kombinationen daraus. Insbesondere wird Al_2O_3 verwendet.

Es ist weiters möglich dass die Oxidationssperrschicht 117 gleichzeitig die Sublimationssperrschicht bildet, also nicht zwei getrennte Schichten auf das thermoelektrische Element 102 aufgebracht werden. In diesem Fall kann die Oxidationssperrschicht aus Al_2O_3 bestehen.

Die Oxidationssperrschicht 117 und/oder die Sublimationssperrschicht kann bzw. können eine Schichtdicke aufweisen, die (jeweils) ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 60 nm und einer oberen Grenze von 300 μm . Die Oxidationssperrschicht 117 und/oder die Sublimationssperrschicht kann bzw. können beispielsweise mit einem der genannten Verfahren oder z.B. mit Elektronenstrahlbedampfen hergestellt werden

Obwohl sich die Oxidationssperrschicht 117 und/oder die Sublimationssperrschicht bei der Darstellung in Fig. 2 nur über einen Teilbereich der Höhe der thermoelektrischen Elemente 102 erstreckt, besteht selbstverständlich die Möglichkeit, dass sich diese Schicht(en) über die gesamte Höhe der thermoelektrischen Elemente 102 erstreckt bzw. erstrecken.

Fig. 8 zeigt eine Draufsicht auf ein Substrat 103, vorzugsweise ein DCB-Substrat, mit darauf angeordneten thermoelektrischen Elementen 102. Die Verbindung der thermoelektrischen Elemente 102 erfolgt bevorzugt wie zu den Fig. 6 und 7 beschrieben über die nicht dargestellte Verbindungsschicht 108, gegebenenfalls unter Zwischenanordnung der Diffusionssperrschicht 107. Generell sei hinsichtlich des Aufbaus und der Anordnung der einzelnen weiteren Schichten des mit diesem Substrat 103 mit den thermoelektrischen Elementen 102 gebildeten Thermogenerators 101, die in Fig. 8 ebenfalls aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt sind, also dem Leitelement 109, der Kleberschicht 111, der Diffusionssperrschicht 112, der Oxidationssperrschicht 117 und/oder der Sublimationsschicht, sowie der auf der Kaltseite gegebenenfalls angeordneten metallischen Schicht 105, auf voranstehende Ausführungen verwiesen, und können diese Ausführungen auf diese Ausführungsvariante entsprechend angewandt werden.

Die thermoelektrischen Elemente 102 sind bei der Ausführungsvariante nach Fig. 3 in Form von Reihen 118 angeordnet, wobei auf dem Substrat 103 ein Mehrzahl an Reihen 118 nebeneinander angeordnet sind. Beispielsweise können 36 thermoelektrische Elemente 102 auf dem Substrat 103 angeordnet werden, die auf 6 Reihen 118 aufgeteilt sind. Diese Angaben haben

aber in Hinblick auf die Erfindung nur beispielhaften Charakter, sodass auch eine dazu unterschiedliche Anzahl an thermoelektrischen Elementen 102 vorhanden sein kann.

Die einzelnen thermoelektrischen Elemente 102 können dabei zur Gänze in Serie geschaltet
5 sein, sodass also die thermoelektrischen Elemente 102 einen mäanderförmigen Verlauf aufweisen.

Andererseits besteht auch die Möglichkeit, dass die thermoelektrischen Elemente 102 innerhalb einer Reihe 118 seriell verbunden geschaltet sind, dass aber die Reihen 118 zueinander
10 parallel geschaltet werden.

Je nach der gewählten Schaltung – ausschließlich seriell oder in Kombination mit parallel – sind an dem Substrat 103 eine unterschiedliche Anzahl an Außenkontakten in Form eines Pluspols 119 und eines Minuspols 120 vorhanden. Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsvariante weist das Substrat 103 einen Pluspol 119 (rechts) und einen Minuspol 120
15 (links) auf. Vorzugsweise sind die beiden Außenkontakt auf derselben Seite des Substrats 103 angeordnet, es besteht aber auch die Möglichkeit, dass einer der Pole auf einer anderen, beispielsweise der gegenüberliegenden, Seite angeordnet ist. Die beiden Pole bestehen aus einem Metall oder einer metallischen Legierung, insbesondere aus Cu oder einer Cu-Legierung.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass die beiden Pole elektrisch leitend mit den thermoelektrischen Elementen 102 verbunden sind.

Des Weiteren sei der Vollständigkeit halber angemerkt, dass – wie dies aus dem Stand der
25 Technik bekannt ist - abwechselnd p- und n-dotierte thermoelektrische Elemente 102 angeordnet und elektrisch leitend miteinander verbunden werden.

In der bevorzugten Ausführung des Substrates 103 weist dieses zwischen den Reihen 118 an thermoelektrischen Elementen 102 aus voranstehend genannten Gründen Ausnehmungen 121
30 auf, insbesondere Durchbrüche. Diese Ausnehmungen 121 sind insbesondere schlitzförmig ausgebildet, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Prinzipiell können diese Ausnehmungen 121 aber auch eine andere Form aufweisen. Von Vorteil ist dabei, wenn die geschlossenen Eckbereich 122 im Schlitzgrund gerundet oder mit einer Querschnittserweiterung ausgeführt sind,

wobei ein Rundungsradius ausgewählt sein kann aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,2 mm und einer oberen Grenze von 1 mm. Die Querschnittserweiterung kann beispielsweise in Form einer Bohrung ausgeführt sein, die einen Durchmesser aufweist, der größer ist als die Breite des Schlitzes. Prinzipiell sind auch andere Formen der Querschnittserweiterung möglich, wobei bevorzugt runde Formen, also beispielsweise auch ovale, verwendet werden. Im Wesentlichen erhält also das Substrat durch die schlitzförmigen Ausnehmungen 121 ebenfalls in Draufsicht ein mäanderförmiges Aussehen.

Durch diese Ausführungsvariante wird ein Thermogenerator 101 zur Verfügung gestellt, der aufgrund der auf dem Substrat 103 auf der Kaltseite angeordneten thermoelektrischen Elemente 102 eine gute Hantierbarkeit aufweist, und zudem durch die Skelettstruktur auf der Heißeite – die thermoelektrischen Elemente 102 sind hier nur über die Leitelemente 109 miteinander in Verbindung, wodurch eine offene Struktur auf der Heißeite entsteht - thermische Ausdehnungen des Thermogenerators 101 ermöglicht, wodurch die Gefahr der Beschädigung des Thermogenerators 101 verringert wird.

In Fig. 9 ist ein erfindungsgemäßer Thermogenerator 101 in Schrägansicht dargestellt. Dieser umfasst in der dargestellten Variante mehrere p- und n-dotierte thermoelektrische Elemente 102, die streifenförmig unter Ausbildung von sechs Elementestreifen 123 angeordnet sind, wobei die thermoelektrischen Elemente 102 innerhalb eines Elementestreifens 123 miteinander verbunden sein können, sodass also die Elementestreifen 123 einstückig aus mehreren Teilen aufgebaut sein können. Einer der Elementestreifen 123 ist in Fig. 10 in Seitenansicht dargestellt.

Es ist aber auch möglich, dass die Elementestreifen 123 aus jeweils einem thermoelektrischen Element 102 besteht, sodass also die Elementestreifen 123 jeweils nur p- oder n-dotiert sind.

Selbstverständlich kann der Thermogenerator 101 auch weniger oder mehr als sechs derartige Elementestreifen 123 aufweisen, also z.B. auch zwei, drei, vier, fünf, sieben, acht neun, zehn, etc.

Die thermoelektrischen Elemente 102 sind über die Leitelemente 109 in Serie miteinander elektrisch leitend verbunden. Wie aus Fig. 9 ersichtlich ist, erfolgt die Kontaktierung der

thermoelektrischen Elemente 102 mit den Leitelementen 109 bevorzugt in distalen Endbereichen 124 der Elementestreifen 123. Die Kontaktierung kann aber auch in einem anderen Bereich der thermoelektrischen Elemente 102 angeordnet sein.

5 Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in Fig. 6 nur die Kontaktierung der Elementestreifen 123 miteinander dargestellt ist. Die Kontaktierung der thermoelektrischen Elemente 102 kann wie voranstehend zu den Fig. 6 und 7 beschrieben erfolgen.

10 Es ist zudem möglich, dass die Kontaktierung der Elementestreifen 123 miteinander, wie in Fig. 9 dargestellt, wechselweise oben und unten erfolgt oder diese Kontaktierungen jeweils an derselben Seite angeordnet sind, also nur oben oder nur unten, bezogen auf die relative Lage der Elementestreifen 123 in Fig. 9.

15 Innerhalb eines Elementestreifens 123 sind die einzelnen thermoelektrischen Elemente 102 seriell miteinander elektrisch leitend verbunden.

Zum Abgreifen der in den thermoelektrischen Elementen 102 erzeugten Spannung sind der Pluspol 119 sowie der Minuspol 120 vorgesehen.

20 Bevorzugt weisen die thermoelektrischen Elemente 102 und in der Folge die Elementestreifen 123, wie z.B. in den Fig. dargestellt einen rechteckförmigen Querschnitt auf. Es besteht jedoch im Rahmen der Erfindung auch die Möglichkeit, wenngleich dies nicht die bevorzugte Ausführung ist, andere Querschnittsformen zu wählen, beispielsweise quadratische, sechseckige, achteckige, runde, etc.

25 Es ist weiters bevorzugt, nachdem die bevorzugte Verwendung des Thermogenerators 101 in einem Abgassystem eines Kraftfahrzeuges ist, dass die Elementestreifen 123 und/oder die thermoelektrischen Elemente 102 senkrecht, das heißt im zumindest annähernd rechten Winkel zur Flussrichtung der Abgase oder mit anderen Worten senkrecht auf die Längserstreckung, das heißt die Länge des Thermogenerators 101, ausgerichtet sind, wie dies in Fig. 9 dargestellt ist.

30

Es ist auch möglich in der voranstehend beschriebenen Ausführungsform des Thermogenerators 101 mit geschlitztem DCB-Substrat zwischen den einzelnen Reihen – in Längsrichtung der schlitzförmigen Ausnehmungen 121 betrachtet - von thermoelektrischen Elementen 102 unterschiedliche Abstände zu verwenden. Beispielsweise können dabei auch die schlitzförmigen Ausnehmungen 121 zumindest teilweise eine unterschiedliche Schlitzbreite aufweisen.

Die Fig. 11 zeigt eine Vorrichtung 125 die neben dem Thermogenerator 101 auch einen Wärmetauscher 126 als Wärmequelle für den Thermogenerator 101 umfasst. Im einfachsten Fall ist dieser Wärmetauscher 126 durch ein Wärmetauscherrohr bzw. einen Wärmetauscherprofil mit zumindest annähernd rechteckförmigem Querschnitt gebildet, wobei gemäß Pfeil 127 die die primäre Wärmequelle bildenden Abgase in dieses Wärmetauscherprofil eingeführt werden und dieses durchströmen. An der äußeren Oberfläche des Wärmetauschers 126, das heißt des Wärmetauscherprofils, sind die thermoelektrischen Elemente 102 des Thermogenerators 101 in Form der Elementestreifen 123 angeordnet. Insbesondere können die Elementestreifen 123 mittels eines Verbindungsmittels 128 mit der Oberfläche des Wärmetauschers 126 bzw. des Wärmetauscherprofils thermisch leitend verbunden sein. Derartige Verbindungsmittel 128 sind aus dem Stand der Technik bekannt.

Strichliert ist in Fig. 11 angedeutet, dass die Vorrichtung 125 zumindest annähernd zur Gänze mit einer Umhüllung 129 eingehaust sein kann, wodurch die thermoelektrischen Elemente 102 besser vor Umwelteinflüssen geschützt werden können. Insbesondere entsteht damit auch eine Vorrichtung 125, die als gesamte Baueinheit in das Abgassystem eines Kraftfahrzeuges eingebaut werden kann, also beispielsweise in die Auspuffleitungen, bzw. kann diese Vorrichtung 125 sogar ein Teil einer Auspuffleitung eines Kraftfahrzeuges ersetzen, ähnlich dem Einbau eines Katalysators.

In einer Abwandlung dazu besteht die Möglichkeit, wie dies Fig. 10 zeigt, dass alternativ oder zusätzlich zur Einhausung der Vorrichtung 125 auch die einzelnen Elementestreifen 123 mit einer Umhüllung 130 versehen sein können.

In Fig. 12 ist ein Ausschnitt aus einer Vorrichtung 125 im Querschnitt gezeigt. Insbesondere sind dabei jeweils zwei Elementestreifen 123 des Thermogenerators 101 zu einem Modul zusammengefasst, wobei bei dieser Ausführungsvariante zwischen den Elementestreifen 123

eines Moduls ein Isolierelement 131 angeordnet ist, das bevorzugt den gesamten Bereich zwischen den Elementestreifen 123 ausfüllt. Das Isolierelement 131 besteht aus einem elektrisch und thermisch isolierenden Material, z.B. aus einer Keramik. Mit Hilfe des Isolierelementes 131 wird eine Reduktion der Wärmeabstrahlung von den thermoelektrischen Elementen 102 erreicht, wodurch der Wirkungsgrad des Thermogenerators 101 verbessert werden kann.

Alternativ oder zusätzlich dazu besteht auch die Möglichkeit, wie dies in Fig. 10 dargestellt ist, dass zwischen den thermoelektrischen Elementen 102 derartige Isolierelemente 131 angeordnet sind.

Die Vorrichtung 125 nach Fig. 12 umfasst zumindest zwei dieser Module, wobei gegebenenfalls der Bereich zwischen den Modulen bedarfsweise auch mit einem nicht dargestellten Isolierelement 131 ausgefüllt werden kann. Die Module selbst können wiederum über ein Verbindungsmittel 128 mit der Oberfläche des Wärmetauschers 126 verbunden sein. Ebenso erfolgt eine Kontaktierung mittels der Leitelemente 109 zwischen den Modulen, wodurch die thermoelektrischen Elemente 102 in ihrer Gesamtheit seriell miteinander verbunden sind.

Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es im Rahmen der Erfindung möglich ist, dass derartige Module nicht nur seriell sondern auch parallel elektrisch leitend miteinander verbunden werden können, wobei auch Mischformen von seriell und parallel möglich sind.

Ein Modul kann aber auch nur einen Elementestreifen 123 aufweisen, wie dies in Fig. 10 dargestellt ist. Es ist also nicht zwingend notwendig, dass ein Modul mehrere Elementestreifen 123 umfasst.

Des Weiteren sei darauf hingewiesen, dass es selbstverständlich möglich ist, dass in der Vorrichtung 125 bzw. im Thermogenerator 101 einerseits mehr als zwei Module, beispielsweise drei, vier, fünf, sechs, etc., angeordnet werden, und andererseits dass ein Modul auch mehr als zwei Elementestreifen 123, beispielsweise drei, vier, fünf, sechs, etc., aufweisen kann.

Des Weiteren ist es möglich, dass die Module nicht nur die thermoelektrischen Elemente 102 und gegebenenfalls die Isolierelemente 131 sowie den voranstehend zu den Fig. 6 bis 8 be-

schriebenen Schichtaufbau umfassen, sondern eine komplette, modulare Bauweise der Vorrichtung 125 erfolgt, sodass die Module auch die Wärmetauscher 126.

Fig. 13 zeigt schließlich eine Ausführungsvariante der Vorrichtung 125 bei der der Wärmetauscher 126 mäanderförmig ausgebildet ist, also das Wärmetauscherprofil zumindest eine Rückführung aufweist, wobei das Wärmetauscherprofil nach der Ausführungsvariante nach Fig. 13 in der dargestellten Querschnittsvariante S-förmig ausgebildet ist.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es im Rahmen der Erfindung möglich ist, dass der Wärmetauscher 126 mehrere Wärmetauscherprofile umfasst und an zumindest mehreren der Wärmetauscherprofile, bevorzugt an allen, thermoelektrische Elemente 102 angeordnet werden.

Mit der Ausführung nach Fig. 13 wird einerseits eine kompaktere Ausbildung der Vorrichtung 125 erreicht, wobei auch hier wiederum eine weitere Steigerung der Wirtschaftlichkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 125 erreicht werden kann, indem nämlich die Länge der Vorrichtung 125 entsprechend verlängert wird und damit mehr thermoelektrische Elemente 102 in der Vorrichtung 125 angeordnet werden können.

Es sei darauf hingewiesen, dass die thermoelektrischen Elemente 102 in Fig. 13 nur mehr in der modularen Bauweise angedeutet sind und sei zu Einzelheiten hierzu beispielsweise auf die Ausführungsvariante nach Fig. 12 verwiesen.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die thermoelektrischen Elemente 102 bzw. die Module nicht nur in Flussrichtung der Abgase gemäß Pfeil 127 hintereinander angeordnet werden, sondern dass wie dies in Fig. 13 strichliert dargestellt ist, derartige Module bzw. Elementestreifen 123 auch übereinander angeordnet werden. Dabei können die Module direkt aneinander anliegen oder auch beabstandet zueinander angeordnet werden. Eine derartige Anordnungsmöglichkeit besteht sowohl beim Thermogenerator 101 als auch in der Vorrichtung 125.

Es besteht auch hier die Möglichkeit einer Umhüllung 129 der gesamten Vorrichtung 125, wie dies in Fig. 13 strichpunktliert angedeutet ist.

Es ist im Rahmen der Erfindung auch möglich, dass die Module selbst zumindest teilweise eingehaust werden, wie dies in Fig. 12 mit der teilweisen Anordnung der Umhüllung 129 an den Modulen angedeutet ist, wobei in der speziellen Ausführungsvariante nach Fig. 12 die Umhüllung 129 sich über zumindest einen Teil beider dargestellter Module erstreckt. Es besteht jedoch im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass jedes Modul für sich selbst zu-

5 mindest teilweise eine derartige Umhüllung 129 aufweist, die an den entsprechenden Stellen zur Kontaktierung, das heißt zur elektrisch leitenden Verbindung der einzelnen Module miteinander entsprechende Ausnehmungen aufweisen können, um die elektrischen Leitelemente 109 anzuordnen.

10 Die Umhüllung 129 kann beispielsweise aus Kunststoff, einer Keramik oder bevorzugt aus Metall oder aus Kombinationen dieser Materialien bestehen.

Bevorzugt weisen die thermoelektrischen Elemente 102 eine Höhe von mindestens 1 mm auf.

15 Diese Höhe ist dabei senkrecht orientiert zur gesamten Länge der Vorrichtung 125 bzw. des Thermogenerators 101.

Eine Querschnittsfläche der thermoelektrischen Elemente 102 in Richtung auf eine kontaktierte Stirnfläche der thermoelektrischen Elemente 102 betrachtet, beträgt bevorzugt mindestens 4 mm².

20

Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsvariante ist ein Verhältnis der Höhe in Millimeter zur Querschnittsfläche in Quadratmillimeter der thermoelektrischen Elemente 102 ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 : 100 und einer oberen Grenze von 4 : 1, wobei das Verhältnis jeweils dimensionslos zu betrachten ist.

25

Es besteht weiters die Möglichkeit, dass die thermoelektrischen Elemente 102 und/oder die Elementestreifen 123 einen unterschiedlichen Querschnitt aufweisen, also beispielsweise der Querschnitt der einzelnen thermoelektrischen Elemente 102 oder der Elementestreifen 123 in

30 Richtung der Länge der Vorrichtung 125 bzw. des Thermogenerators 101 größer wird.

Ergänzend sei angemerkt, dass in Sinne der Erfindung unter einem Elementestreifen 123 ein Element verstanden wird, dessen Länge mindestens zweimal, bevorzugt mindestens viermal,

insbesondere sechsmal, so groß ist wie die kleinste, den Querschnitt des Elementes definierende Abmessung. Bei einer Kantenlänge von 1,5 mm eines rechteckförmigen Querschnittes (es ist hier im Sinne der Definition die kürzere Kantenlänge der beiden Kantenlängen gemeint) kann also die Länge zumindest 3 mm betragen. Es weist also der Streifen eine deutliche Längserstreckung auf.

Bevorzugt werden die thermoelektrischen Elemente 102 bzw. der Thermogenerator 101 unter Ausnutzung des Seebeck-Effektes betrieben, wodurch bekanntlich durch die unterschiedliche Temperatur an den verschiedenen Halbleitermaterialien eine elektrische Spannung erzeugt wird. Es besteht bei derartigen thermoelektrischen Elementen 102 aber immer auch die Möglichkeit, dass diese unter Ausnutzung des Peltier-Effektes betrieben werden, dass also Strom zugeführt wird und damit eine Abkühlung der Umgebung der thermoelektrischen Elemente 102 erreicht wird.

Obwohl die thermoelektrischen Elemente 102 prinzipiell nach aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren hergestellt werden können, werden diese bevorzugt über ein Sinterverfahren werkzeugfallend hergestellt, sodass keine bzw. nur eine minimale Nachbearbeitung der Elemente 102 erforderlich ist.

Es ist weiters möglich, dass auch die äußeren Oberflächen der thermoelektrischen Elemente 102 bzw. der Elementestreifen 123 mit einem Isolierelement 131 auf voranstehenden Gründen versehen sind.

Ausführungsbeispiel 1:

Die thermoelektrischen Elemente 102 werden werkzeugfallend aus einem Pulver, das eine Zusammensetzung entsprechend einem Skutterudit aufweist, sintertechnisch hergestellt. Auf den Bodenflächen der thermoelektrischen Elemente 102 werden die Diffusionssperrschichten 107 aus NbN oder WN oder TaN durch ALD aufgebracht. In der Folge werden die thermoelektrischen Elemente 102 über die Diffusionssperrschichten 107 mit den Verbindungsschichten 108 aus Pyroduct[®] oder durch Silbersintern mit dem Substrat 103 aus Al₂O₃ verbunden.

Das Substrat 103 weist eine beidseitige Cu-Beschichtung auf und ist wie in Fig. 8 dargestellt ausgeführt.

5 Auf den Deckflächen der thermoelektrischen Elemente 102 werden die Diffusionssperrschichten 112 aus NbN oder WN oder TaN durch ALD aufgebracht und erfolgt die Kontaktierung mit den Leitelementen 109 aus MoCu über die Kleberschicht 111 aus Pyroduct[®].

10 An den Seitenflächen 113 bis 116 der thermoelektrischen Elemente 102 werden vor deren Anordnung auf dem Substrat 103 die Oxidationssperrschichten 117 aus Al₂O₃+ZrO₂ durch ALD abgeschieden.

Es wird auf diese Weise ein Modul hergestellt, dass eine Anzahl von 36 mäanderförmig angeordnete thermoelektrische Elemente 102 aufweist, die in Serie geschaltet sind.

15 Die Kontaktierung des Moduls nach außen erfolgt über Cu-Elektroden, die bereits vor der Anordnung der thermoelektrischen Elemente 102 auf dem Substrat 103 durch Löten hergestellt werden.

20 Ausführungsbeispiel 2:

25 Im Wesentlichen wird das Ausführungsbeispiel 1 nachgestellt, wobei allerdings zur Kontaktierung der thermoelektrischen Elemente 102 mit dem Leitelement 109 nicht die Kleberschicht 111 verwendet wird, sondern das Leitelement 109 direkt auf die mit der Diffusionssperrschicht 112 versehenen Deckflächen der thermoelektrischen Elemente 102 durch thermisches Spritzen von Mo und Cu aufgespritzt wird.

30 Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Thermogenerators 1, 101 wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variations-

- 36 -

möglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Thermogenerators 1, 101 dieser bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

10

15

20

25

30

- 37 -

Bezugszeichenaufstellung

5	1	Thermogenerator	101.	Thermogenerator
	2	Element	102.	Element
	3	Elementestreifen	103.	Substrat
	4	Leitelement	104.	Oberfläche
	5	Endbereich	105.	Schicht
10	6	Leitung	106.	Oberfläche
	7	Leitung	107.	Diffusionssperrschicht
	8	Pol	108.	Verbindungsschicht
	9	Pol	109.	Leitelement
	10	Abstand	110.	Kleber
15	11	Länge	111.	Kleberschicht
	12	Vorrichtung	112.	Diffusionssperrschicht
	13	Wärmetauscher	113.	Seitenfläche
	14	Pfeil	114.	Seitenfläche
	15	Verbindungsmittel	115.	Seitenfläche
20	16	Umhüllung	116.	Seitenfläche
	17	Umhüllung	117.	Oxidationssperrschicht
	18	Isolierelement	118.	Reihe
	19	Höhe	119.	Pluspol
			120.	Minuspole
30			121.	Ausnehmung
			122.	Eckbereich
			123.	Elementestreifen
			124.	Endbereich
			125.	Vorrichtung
35			126.	Wärmetauscher
			127.	Pfeil
			128.	Verbindungsmittel
			129.	Umhüllung
			130.	Umhüllung
40			131.	Isolierelement

45

50

P a t e n t a n s p r ü c h e

- 5 1. Thermogenerator (1) umfassend über eine Länge (11) verteilt mehrere thermo-
elektrische Elemente (2), wobei jeweils zwei thermoelektrische Elemente (2) in einem Ab-
stand (10) zueinander angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der
Abstände (10) zwischen zwei thermoelektrischen Elementen (2), insbesondere in x- und/oder
y-Richtung, zu den weiteren Abständen (10) unterschiedlich ist und/oder dass die thermo-
10 elektrischen Elemente (2) streifenförmig als Elementestreifen (3) angeordnet sind.
2. Thermogenerator (101) umfassend über eine Länge verteilt mehrere thermo-
elektrische Elemente (102), wobei jeweils zwei thermoelektrische Elemente (102) in einem
Abstand zueinander angeordnet und mit einem Leitelement (109) elektrisch leitend verbunden
15 sind, insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Leitelement (109) mit
jeweils zwei thermoelektrischen Elementen (102) mit einem Kleber (110) verbunden ist oder
dass das Leitelement (109) auf jeweils zwei miteinander elektrisch leitend verbundene ther-
moelektrische Elemente (102) durch ein, insbesondere thermisches, Spritzverfahren oder mit-
tels Niedertemperaturverbindungstechnik aufgebracht ist.
- 20 3. Thermogenerator (101) nach 2, dadurch gekennzeichnet, dass die thermoelektri-
schen Elemente (102) streifenförmig als Elementestreifen (123) angeordnet sind.
4. Thermogenerator (1,101) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekenn-
25 zeichnet, dass sich der Abstand (10) zwischen zwei thermoelektrischen Elementen (2, 102)
über die Länge (11) des Thermogenerators (1, 101) mit einer Exponentialfunktion ändert.
5. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekenn-
zeichnet, dass eine Längserstreckung des durch die streifenförmig angeordneten thermo-
30 elektrischen Elemente (2, 102) gebildeten Elementestreifens (3, 123) zumindest annähernd
senkrecht zu einer vorbestimmbaren Flussrichtung des Wärmestroms aus der Wärmequelle
ausgerichtet ist.

6. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei der Elementestreifen (3, 123) zu einem Modul zusammengefasst sind und dass der Thermogenerator (1, 101) zumindest ein derartiges Modul umfasst.

5 7. Thermogenerator (1, 101) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Modul zumindest teilweise eingehaust ist.

8. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in zumindest einem Zwischenraum zwischen zwei thermoelektrischen Elementen (2, 102) zumindest ein Isolierelement (18) angeordnet ist.

9. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Elementestreifen (3, 123) an den in Längserstreckung einander gegenüberliegenden distalen Endbereichen (5) kontaktiert sind.

10 10. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Module aus mehreren Elementestreifen (3, 123) in Serie oder parallel geschaltet sind.

20 11. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die thermoelektrischen Elementen (2, 102) aus einem Skutterudit oder einer Pulverzusammensetzung aus der Klasse der Skutterudite gebildet sind.

25 12. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass im Thermogenerator (1, 101) zumindest zwei Elementestreifen (3, 123) übereinander angeordnet sind.

30 13. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis der Länge in mm zum Querschnitt in mm² der thermoelektrischen Elemente (2, 102) ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 : 100 und einer oberen Grenze von 4 : 1.

14. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die thermoelektrischen Elemente (2, 102) einen rechteckförmigen Querschnitt – in Richtung der Längserstreckung betrachtet – aufweisen.

5 15. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 2 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Kleber (110) ein sauerstoffabbindender Kleber (110) ist.

10 16. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Leitelement (9, 109) und den thermoelektrischen Elementen (2, 102) eine Diffusionssperrschicht (107, 112) angeordnet ist.

15 17. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die thermoelektrischen Elemente (2, 102) eine Deckfläche, eine Bodenfläche sowie dazwischen liegende Seitenflächen (113 bis 116) aufweisen, wobei an zumindest einer der Seitenflächen (113 bis 116) eine Oxidationssperrschicht (117) und/oder eine Sublimationssperrschicht angeordnet ist.

20 18. Thermogenerator (1, 101) umfassend über eine Länge verteilt mehrere thermoelektrische Elemente (2, 102), wobei jeweils zwei thermoelektrische Elemente (2, 102) in einem Abstand zueinander angeordnet und mit einem Leitelement (9, 109) elektrisch leitend verbunden sind, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die thermoelektrischen Elemente (2, 102) auf einem DCB-Substrat angeordnet sind.

25 19. Thermogenerator (1, 101) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die thermoelektrischen Elemente (2, 102) mäanderförmig auf dem DCB Substrat angeordnet sind.

30 20. Thermogenerator (1, 101) nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass das DCB-Substrat zwischen den mäanderförmig angeordneten thermoelektrischen Elementen (2, 102) zumindest eine Ausnehmung (121) aufweist.

21. Thermogenerator (1, 101) nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmung (121) schlitzförmig ausgebildet sind.

22. Thermogenerator (1, 101) nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Eckbereich (122) der Ausnehmung (121) gerundet ausgebildet ist.

23. Thermogenerator (1, 101) nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass beide einander gegenüberliegende Oberflächen (104, 106) des DCB-Substrats metallisiert sind.

24. Vorrichtung (12, 125) zur Erzeugung von elektrischer Energie aus Wärme, umfassend eine Wärmequelle sowie zumindest einen Thermogenerator (1, 101), dadurch gekennzeichnet, dass der Thermogenerator (1, 101) entsprechend einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

25. Vorrichtung (12, 125) nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmequelle ein Abgassystem eines Kraftfahrzeuges ist.

26. Vorrichtung (12, 125) nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmequelle ein Wärmetauscher (13, 126) zugeordnet ist.

1/8

Fig.1

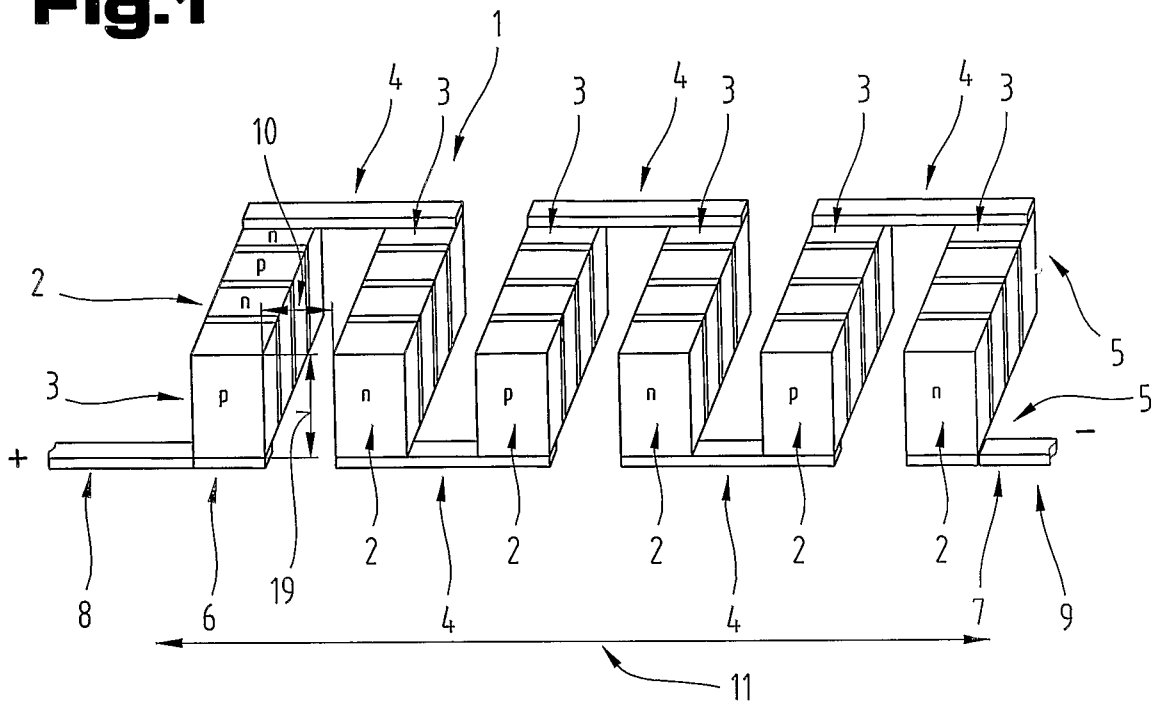


Fig.2

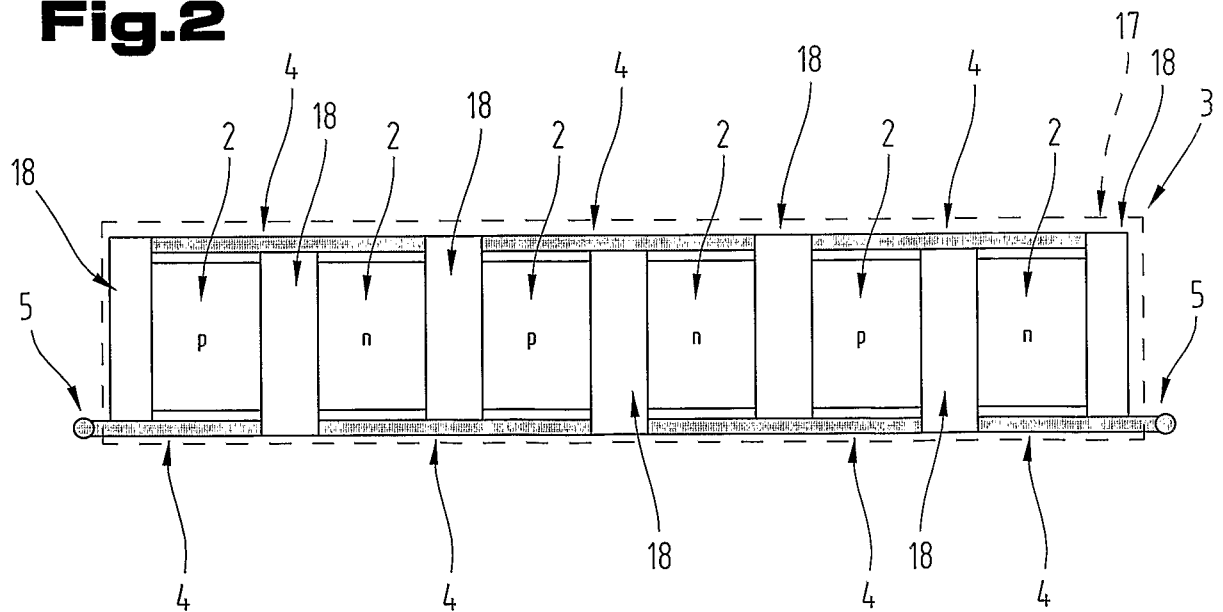


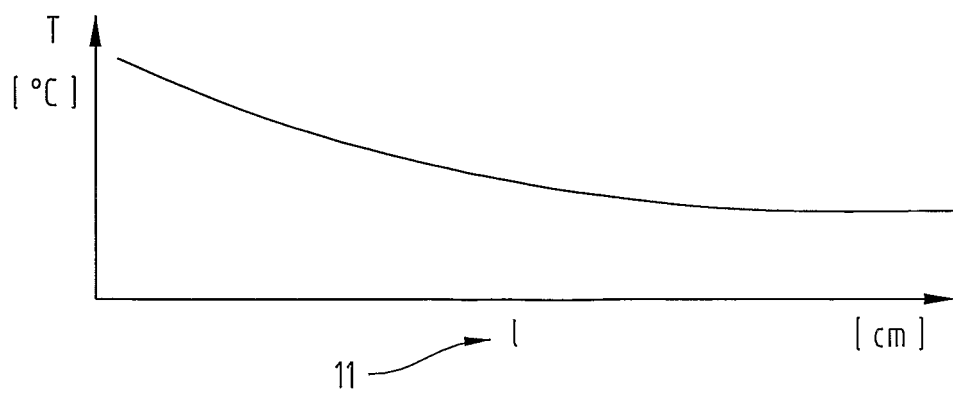
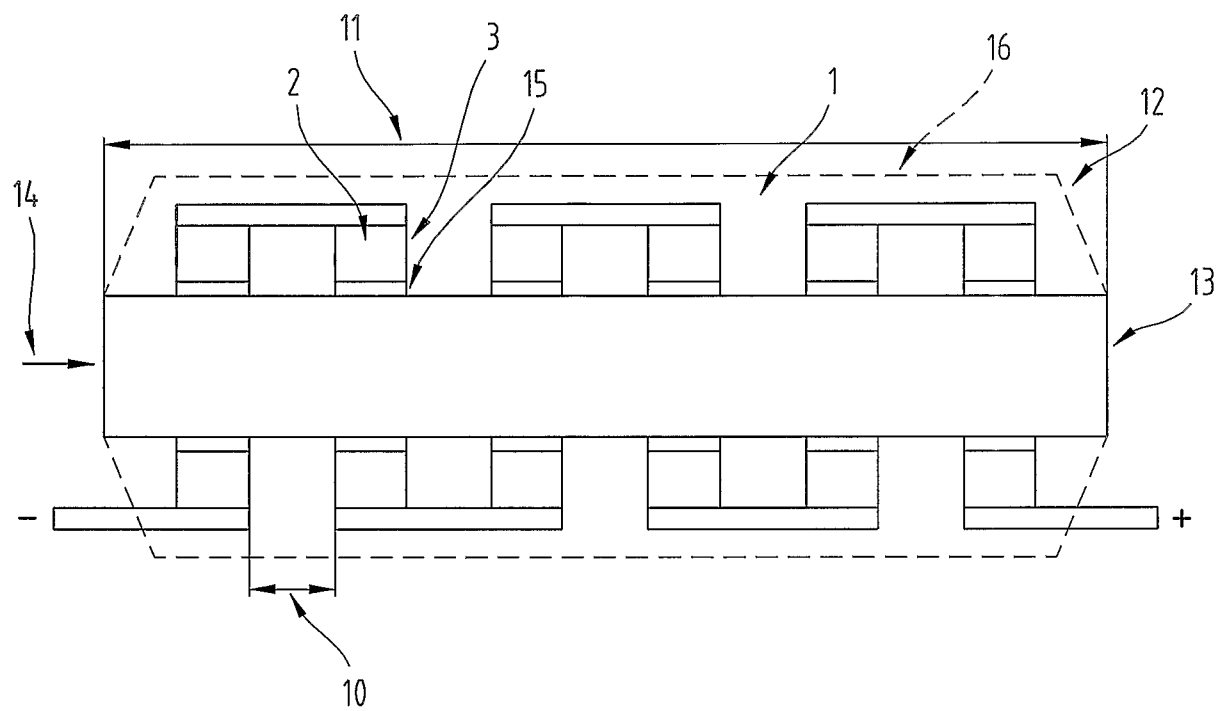
Fig.3

Fig.4

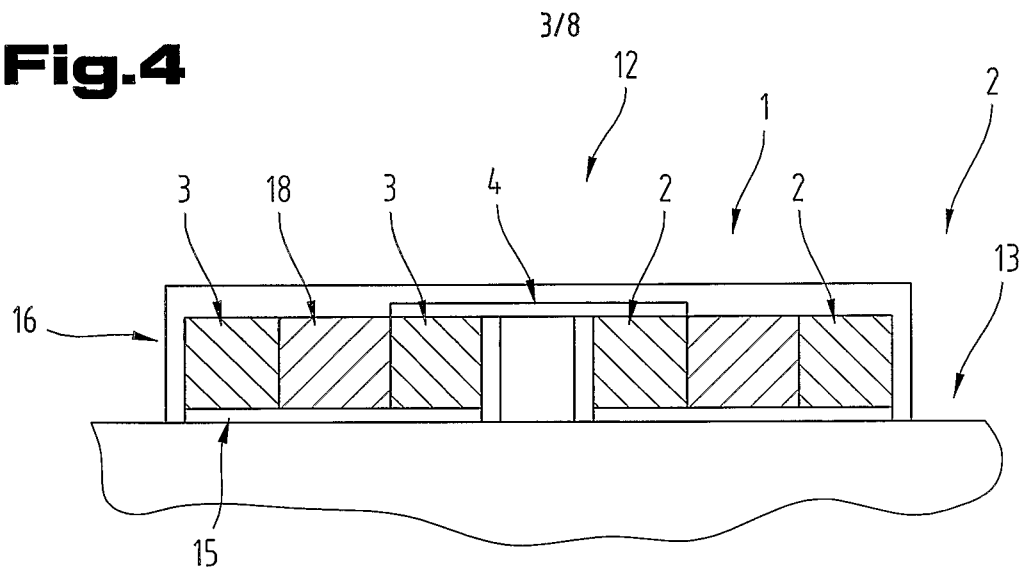


Fig.5

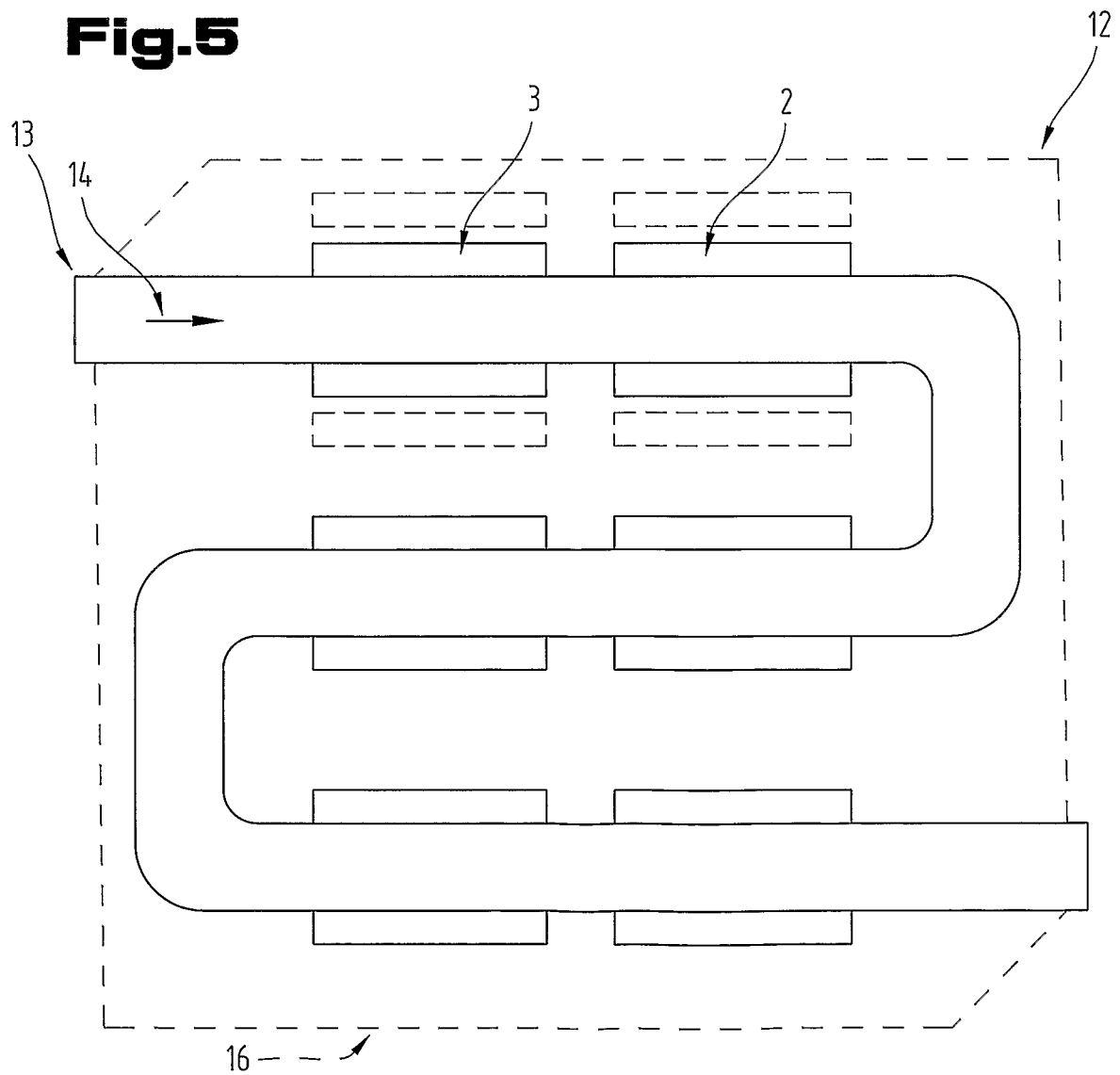


Fig.6

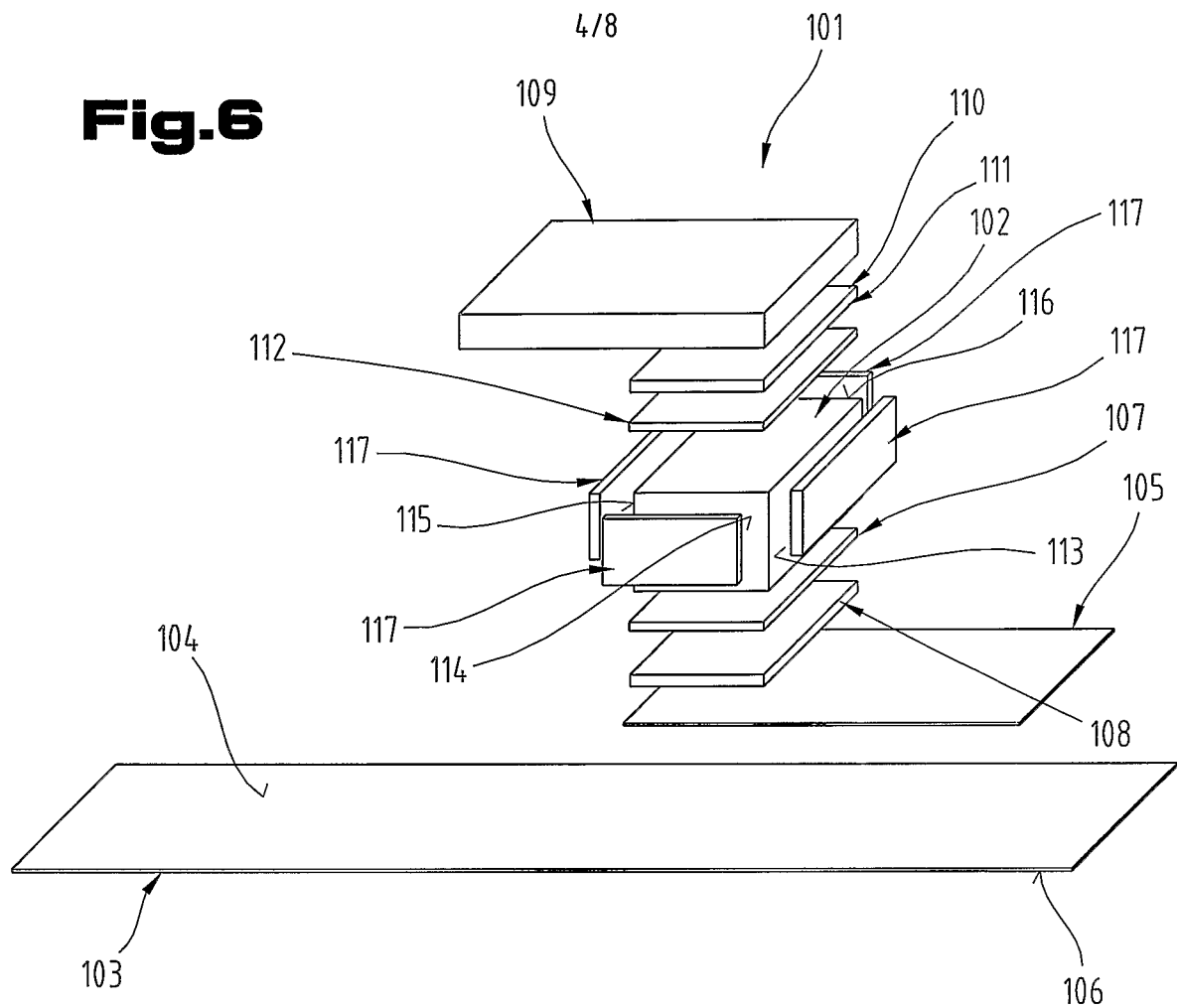
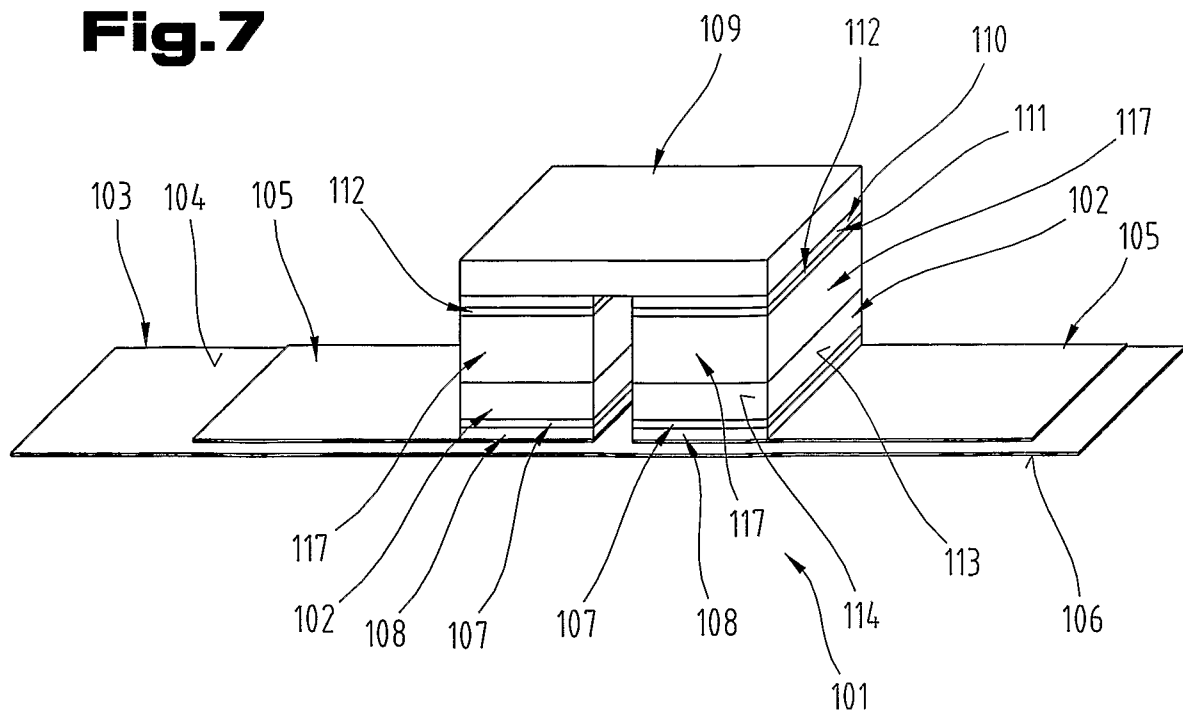
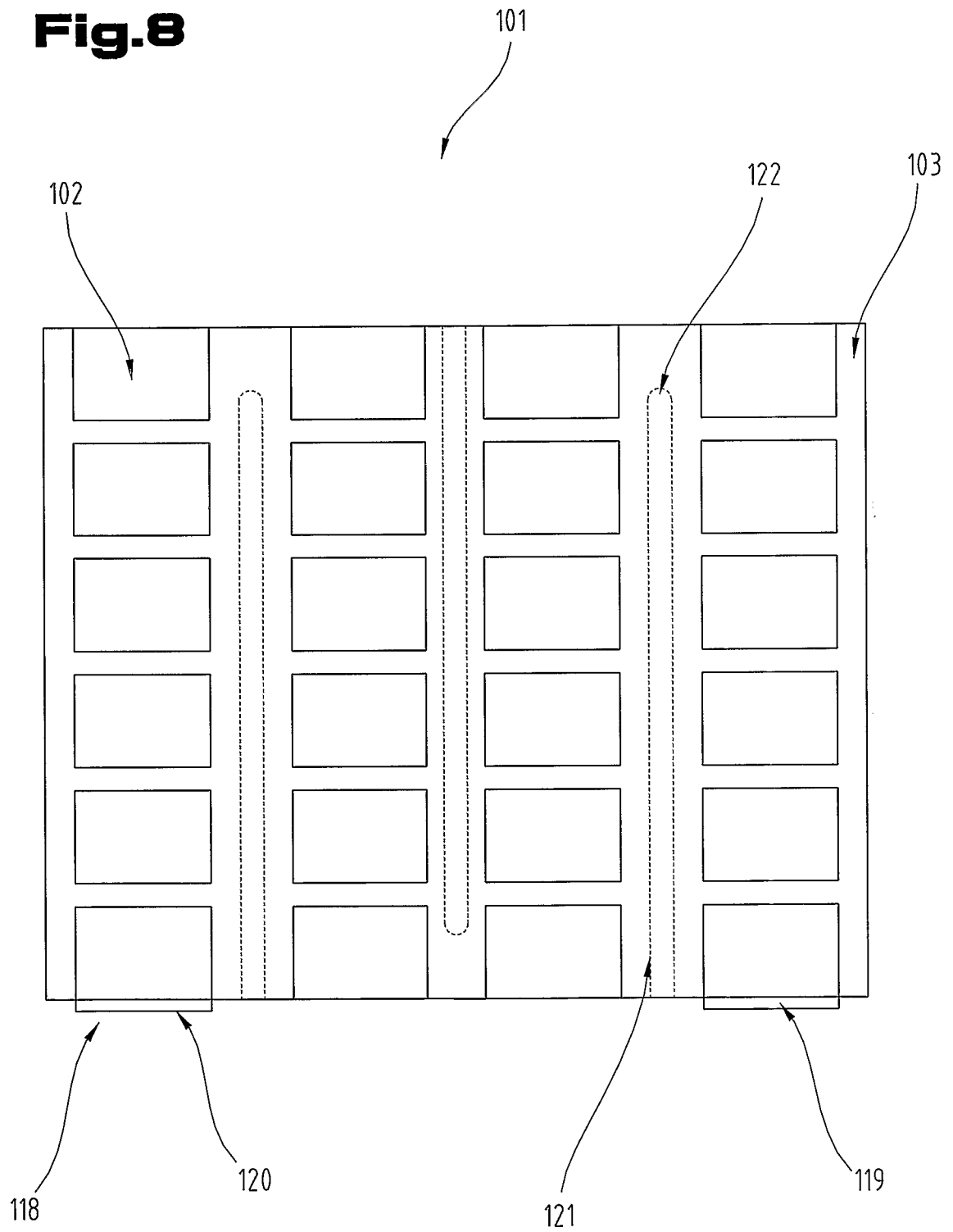


Fig.7



5/8

Fig.8



6/8

Fig.9

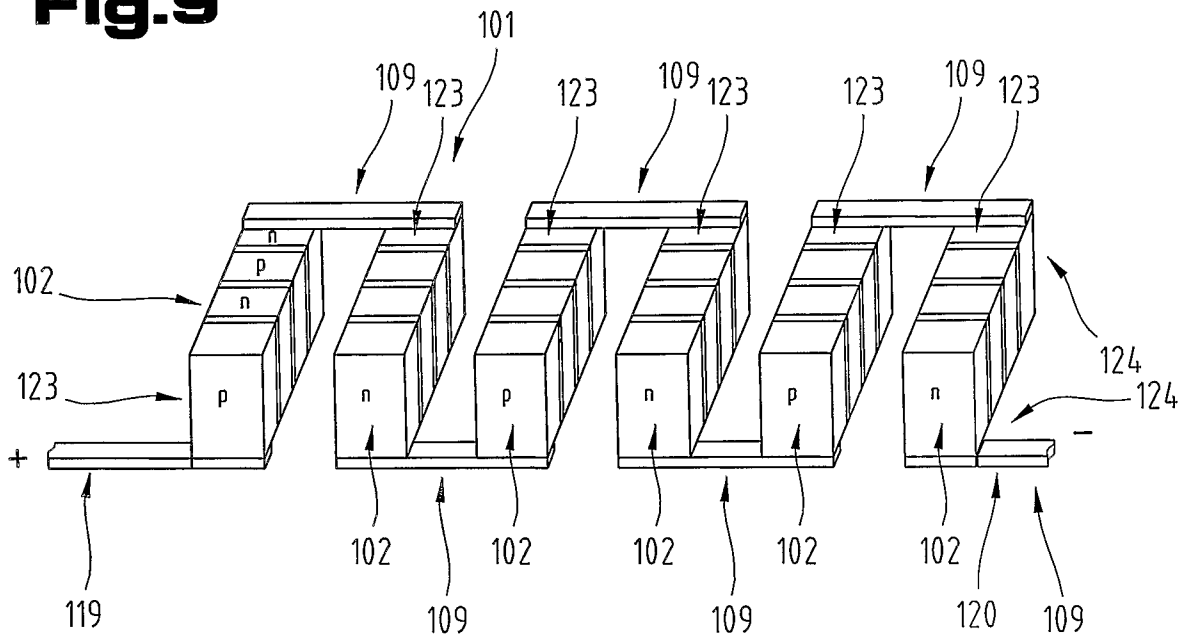


Fig.10

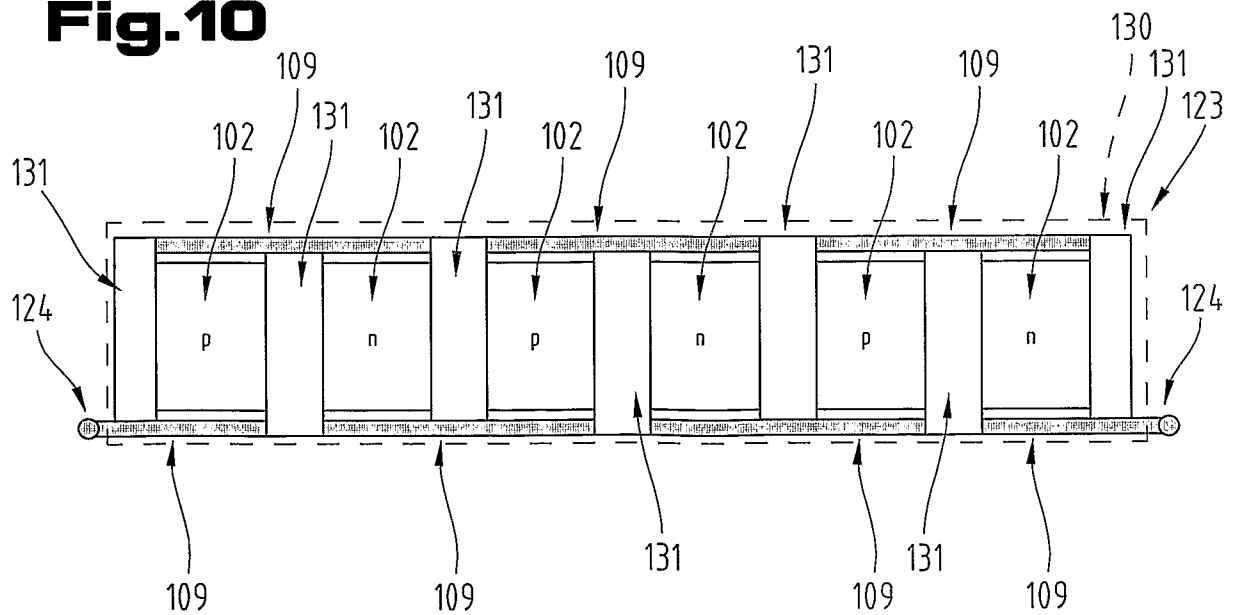


Fig.11

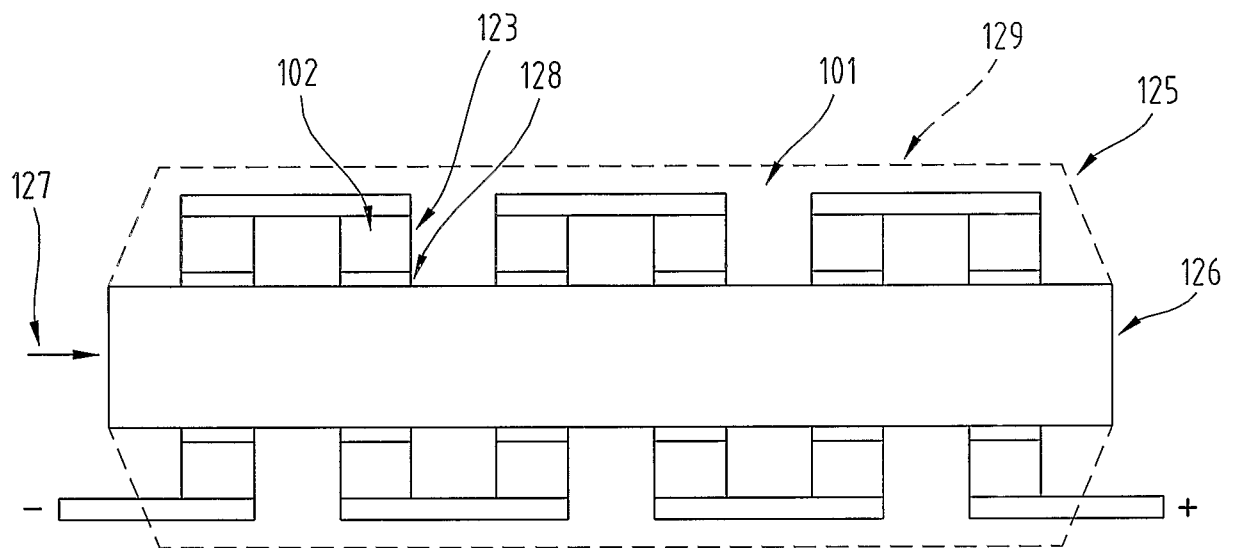


Fig.12

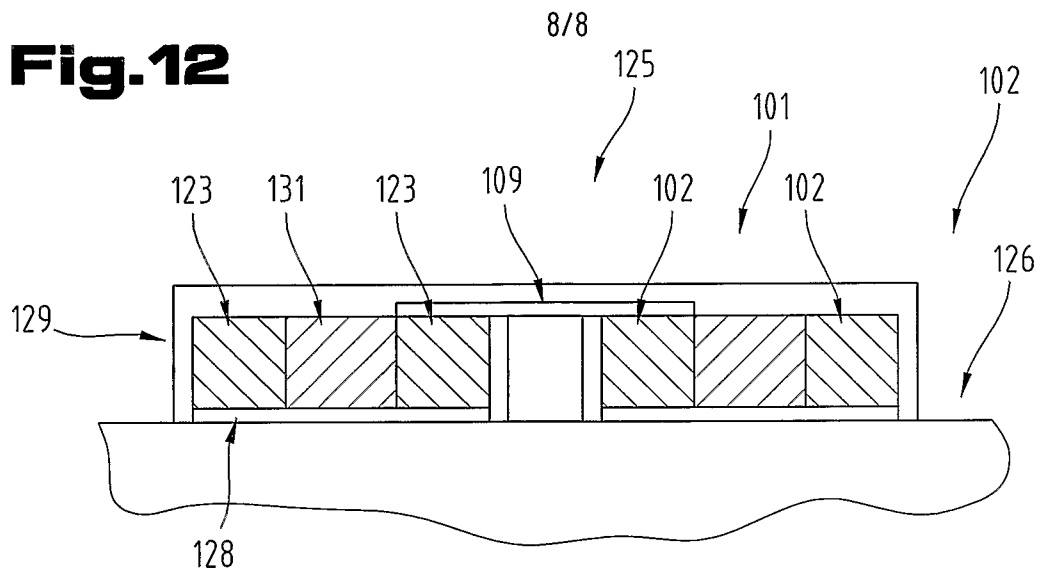


Fig.13

