

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Dezember 2011 (08.12.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/151144 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/057679
(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Mai 2011 (12.05.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 022 668.8 4. Juni 2010 (04.06.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **O-FLEXX TECHNOLOGIES GMBH** [DE/DE]; Dr.-Alfred-Herrhausen-Allee 20/22a, 47228 Duisburg (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SPAN, Gerhard** [AT/AT]; Himmelreichweg 4/2, A-6112 Wattens (AT).

(74) Anwalt: **KOHLMANN, Kai**; Donatusstraße 1, 52078 Aachen (DE).

(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, 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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: THERMOELECTRIC ELEMENT

(54) Bezeichnung : THERMOELEKTRISCHES ELEMENT

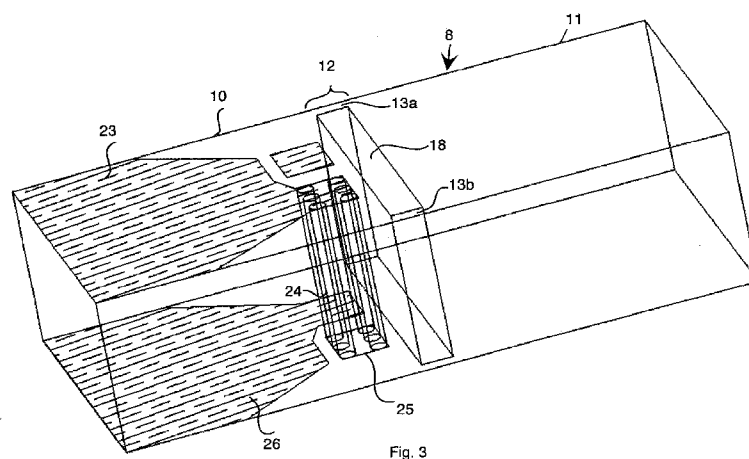


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a thermoelectric element having at least one thermocouple comprising an n-doped and a p-doped thermal leg made of semiconductor material, wherein the thermal legs extend between a hot and a cold side of the thermoelectric element and different temperatures can be applied and tapped between the hot and the cold side. In order to create a thermoelectric element having a high thermal power density that nevertheless ensures sufficient mechanical stability using less semiconductor material, according to the invention the thermoelectric effect and the support function of the block between two components is split. The support function is performed by a multipart support, while the thermoelectric effect is initiated by thermal legs disposed on the support, in particular designed as a thin film.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein thermoelektrisches Element mit mindestens einem Thermopaar,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/151144 A2

**Veröffentlicht:**

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

das einen n-dotierten und einen p-dotierten Thermoschenkel aus Halbleitermaterial aufweist, wobei sich die Thermoschenkel zwischen einer heißen und einer kalten Seite des thermoelektrischen Elementes erstrecken und unterschiedlich hohe Temperaturen zwischen der heißen und der kalten Seite anlegbar bzw. abgreifbar sind. Um ein thermoelektrisches Element mit hoher thermischer Leistungsdichte zu schaffen, das mit weniger Halbleitermaterial trotzdem eine hinreichende mechanische Stabilität gewährleistet, wird vorgeschlagen, den thermoelektrischen Effekt sowie die Tragfunktion der Quader auf zwei Bauteile aufzuspalten. Die Tragfunktion übernimmt ein mehrteiliger Träger, während der thermoelektrische Effekt von auf dem Träger angeordneten, insbesondere als Dünnschicht ausgebildeten Thermoschenkeln ausgeht.

Thermoelektrisches Element

Die Erfindung betrifft ein Thermoelektrisches Element mit mindestens einem Thermopaar, das einen n-dotierten und einen p-dotierten Thermoschenkel aus Halbleitermaterial aufweist, wobei sich die Thermoschenkel zwischen einer heißen und einer kalten Seite des thermoelektrischen Elementes erstrecken und unterschiedlich hohe Temperaturen zwischen der heißen und der kalten Seite anlegbar bzw. abgreifbar sind und das thermoelektrische Element einen Träger umfasst.

Die Wirkungsweise thermoelektrischer Elemente beruht auf dem thermoelektrischen Effekt:

Beim Seebeck-Effekt entsteht zwischen zwei Punkten eines elektrischen Leiters bzw. Halbleiters, die eine verschiedene Temperatur haben, eine elektrische Spannung. Während der Seebeck-Effekt das Entstehen einer Spannung beschreibt, tritt der Peltier-Effekt ausschließlich durch das Fließen eines äußeren Stromes auf. In einem stromdurchflossenen Thermopaar treten immer beide Effekte auf. Der Peltier-Effekt tritt auf, wenn zwei Leiter oder Halbleiter mit unterschiedlichen elektronischen Wärmekapazitäten in Kontakt gebracht werden und durch einen von außen angelegten elektrischen Strom Elektronen aus dem einen Leiter / Halbleiter in den anderen fließen. Mit geeigneten Materialien, insbesondere Halbleiter-Materialien gelingt es, mit elektrischem Strom Temperaturdifferenzen zu erzeugen oder umgekehrt aus Temperaturdifferenzen elektrischen Strom zu erzeugen.

Die direkte Wandlung von Wärme in elektrische Energie ist mit einem thermoelektrischen Generator mit mehreren thermoelektrischen Elementen möglich. Die thermoelektrischen Elemente bestehen vorzugsweise aus unterschiedlich dotierten Halbleitermaterialien, wodurch sich die Effizienz gegenüber Thermoelementen mit zwei unterschiedlichen und an einem Ende

miteinander verbundenen Metallen, wesentlich steigern lässt. Gebräuchliche Halbleitermaterialien sind Bi_2Te_3 , PbTe , SiGe , BiSb oder FeSi_2 . Um ausreichend hohe Spannungen zu erhalten, werden mehrere thermoelektrische Elemente zu einem Modul
5 zusammengefasst und elektrisch in Reihe und ggf. auch parallel geschaltet.

Ein herkömmliches thermoelektrisches Element besteht aus zwei oder mehreren kleinen Quadern aus p- und n-dotiertem
10 Halbleitermaterial, die abwechselnd oben und unten durch Metallbrücken miteinander verbunden sind. Die Metallbrücken bilden zugleich die thermischen Kontaktflächen auf einer heißen bzw. kalten Seite des thermoelektrischen Elementes und sind zumeist zwischen zwei im Abstand zueinander angeordneten
15 Keramikplatten angeordnet. Jeweils ein n-dotierter und ein p-dotierter Quader, auch als Thermoschenkel bezeichnet, bilden ein Thermopaar, wobei sich die Quader zwischen der heißen und der kalten Seite des thermoelektrischen Elementes erstrecken. Die unterschiedlich dotierten Quader sind durch die
20 Metallbrücken so miteinander verbunden, dass sie eine Reihenschaltung ergeben.

Sofern den Quadern ein elektrischer Strom zugeführt wird, kühlen sich abhängig von der Stromstärke und Stromrichtung
25 die Verbindungsstellen der Quader auf der einen Seite ab, während sie sich auf der gegenüberliegenden Seite erwärmen. Der angelegte Strom erzeugt damit eine Temperaturdifferenz zwischen den Keramikplatten. Wird indessen eine unterschiedlich hohe Temperatur an den gegenüberliegenden
30 Keramikplatten angelegt, wird abhängig von der Temperaturdifferenz ein Stromfluss in den Quadern des thermoelektrischen Elementes hervorgerufen.

Die Kantenlängen der Quader in sämtlichen Richtungen betragen
35 etwa 1 - 3 mm. Die Form der Quader ist annähernd an einen Würfel angenähert. Die erhebliche Dicke der Quader ist

erforderlich, da diese nicht nur zur Erzielung des thermoelektrischen Effektes dienen, sondern darüber hinaus für die mechanische Stabilität des thermoelektrischen Elementes sorgen. Insbesondere stützen sich auf den als
5 Verbindungsstellen dienenden Metallbrücken die Keramikplatten auf der heißen bzw. kalten Seite des thermoelektrischen Elementes ab. Die Quader benötigen daher viel Halbleitermaterial, das zur Erzielung des thermoelektrischen Effektes nicht erforderlich ist. In Folge dessen ist die
10 elektrische und thermische Leistungsdichte bezogen auf die Masse bekannter thermoelektrischer Elemente relativ gering, obwohl die thermische Leistungsdichte bezogen auf die Fläche der thermoelektrischen Module für die meisten Anwendungen zu gross ist.

15 Die US 2007/0152352 A1 offenbart eine thermoelektrische Vorrichtung mit mehreren Thermopaaren, die jeweils aus einem n-dotierten Thermoschenkel und einem p-dotierten Thermoschenkel aus Halbleitermaterial bestehen. Die
20 thermoelektrische Vorrichtung umfasst eine rahmenförmige Tragstruktur, die eine Öffnung umgibt. In dieser Öffnung der Tragstruktur ist ein Substrat angeordnet. Das Substrat dient der Aufnahme einer elektronischen Einheit, deren Temperatur gezielt über oder unterhalb der Umgebungstemperatur mit Hilfe
25 der thermoelektrischen Vorrichtung gehalten werden soll. Zwischen diesem Substrat und der das Substrat umgebenden Tragstruktur befindet sich eine thermisch isolierende Struktur, auf der die Thermoschenkel sämtlicher Thermopaare ausschließlich angeordnet sind. Während des Betriebs der
30 thermoelektrischen Vorrichtung fließt Strom durch die in Reihe geschalteten Thermopaare. Der Stromfluss bewirkt, dass thermische Energie von dem Substrat zu der Tragstruktur durch die thermisch isolierende Struktur übertragen wird, wodurch das Substrat und die darauf angeordnete elektronische Einheit
35 gekühlt werden.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein thermoelektrisches Element mit
5 hoher thermischer Leistungsdichte bezogen auf die Masse zu schaffen, das mit weniger Halbleitermaterial trotzdem eine hinreichende mechanische Stabilität gewährleistet. Die absolute thermische Leistung und Leistungsdichte der thermoelektrischen Elemente sowie der daraus hergestellten
10 Module soll gut an die bei deren Anwendung anfallenden thermischen Leistungen und Leistungsdichten angepasst werden können.

Die Lösung dieser Aufgabe basiert auf dem Gedanken, den
15 thermoelektrischen Effekt sowie die Tragfunktion der Quader auf zwei Bauteile aufzuspalten. Die Tragfunktion übernimmt ein mehrteiliger Träger, während der thermoelektrische Effekt von auf dem Träger angeordneten Thermoschenkeln ausgeht.

20 Im Einzelnen wird die Aufgabe bei einem thermoelektrischen Element der eingangs erwähnten Art dadurch gelöst, dass

- (a) das der Träger einen ersten Trägerteil und einem
25 zweiten Trägerteil mit hoher Wärmeleitfähigkeit aufweist,
- (b) das erste und zweite Trägerteil durch einen Abschnitt mit einer gegenüber den Trägerteilen geringeren Wärmeleitfähigkeit voneinander getrennt sind,
30
- (c) die auf dem Träger angeordneten Thermoschenkel sich zwischen dem ersten und dem zweiten Trägerteil erstrecken und den Abschnitt mit der geringeren Wärmeleitfähigkeit überbrücken, wobei einer der
35 Trägerteile die heiße und der andere Trägerteil die kalte Seite des thermoelektrischen Elementes bilden.

Der Träger kann aus preiswerterem und gegenüber dem Halbleitermaterial mechanisch stabilerem Material bestehen, so dass die Träger bei gleicher mechanischer Stabilität einen geringeren Bauraum benötigen. Der vorzugsweise als Quader ausgeführte Träger kann bei Verwendung stabilerer Materialien beispielsweise eine geringere Dicke aufweisen, als die herkömmlichen Halbleiter-Quader.

Die Thermoschenkel des Thermopaars sind vorzugsweise als Schicht, insbesondere als Dünnschicht oder als Folie auf dem Träger angeordnet. Es wird daher wesentlich weniger Halbleitermaterial als bei herkömmlichen thermoelektrischen Elementen benötigt.

Um die Temperaturdifferenz zwischen heißer und kalter Seite des thermoelektrischen Elementes in erster Linie in den Thermopaaren wirksam werden zu lassen, sind das erste und zweite Trägerteil durch den Abschnitt mit geringerer Wärmeleitfähigkeit voneinander getrennt. Die Thermoschenkel der Thermopaare erstrecken sich zwischen dem ersten und dem zweiten Trägerteil und überbrücken den Abschnitt mit geringerer Wärmeleitfähigkeit.

Der Abschnitt mit geringerer Wärmeleitfähigkeit entkoppelt die beiden Trägerteile thermisch, so dass der eine Trägerteil die heiße und der andere Trägerteil die kalte Seite des thermoelektrischen Elementes bilden.

Der die beiden Trägerteile trennende Abschnitt kann vollständig oder teilweise aus einem Dämmstoff bestehen. Sofern der trennende Abschnitt nur teilweise aus dem Dämmstoff besteht, wird der verbleibende Teil des Abschnitts zwischen erstem und zweitem Trägerteil durch das Umgebungsgas, insbesondere die Umgebungsluft gebildet, die eine geringe Wärmeleitfähigkeit von $0,0261 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ aufweist.

Eine andere Möglichkeit die Wärmeleitfähigkeit in dem Abschnitt zwischen den beiden Trägerteilen zu reduzieren besteht darin, dass die beiden Trägerteile durch mindestens
5 einen Steg miteinander verbunden sind. Der im Verhältnis zu den Trägerteilen geringe Querschnitt der Stege bildet einen Wärmewiderstand und setzt damit in dem Abschnitt die Wärmeleitfähigkeit herab. Produktionstechnisch vorteilhaft befinden sich die insbesondere quaderförmigen Stege bei einem
10 quaderförmigen Träger etwa mittig an zwei gegenüberliegenden Flächen des Quaders. In dem zwischen den Stegen befindlichen, ebenfalls quaderförmigen Durchgang befindet sich ein Gas, insbesondere die Umgebungsluft, mit gegenüber dem ersten und zweiten Trägerteil geringerer Wärmeleitfähigkeit.

15 Eine noch wirksamere thermische Entkopplung zwischen dem ersten und zweiten Trägerteil wird erreicht, wenn der Steg bzw. die verbindenden Stege aus einem Material mit geringerer Wärmeleitfähigkeit als die Trägerteile bestehen. Zu der
20 verminderten Wärmeleitfähigkeit des Abschnitts infolge des reduzierten Querschnitts der Stege kommt dann noch die materialbedingte Herabsetzung der Wärmeleitfähigkeit hinzu.

Sofern der Abschnitt mit geringerer Wärmeleitfähigkeit
25 teilweise Durchgänge aufweist, wird die Anordnung der Thermoschenkel auf dem Träger erleichtert, wenn diese auf einem Substrat mit geringer Wärmeleitfähigkeit aufgebracht sind und das Substrat mit seiner die Thermoschenkel aufweisenden Oberfläche auf dem Träger angeordnet ist. In dem
30 die Durchgänge überbrückenden Bereich übernimmt das Substrat die Tragfunktion für die Thermoschenkel der Thermopaare. Das Substrat kann beispielsweise aus Glas bestehen, dass eine Wärmeleitfähigkeit von $0,76 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ aufweist.

35 Wie bei herkömmlichen thermoelektrischen Elementen sind die unterschiedlich dotierten Thermoschenkel in Reihe geschaltet.

Um den elektrischen Anschlusswiderstand zu reduzieren, sind die in Reihe geschalteten Thermoschenkel auf der kalten Seite mit den beiden elektrischen Kontakten verbunden. Die Kontakte sind vorzugsweise als Kontaktbereiche auf der Oberfläche des Trägerteils angeordnet oder in dessen Oberfläche eingebettet.

Um eine Vielzahl erfindungsgemäßer thermoelektrischer Elemente miteinander elektrisch zu verschalten, insbesondere diese in einem Modul zusammen zu fassen, weist vorzugsweise einer der beiden Kontakte auf der kalten Seite eine Durchkontaktierung auf, die zu einem Kontakt auf der gegenüberliegenden Seite des Trägerteils führt. Der Kontakt auf der gegenüberliegenden Seite kann ebenfalls auf der Oberfläche des Trägerteils aufgebracht oder in dessen Oberfläche eingelassen sein.

Als Materialien für den Träger bzw. das erste und zweite Trägerteil kommen insbesondere Werkstoffe der technischen Keramik in Betracht. Die keramischen Werkstoffe weisen die geforderte hohe Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitig guter elektrischer Isolierfähigkeit auf, die zur Vermeidung von Kurzschlüssen zwischen den in Reihe geschalteten Thermopaaren erforderlich ist. Des Weiteren sind keramische Werkstoffe hoch temperaturfest und weisen die für thermoelektrische Elemente wünschenswerte Temperatur-Wechselbeständigkeit auf. Für die Tragfunktion ist die Festigkeit, Härte und Formbeständigkeit von keramischen Werkstoffen vorteilhaft. Die Korrosions- und Verschleißfestigkeit keramischer Werkstoffe tragen dem Wunsch nach dauerhaltbaren thermoelektrischen Elementen Rechnung.

Der keramische Träger, insbesondere das erste und zweite Trägerteil bestehen vorzugsweise aus einer Mehrlagen-Niedertemperatur-Einbrand-Keramik. Niedertemperatur-Einbrand-Keramiken (Low Temperature Cofired Ceramics (LTCC)) basieren auf einer Technologie zur Herstellung von mehrlagigen

Keramikträgern. Zunächst wird keramisches Pulver zusammen mit Lösungsmitteln und Plastifikatoren zu Folien verarbeitet. Die ungebrannten Folien werden durch Stanzen, Schneiden und ggf. Bedrucken strukturiert. Zur Herstellung von

5 Durchkontaktierungen werden beispielsweise Durchgangslöcher in die Keramikfolien gestanzt oder mit dem Laser geschnitten.

Die einzelnen Lagen der strukturierten Keramikfolie werden ausgerichtet und in einer Pressform gestapelt. Die

10 Durchgangslöcher werden mit einer Leitpaste, insbesondere Silber-, Silber/Palladium- oder Goldpaste gefüllt. Der Vorteil dieser Leitpasten besteht darin, dass sie beim anschließenden Brennen in nahezu gleichem Maße wie die Keramikfolien schrumpfen. Unter Zufuhr von Wärme,

15 beispielsweise 70 Grad Celsius und Druck, zum Beispiel 90 bar, werden die Keramikfolien laminiert. Beim anschließenden Brennen der Keramikfolien verbinden sich die einzelnen Lagen der Keramikfolien fest miteinander.

20 Um die Wärmeleitfähigkeit zu verbessern, können in die Mehrlagen-Niedertemperatur-Einbrand-Keramik Lagen zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit der Trägerteile eingebettet werden. Als Lagen kommen insbesondere Metallisierungslagen, jedoch auch Lagen aus Silizium,

25 Aluminiumnitrit oder Aluminiumoxid in Betracht. Die Lagen aus Aluminiumnitrit und Aluminiumoxid verbessern die Wärmeleitfähigkeit, sind jedoch elektrisch isolierend. Sie kommen daher insbesondere auf der heißen Seite des thermoelektrischen Elementes zum Einsatz. Die Verbindung

30 zwischen den eingebetteten Lagen und den Keramikfolien erfolgt beispielsweise mittels Reaktivlot bzw. Glaslot. Die Wärmeleitfähigkeit kann zusätzlich durch Durchgänge verbessert werden, die wie die Durchkontaktierungen mit metallischen Werkstoffen gefüllt sind.

Um die elektrische Ausgangsleistung zu steigern, können mehrere thermoelektrische Elemente gemäß der Erfindung elektrisch und mechanisch in einem Modul miteinander verbunden werden. Vorzugsweise sind die das Modul bildenden, thermoelektrischen Elemente als plattenförmige Quader ausgebildet, die zu einem Stapel zusammengefasst sind. Jedes thermoelektrische Element des Moduls weist vorzugsweise Kontaktierungen auf den gegenüberliegenden Seiten des plattenförmigen Trägerteils auf der kalten Seite auf, die mit den Kontaktierungen des jeweils angrenzenden plattenförmigen thermoelektrischen Elementes in Berührung gelangen, so dass die thermoelektrischen Elemente des Moduls in Reihe oder parallel geschaltet sind.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 auf einem Substrat als Schicht ausgebildete Thermopaare für ein erfindungsgemäßes thermoelektrisches Element,

Figur 2a eine Vorder- und Seitenansicht eines Trägers des thermoelektrischen Elementes,

Figur 2b eine Rückansicht des Trägers des erfindungsgemäßen thermoelektrischen Elementes,

Figur 2c eine Aufsicht auf das erfindungsgemäße thermoelektrische Element,

Figur 3 eine schematische perspektivische Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines thermoelektrischen Elementes, bei dem die Thermoschenkel auf einer Seite des Trägers angeordnet sind,

Figur 4 eine schematische perspektivische Ansicht eines dritten Ausführungsbeispiels eines thermoelektrischen Elementes, bei dem die Thermoschenkel auf zwei gegenüberliegenden Seiten des Trägers angeordnet sind,

Figur 5 ein thermoelektrisches Element nach Figur 4 mit verbesserter thermischer Leitfähigkeit,

Figur 6 mehrere thermoelektrische Elemente, die zu einem Stapel zusammengefasst sind sowie

Figur 7 eine Möglichkeit zur Anordnung mehrerer thermoelektrischer Elemente zwischen zwei im Abstand zueinander angeordneten keramischen Platten, um ein Modul aufzubauen.

Figur 1 zeigt drei Thermopaare (1), die auf einem Substrat (2) als Schicht aufgebracht sind. Das Substrat (2) ist beispielsweise eine rechteckige Glasplatte, die eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweist. Jedes Thermopaar (1) umfasst einen n-dotierten Thermoschenkel (3a) und einen p-dotierten Thermoschenkel (3b) aus einem Halbleitermaterial. Die n- und p-dotierten Thermoschenkel (3 a, b) sind an gegenüberliegenden Verbindungsstellen (4, 5) elektrisch in Reihe geschaltet.

Die Reihenschaltung der n- und p-dotierten Thermoschenkel (3 a, b) ist an ihrem Ein- und Ausgang mit zwei elektrischen Kontakten (6, 7) verbunden, die als Kontaktbereiche auf der Oberfläche des Substrats (2) als metallische Schicht aufgebracht sind.

Die Figuren 2 a, 2 b zeigen einen Träger (8) des erfindungsgemäßen thermoelektrischen Elementes. Der Träger (8) weist insgesamt die Form eines Quaders auf. Aus der in Figur 2 a dargestellten Seitenansicht ist erkennbar, dass

dessen Dicke (9) aufgrund der Trennung von Tragfunktion und thermoelektrischem Effekt relativ gering ist. Der Träger (8) umfasst ein erstes Trägerteil (10) und ein zweites Trägerteil (11) mit hoher Wärmeleitfähigkeit. Die Trägerteile bestehen
5 vorzugsweise aus einem technischen Keramik-Werkstoff. Die beiden Trägerteile (10, 11) sind durch einen Abschnitt (12) mit einer gegenüber den Trägerteilen geringeren Wärmeleitfähigkeit voneinander getrennt. Der Abschnitt (12) weist zwei das erste und zweite Trägerteil (10, 11)
10 verbindende Stege (13 a, b) auf, die in Verlängerung der Seitenflächen die beiden Trägerteile (10, 11) miteinander verbinden. Sofern die Stege (13 a, b) aus demselben Material wie die Trägerteile (10, 11) bestehen, ist die Wärmeleitfähigkeit aufgrund des geringeren Querschnitts der
15 Stege (13a, b) gegenüber dem Querschnitt der Trägerteile (10, 11) deutlich reduziert. Der Abschnitt (12) weist darüber hinaus den durch die Stege (13 a, b) seitlich und die Stirnflächen (14 a, b) des ersten und zweiten Trägerteils (10, 11) begrenzten Spalt auf, der Umgebungsluft enthält, die
20 eine gegenüber den Trägerteilen (10, 11) geringere Wärmeleitfähigkeit aufweist und diese daher thermisch entkoppelt.

Auf der Vorderseite des Trägers (8) befinden sich als
25 Kontaktbereiche ausgebildete Kontakte (14, 15) zur elektrischen Kontaktierung der in Reihe geschalteten Thermopaare (1). Der Kontakt (15) ist über eine Durchkontaktierung (16) mit einem Kontakt (17) auf der Rückseite des Trägers (8) elektrisch leitend verbunden. Die
30 großflächigen Kontakte (14, 17) auf der Vorder- und Rückseite des ersten Trägerteils (10) des Trägers (8) erlauben es, dass thermoelektrisch Element einfach zu kontaktieren und mit weiteren, gleichartigen thermoelektrischen Elementen zu verschalten.

Figur 2 c veranschaulicht, wie das Substrat (2) mit der die Thermoschenkel (3 a, b) aufweisenden Oberfläche auf dem Träger (8) angeordnet wird. Die Kontakte (6, 7) gelangen auf der Oberseite des Trägers (8) mit den Kontakten (14, 15) in Berührung, so dass der Kontakt (6) über die Durchkontaktierung (16) mit dem rückseitigen Kontakt (17) verbunden ist. Die Thermoschenkel (3 a, b) der Thermopaare (1) erstrecken sich zwischen dem ersten und dem zweiten Trägerteil (10, 11) und überbrücken dabei den Luftspalt (18) des Abschnitts (12) mit geringerer Wärmeleitfähigkeit. Das zweite Trägerteil (11) bildet die heiße (19) und das erste Trägerteil (10) die kalte Seite (20) des thermoelektrischen Elementes. Die Einkopplung der Wärme erfolgt insbesondere am oberen Rand (21) des zweiten Trägerteils (11), während eine Wärmesenke am unteren Rand (22) des ersten Trägerteils (10) angeordnet ist. Wie bei herkömmlichen thermoelektrischen Elementen können eine Vielzahl der thermoelektrischen Elemente mit ihrem oberen und unteren Rand (21, 22) zwischen senkrecht zur Bildebene verlaufenden Keramikplatten (30, 31) angeordnet sein, wie dies in Figur 7 dargestellt ist. Die mechanische Stabilität des Trägers (8) reicht aus, um die keramischen Platten (30, 31) trotz thermoelektrischer Dünnschichttechnologie auf Abstand zu halten.

Figur 3 zeigt einen keramischen Träger (8), bei dem das erste und zweite Trägerteil (10, 11) sowie die Stege (13 a, b) des Abschnitts (12) aus einer Mehrlagen-Niedertemperatur-Einbrand-Keramik bestehen. Auf der nach oben zeigenden Vorderseite des Trägers (8) befindet sich ein Kontakt (23), der über eine Durchkontaktierung (24) mit einem Kontakt (25) auf der Rückseite des Trägers (8) verbunden ist. Des Weiteren befindet sich auf der Rückseite ein großflächiger Kontakt (26) der, wie auch der Kontakt (25), zum Anschluss der in Reihe geschalteten Thermoschenkel (3 a, b) bestimmt ist. Die in Reihe geschalteten Thermoschenkel (3 a, b) sind auf der Rückseite mit den beiden Kontakten (25, 26) verbunden und

erstrecken sich von dem ersten Trägerteil (10) auf der kalten Seite zum zweiten Trägerteil (11) auf der heißen Seite, wobei sie den Luftspalt (18) des Abschnitts (12) überbrücken. Die Thermoschenkel (3 a, b) sind vorzugsweise auf einem Substrat
5 angeordnet. Alternativ können die Thermoschenkel Bestandteil einer Folie sein, die aufgrund ihrer Eigensteifigkeit ohne zusätzliches Substrat den Luftspalt (18) überbrücken kann.

Figur 4 zeigt einen Träger (8) auf dessen Vorder- und
10 Rückseite die Thermoschenkel (3 a, b) mehrerer Thermopaare (1) angeordnet sind. Sämtliche Thermoschenkel (3 a, b) sind in Reihe geschaltet. Der Träger (8) weist auf der Oberseite den Kontakt (23) und den Kontakt (27) auf, eine von dem Kontakt (27) ausgehende Durchkontaktierung (24), die mit
15 einen Kontakt (25) auf der Rückseite verbunden ist, sowie den rückseitigen Kontakt (26).

Die in Reihe geschalteten Thermoschenkel (3 a, b) auf der Oberseite des Trägers (8) sind endseitig mit den Kontakten
20 (23, 27) verbunden. Auf der Unterseite sind die in Reihe geschalteten Thermoschenkel (3 a, b) mit den elektrischen Kontakten (25, 26) verbunden, wobei die Durchkontaktierung (24) die elektrisch leitende Verbindung zwischen den Thermoschenkeln (3a, b) auf der Ober- und Unterseite des
25 Trägers (8) herstellt.

In gleicher Weise wie bei dem Träger nach Figur 3 lassen sich mehrere thermoelektrische Elementen über die großflächigen Kontakte (23, 26) in Reihe oder auch Parallel schalten.

Der Träger nach Figur 5 entspricht hinsichtlich der Kontaktierung der Thermoschenkel (3 a, b) dem Träger nach Figur 4, so dass auf die dortigen Ausführungen vollumfänglich verwiesen wird. Durch Einbettung von Metallisierungslagen
35 (28) ist jedoch die thermische Leitfähigkeit sowohl auf der heißen als auch kalten Seite (19, 20) des Trägers (8)

verbessert. Auf der heißen Seite (19) ist die Ober- und Unterseite des Trägers (8) frei von Metallisierungen, damit es nicht zu Kurzschlüssen zwischen den auf der Ober- und Unterseite aufliegenden Thermoschenkeln (3a, b) kommt.

5 Alternativ können auf der heißen Seite Lagen aus Silizium, Aluminiumnitrit oder Aluminiumoxid in das zweite Trägerteil (10) eingebettet werden, um die Wärmeleitfähigkeit zu verbessern, jedoch Kurzschlüsse zwischen den Thermoschenkeln (3 a, b) zu vermeiden.

10

Auch auf der kalten Seite (20) ist darauf zu achten, dass keine Metallisierungen auf der Unter- bzw. Oberseite Kurzschlüsse zwischen den Thermoschenkeln (3 a, b) außerhalb der Kontaktbereiche (23, 25, 26, 27) verursachen. Aus Figur 5
15 ist weiter erkennbar, dass der Abschnitt (12) mit geringerer Wärmeleitfähigkeit frei von Metallisierungen ist. Die Wärmeleitfähigkeit der Stege (13a, b) wird folglich nicht nur durch den geringeren Querschnitt, sondern darüber hinaus durch die fehlende Metallisierung herabgesetzt.

20

Figur 6 offenbart schließlich einen Stapel (32) umfassend mehrere elektrisch in Reihe geschaltete thermoelektrische Elemente, die entsprechend Figur 3 aufgebaut sind, jedoch eine geringere Dicke aufweisen. Mehrere derartige Stapel (32)
25 können zu einem Modul (29) entsprechend Figur 7 zusammengefasst werden.

Bezugszeichenliste

Nr.	Bezeichnung	Nr.	Bezeichnung
1	Thermopaar	29	Modul
2	Substrat	30	erste Keramikplatte
3 a	n-dotierter Thermoschenkel	31	zweite Keramikplatte
3 b	p-dotierter Thermoschenkel	32	Stapel
4	Verbindungsstelle		
5	Verbindungsstelle		
6	Kontakt		
7	Kontakt		
8	Träger		
9	Dicke Träger		
10	erstes Trägerteil		
11	zweites Trägerteil		
12	Abschnitt		
13 a, b	Stege		
14	Kontakt		
15	Kontakt		
16	Durchkontaktierung		
17	Kontakt		
18	Luftspalt		
19	heiße Seite		
20	kalte Seite		
21	oberer Rand		
22	unterer Rand		
23	Kontakt		
24	Durchkontaktierung		
25	Kontakt		
26	Kontakt		
27	Kontakt		
28	Metallisierungslagen		

Patentansprüche:

1. Thermoelektrisches Element mit mindestens einem
Thermopaar, das einen n-dotierten und einen p-dotierten
5 Thermoschenkel aus Halbleitermaterial aufweist, wobei
sich die Thermoschenkel zwischen einer heißen und einer
kalten Seite des thermoelektrischen Elementes erstrecken,
unterschiedlich hohe Temperaturen zwischen der heißen und
der kalten Seite anlegbar bzw. abgreifbar sind und das
10 thermoelektrische Element einen Träger umfasst, **dadurch
gekennzeichnet**, dass
- (a) das der Träger (8) einen ersten Trägerteil (10) und
einem zweiten Trägerteil (11) mit hoher
15 Wärmeleitfähigkeit aufweist,
- (b) das erste und zweite Trägerteil (10, 11) durch einen
Abschnitt (12) mit einer gegenüber den Trägerteilen
(10, 11) geringeren Wärmeleitfähigkeit voneinander
20 getrennt sind,
- (c) die auf dem Träger (8) angeordneten Thermoschenkel
(3a, b) sich zwischen dem ersten und dem zweiten
Trägerteil (10, 11) erstrecken und den Abschnitt (12)
25 mit der geringeren Wärmeleitfähigkeit überbrücken,
wobei einer der Trägerteile (11) die heiße und der
andere Trägerteil (10) die kalte Seite des
thermoelektrischen Elementes bilden.
- 30 2. Thermoelektrisches Element nach Anspruch 1, **dadurch
gekennzeichnet**, dass die Thermoschenkel (3a, b) als
Schicht ausgebildet sind.
3. Thermoelektrisches Element nach Anspruch 1, **dadurch**
35 **gekennzeichnet**, dass die Thermoschenkel (3a, b) als Folie
ausgebildet sind.

4. Thermoelektrisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abschnitt (12)
5 mindestens einen das erste und zweite Trägerteil verbindenden Steg (13a, b) umfasst.
5. Thermoelektrisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abschnitt (12) mit
10 der geringeren Wärmeleitfähigkeit zumindest teilweise aus einem Dämmstoff besteht.
6. Thermoelektrisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Thermoschenkel (3a,
15 b) auf einem Substrat (2) mit geringer Wärmeleitfähigkeit aufgebracht sind und das Substrat (2) mit der die Thermoschenkel (3a, b) aufweisenden Oberfläche auf dem Träger (8) aufliegt.
- 20 7. Thermoelektrisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in Reihe geschalteten Thermoschenkel (3a, b) auf der kalten Seite (20) mit mindestens zwei elektrischen Kontakten (14, 15) verbunden sind.
- 25 8. Thermoelektrisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass einer der beiden Kontakte (15) mit einer Durchkontaktierung (16) verbunden ist, die zu einem Kontakt (17) auf einer dem Kontakt (15)
30 gegenüberliegenden Seite des Trägerteils (10) führt.
9. Thermoelektrisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest das erste und zweite Trägerteil (10, 11) aus Keramik bestehen

10. Thermoelektrisches Element nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest das erste und zweite Trägerteil (10, 11) aus einer Mehrlagen-Niedertemperatur-Einbrand-Keramik bestehen.
- 5
11. Thermoelektrisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass in das erste und zweite Trägerteil (10, 11) Lagen (28) zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit der Trägerteile eingebettet sind.
- 10
12. Modul (29) umfassend mehrere elektrisch miteinander verbundene thermoelektrische Elemente nach einem der Ansprüche 1 bis 11.
- 15
13. Modul nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die plattenförmigen thermoelektrischen Elemente einen Stapel bilden.

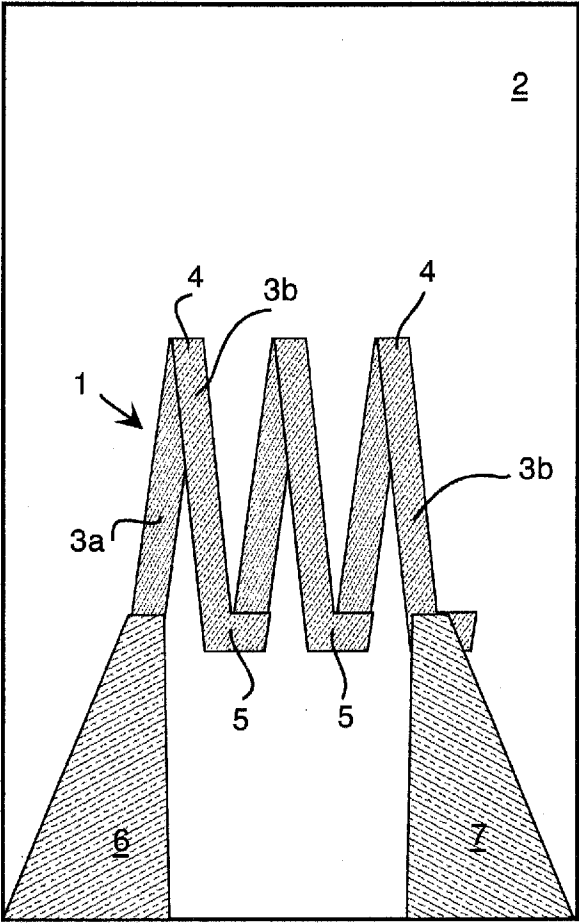


Fig. 1

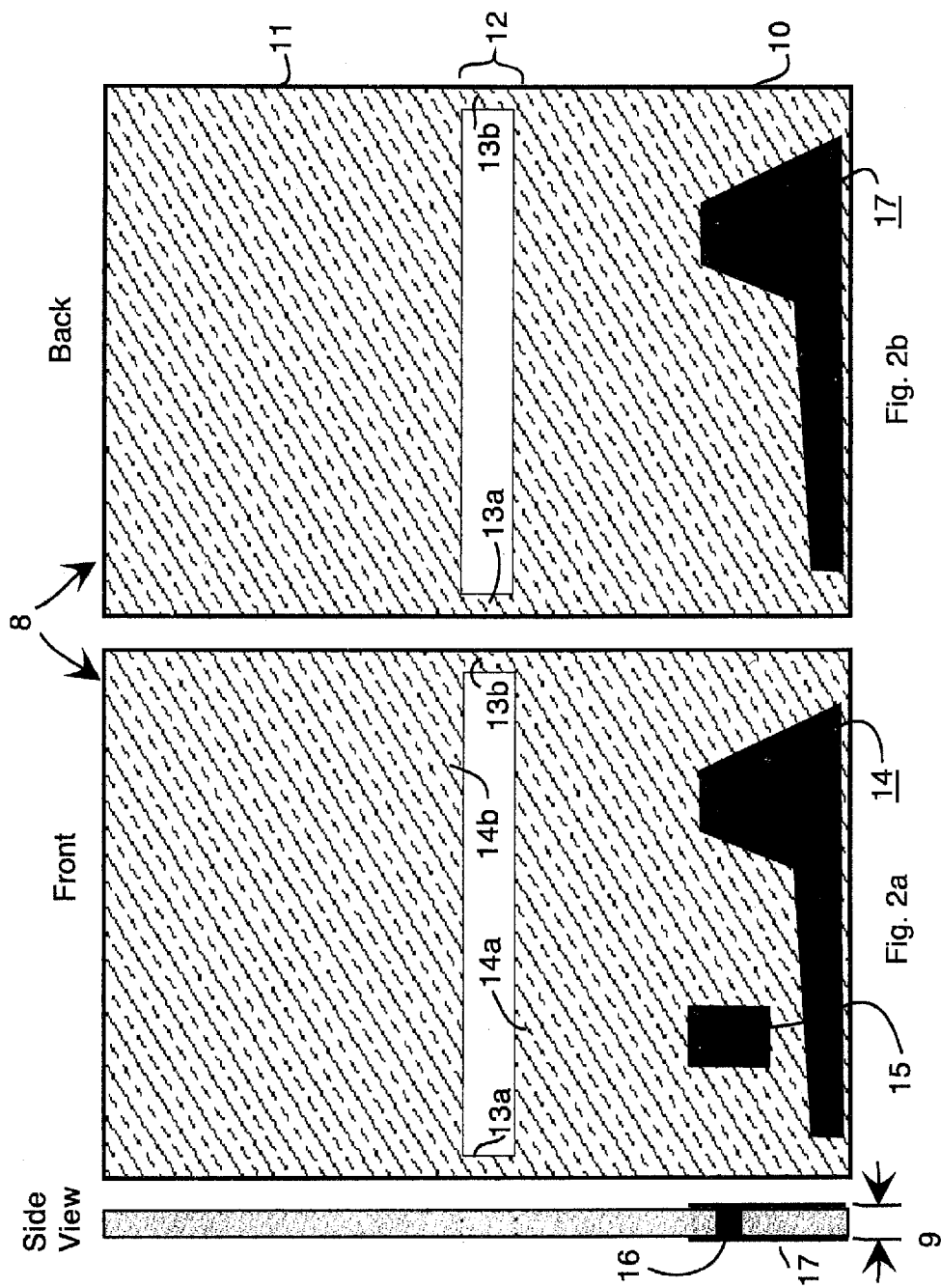
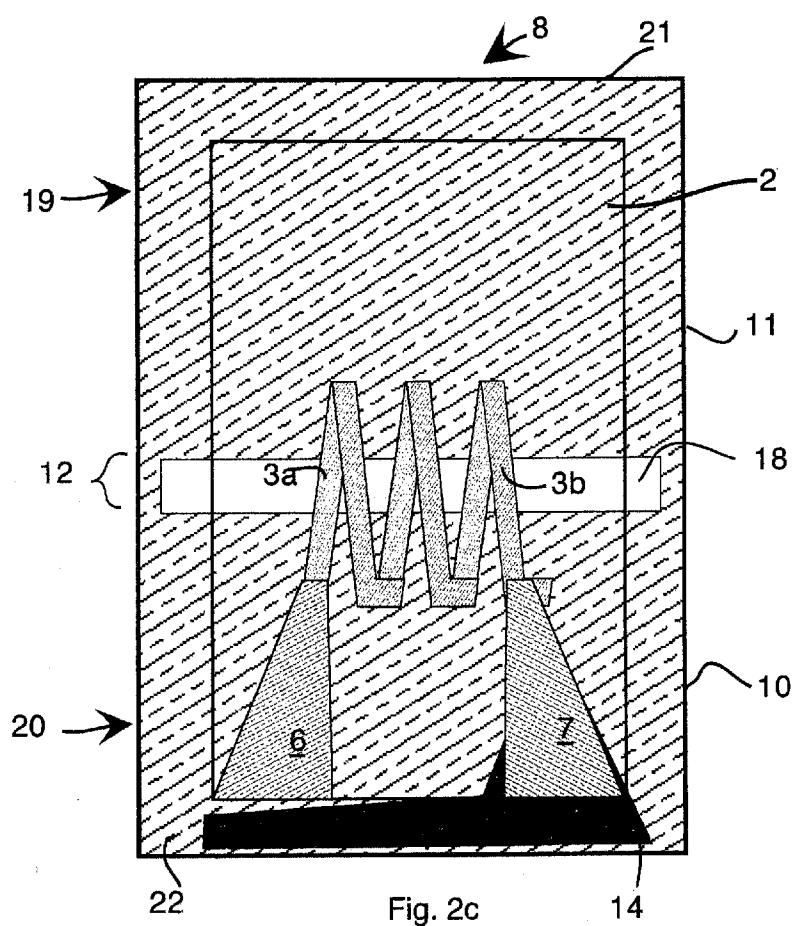


Fig. 2b

Fig. 2a



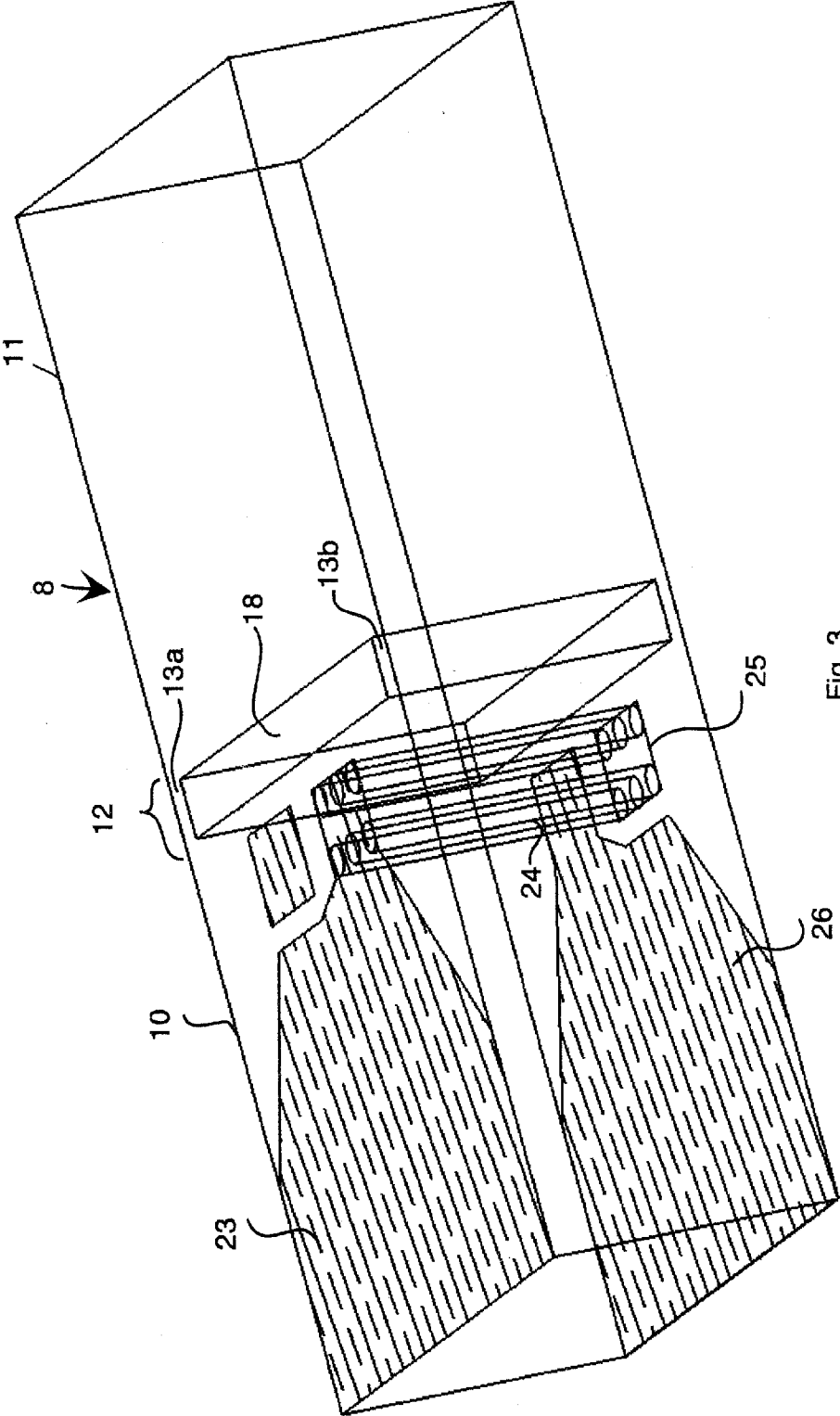


Fig. 3

5 / 8

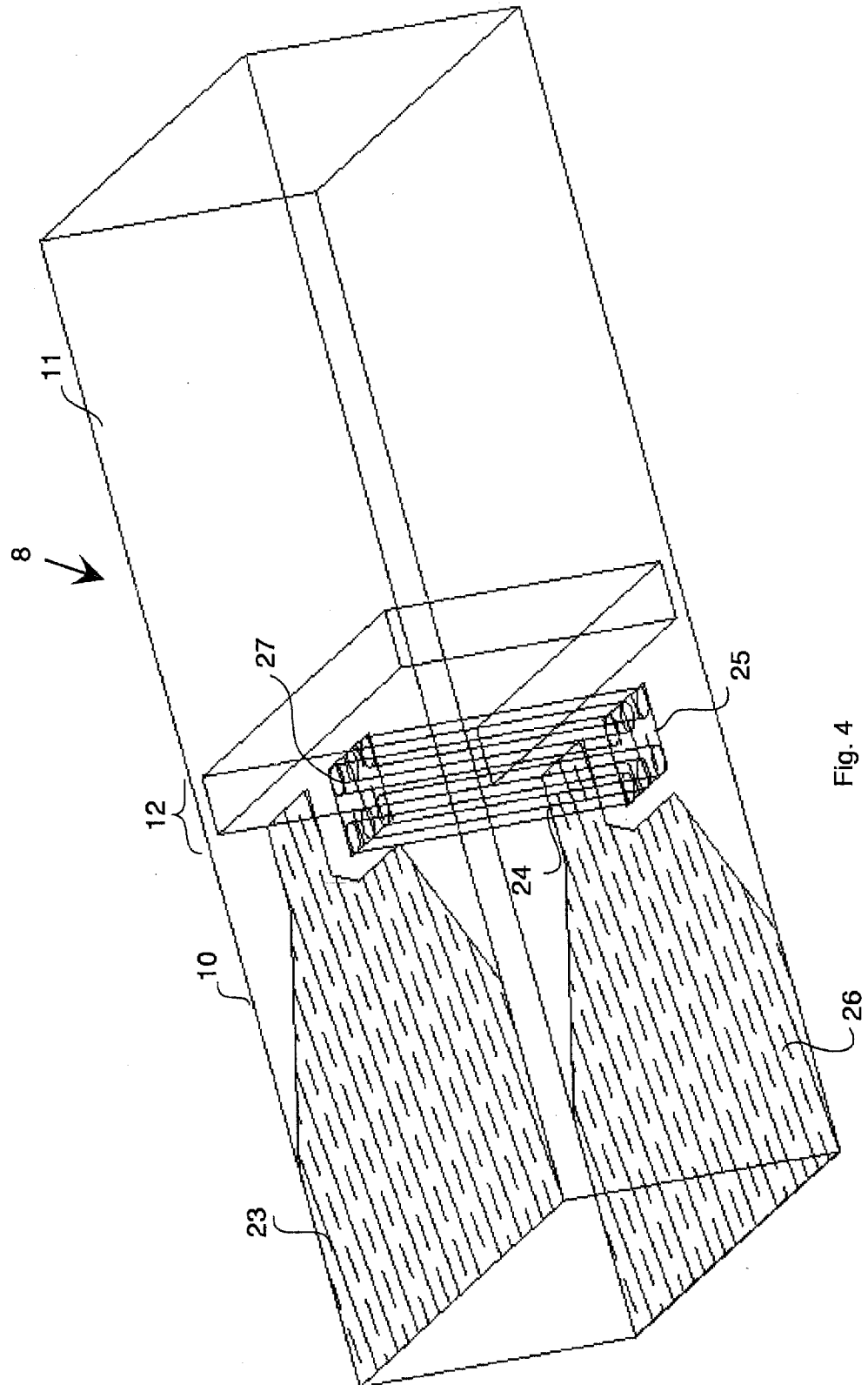


Fig. 4

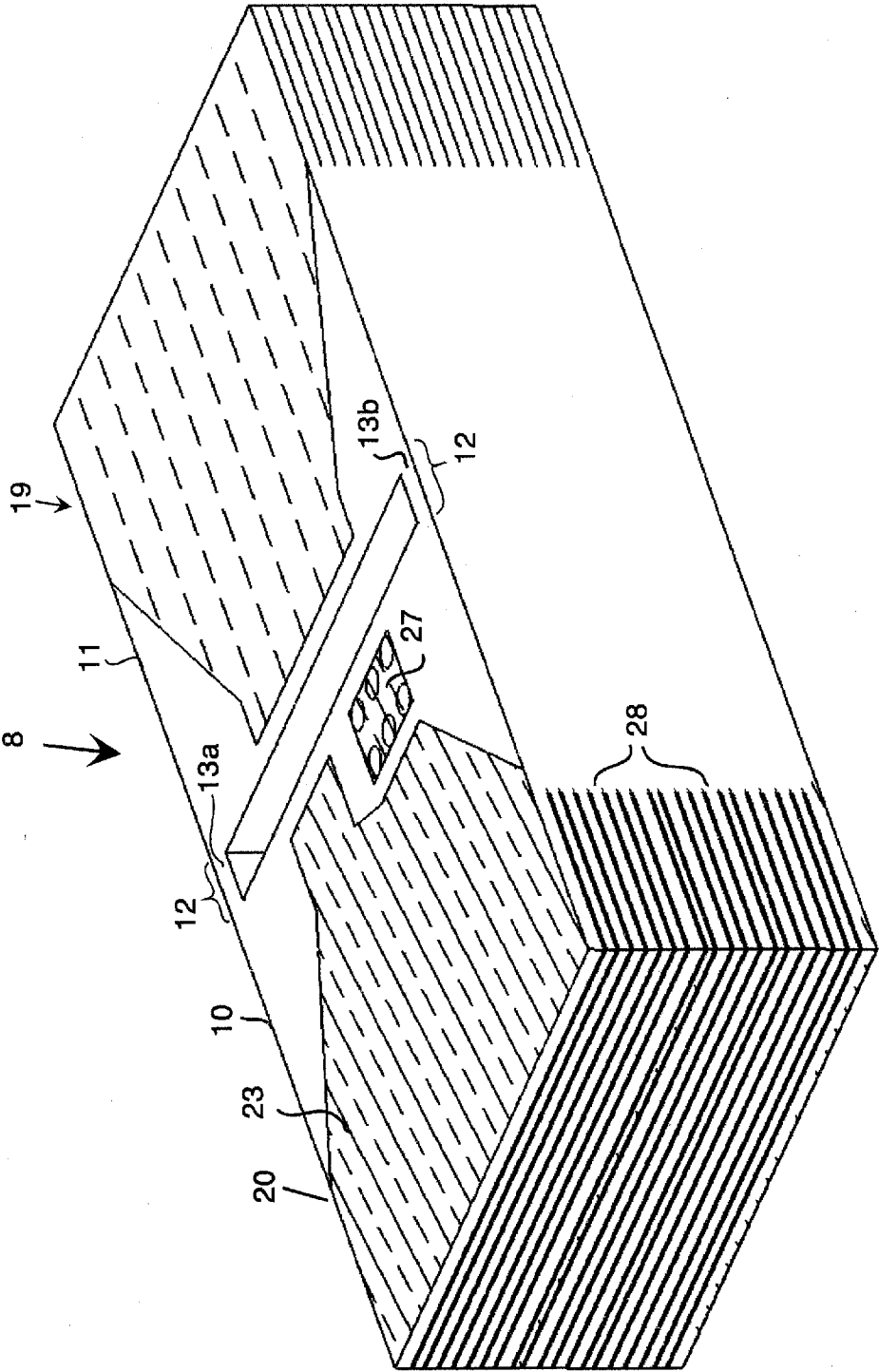


Fig. 5

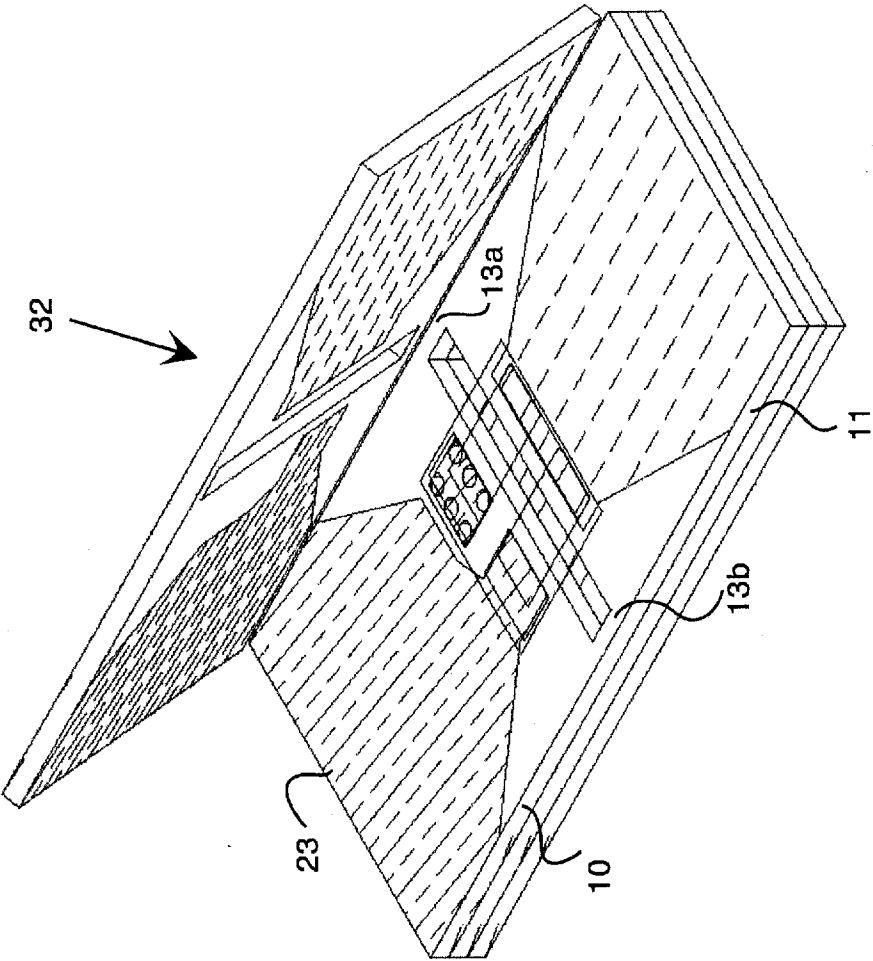


Fig. 6

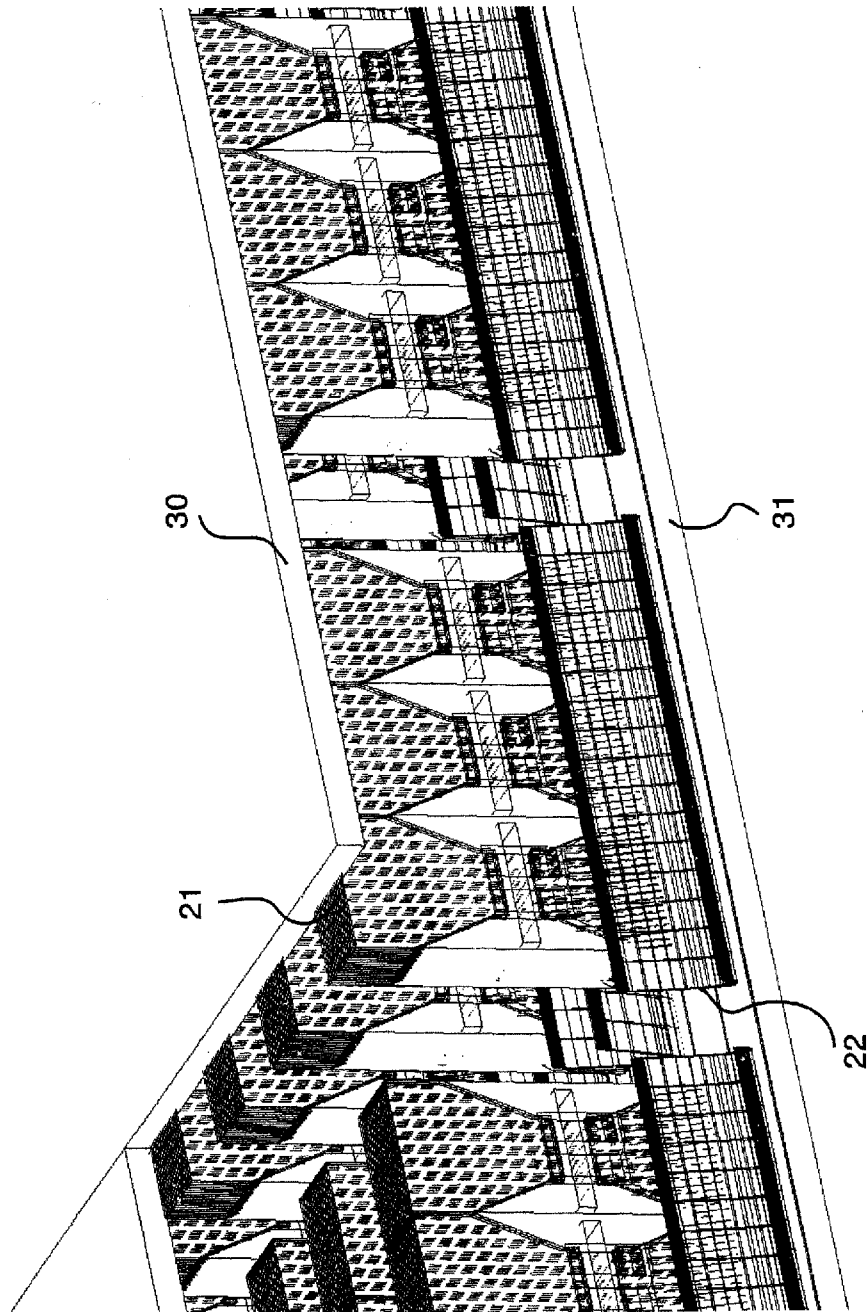


Fig. 7