

(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
2. Mai 2013 (02.05.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/060648 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/070876
- (22) Internationales Anmeldedatum:
22. Oktober 2012 (22.10.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 054 739.8
24. Oktober 2011 (24.10.2011) DE
- (71) Anmelder: **O-FLEXX TECHNOLOGIES GMBH**
[DE/DE]; Dr.-Alfred-Herrhausen-Allee 20/22 a, 47228
Duisburg (DE).
- (72) Erfinder: **HOPPE, Stefan**; Cheruskerweg 16, 46286
Dorsten (DE).
- (74) Anwalt: **KOHLMANN, Kai**; Donatusstr. 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, BN, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

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

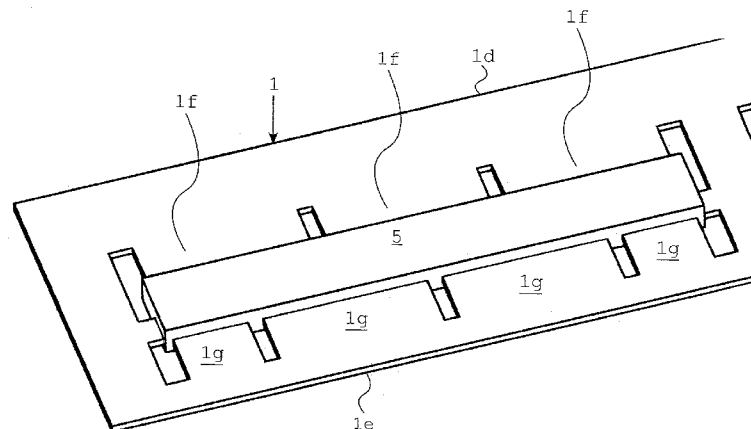
Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- 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)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: THERMOCOUPLE AND METHOD OF PRODUCTION

(54) Bezeichnung : THERMOELEMENT UND HERSTELLUNGSVERFAHREN



Figur 3

(57) Abstract: A method for the low-cost production of sheet-like thermocouples comprises the following steps: - providing an electrically and thermally conductive substrate having at least one clearance, which subdivides the substrate into substrate regions, - fitting thermocouples onto the substrate, wherein each thermocouple is connected to a region of the substrate on a hot side and on a cold side, - applying an encapsulation, so that at least each thermocouple is enclosed and the encapsulation enters into a material bond with the regions of the substrate, - separating parts of the substrate in such a way as to prevent a flow of electric current between the regions of the substrate through the at least one clearance. The invention also relates to a substrate that is suitable for carrying out the method and to a thermocouple that can be produced by the method.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/060648 A2



— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

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

Ein Verfahren zur preiswerten Herstellung von flächigen Thermoelementen umfasst folgende Schritte:- Bereitstellen eines elektrisch und thermisch leitfähigen Substrats mit mindestens einer Durchbrechung, die das Substrat in Substratbereiche unterteilt, - Bestücken des Substrats mit Thermoschenkeln, wobei jeder Thermoschenkel mit einem Substratbereich auf einer heißen und einer kalten Seite verbunden wird, - Anbringen einer Kapselung, so dass zumindest jeder Thermoschenkel eingeschlossen wird und die Kapselung sich stoffschlüssig mit den Substratbereichen verbindet, -Abtrennen von Teilen des Substrats derart, dass durch die mindestens eine Durchbrechung ein elektrischer Stromfluss zwischen den Substratbereichen verhindert wird. Außerdem betrifft die Erfindung ein für die Durchführung des Verfahrens geeignetes Substrat und ein nach dem Verfahren herstellbares Thermoelement.

Thermoelement und Herstellungsverfahren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Thermoelements mit mindestens zwei Thermoschenkeln jeweils aus p- und n-dotiertem Halbleitermaterial, die abwechselnd an
5 einer heißen und einer kalten Seite elektrisch leitend miteinander verbunden sind, ein nach dem Verfahren herstellbares Thermoelement sowie ein für das Verfahren bereitgestelltes Substrat.

10 Die Wirkungsweise von Thermoelementen 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
15 Entstehen einer Spannung beschreibt, tritt der Peltier-Effekt ausschließlich durch das Fließen eines äußeren Stromes auf. Der Peltier-Effekt tritt auf, wenn zwei Leiter oder Halbleiter mit unterschiedlichen elektronischen Wärmekapazitäten in Kontakt gebracht werden und durch einen
20 von außen angelegten elektrischen Strom Elektronen aus dem einen Leiter / Halbleiter in den anderen fließen. In einem stromdurchflossenen Thermopaar treten immer beide thermoelektrischen Effekte auf.

25 Thermoelemente 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
30 Bi_2Te_3 , PbTe , SiGe , BiSb oder FeSi_2 .

Ein herkömmliches Thermoelement besteht aus zwei oder mehreren kleinen Quadern aus p- und n-dotiertem Halbleitermaterial, die abwechselnd oben und unten durch
35 Metallbrücken miteinander verbunden sind. Die Metallbrücken

bilden zugleich die thermischen Kontaktflächen auf einer heißen bzw. kalten Seite des Thermoelementes und sind zumeist zwischen zwei im Abstand zueinander angeordneten Keramikplatten angeordnet. Jeweils ein n-dotierter und ein p-dotierter Quader 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 Metallbrücken so miteinander verbunden, dass sie eine Reihenschaltung ergeben.

10

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

20

Die Kantenlängen der Quader in sämtlichen Richtungen betragen 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. Die Quader benötigen viel Halbleitermaterial, das zur Erzielung des thermoelektrischen Effektes nicht erforderlich ist.

25

30

Die GB 911 828 A offenbart ein Thermoelement an dessen Quadern Metallplatten sowohl auf der kalten als auch der heißen Seite angelötet sind. Die auf der heißen und kalten Seite versetzt zueinander angeordneten Metallplatten sind jeweils entlang einer Linie um 90° abgekantet. Die

35

abgekanteten Bereiche der Metallplatten auf der heißen und kalten Seite sind parallel und im Abstand zueinander angeordnet. Zwischen den abgekanteten Bereichen gegenüberliegender Metallplatten werden die Quader verlötet.

5 Anschließend werden die Quader und Teile der Platten in einer elektrisch isolierenden und thermisch schlecht leitenden Masse vergossen. Durch den Verguss soll die Stabilität des Thermoelements verbessert werden. Ein Nachteil des bekannten Thermoelementes besteht darin, dass die Quader für die
10 Platzierung und Verlötung zwischen den abgekanteten Bereichen relativ groß sein müssen. Die Platzierung und Verlötung zwischen den abgekanteten Bereichen steht auch einer massenhaften und preiswerten Herstellung der Thermoelemente entgegen.

15 Neben den herkömmlichen Thermoelementen sind so genannte Dünnschicht-Thermoelemente bekannt. Aus der DE 101 22 679 A1 ist beispielsweise ein Dünnschicht-Thermoelement bekannt, das ein flexibles Substratmaterial aus Kunststoff aufweist, auf
20 dem Dünnschicht-Thermopaare aufgebracht sind. Es werden nebeneinander angeordnete, streifenförmige Thermoschenkel aus einem ersten Material und aus einem zweiten Material gebildet, wobei die Thermoschenkel an ihren Enden jeweils paarweise über eine Kopplungsstruktur, insbesondere aus dem
25 zweiten Material elektrisch leitend miteinander verbunden sind. Das Aufbringen der Thermoschenkel und Kopplungsstrukturen erfolgt mittels üblicher Abscheidungsverfahren. Durch die abwechselnd an der heißen und an der kalten Seite gekoppelten Thermoschenkel wird eine
30 Serienschaltung von mehreren Thermopaaren auf einer kleinen Fläche von etwa 8 x 15 mm gebildet. Die Dicke der Thermoschenkel eines Dünnschicht-Thermoelementes liegt in einem Bereich von 1-10µm.

35 Die Dünnschichttechnik hat den Nachteil, dass der elektrische Widerstand des Thermoschenkels aufgrund der geringen

Schichtdicke sehr groß ist, was sich nachteilig auf den Wirkungsgrad auswirkt. Um die instabilen Thermoschenkel zu stabilisieren, müssen diese zwingend vollflächig auf dem Kunststoffsubstrat aufgebracht werden. Die geringe

5 Wärmeleitfähigkeit des Kunststoffsubstrats wirkt sich zwar grundsätzlich positiv auf den Wirkungsgrad des Dünnschicht-Thermoelementes aus, problematisch ist jedoch die Ein- und Auskopplung der Wärme in die Kopplungsstrukturen des Thermoelementes an der heißen und kalten Seite, die auf dem
10 Substrat aus Kunststoff aufgebracht sind. Schließlich ist das Aufbringen der Thermoschenkel auf das Kunststoffsubstrat und damit die Herstellung des Thermoelementes aufwändig.

Die EP 1 976 034 A offenbart ein weiteres Dünnschicht-
15 Thermoelement, dessen Thermoschenkel auf einem Substrat mit teilweise isolierenden Eigenschaften angeordnet sind, das sich zwischen zwei Rahmenteilern an der heißen und kalten Seite des Thermoelementes erstreckt.

20 Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur preiswerten Herstellung von insbesondere flächigen Thermoelementen mit einer den herkömmlichen Thermoelementen vergleichbaren Stabilität bei gleichzeitig reduziertem Einsatz an
25 thermoelektrischem Material vorzuschlagen.

Des weiteren soll ein für die Durchführung des Verfahrens geeignetes Substrat und ein nach dem Verfahren herstellbares flächiges Thermoelement mit hoher Stabilität angegeben
30 werden.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs erwähnten Art dadurch gelöst, dass dieses die folgenden Schritte umfasst:

35

- Bereitstellen eines Substrats, das ausschließlich aus einem elektrisch und thermisch leitfähigen Material besteht und mindestens eine Durchbrechung aufweist, die das Substrat in Substratbereiche auf der heißen und Substratbereiche auf der kalten Seite des Thermoelementes unterteilt,
- Bestücken des Substrats mit Thermoschenkeln, wobei jeder Thermoschenkel auf einem Substratbereich auf der heißen Seite und einem Substratbereich auf der kalten Seite platziert und elektrisch und thermisch leitend mit dem Substratbereich auf der heißen Seite und dem Substratbereich auf der kalten Seite verbunden wird,
- Anbringen einer Kapselung, so dass zumindest jeder Thermoschenkel eingeschlossen wird und die Kapselung sich stoffschlüssig mit dem Substratbereich auf der heißen Seite und dem Substratbereich auf der kalten Seite jedes Thermoschenkels verbindet,
- Abtrennen von Teilen des Substrats derart, dass durch die mindestens eine Durchbrechung in dem Substrat ein elektrischer Stromfluss zwischen den Substratbereichen verhindert wird.

Auf dem bereitgestellten, vorzugsweise ebenen Substrat bestimmt die Durchbrechung die Lage der Substratbereiche auf der heißen und kalten Seite zueinander. Nach dem Bestücken und vorzugsweise nach dem Kapseln werden lediglich zur Stabilisierung vorgesehene Substratteile, insbesondere rahmenförmig die Substratbereiche umgebende Substratteile, abgetrennt. Nach dem Abtrennen der stabilisierenden und die Substratbereiche elektrisch leitend verbindenden Substratteile wird durch die mindestens eine Durchbrechung ein direkter elektrischer Stromfluss zwischen sämtlichen

Substratbereichen auf der heißen und kalten Seite verhindert. Die Fixierung der Lage der Substratbereiche zueinander übernehmen nun die Thermoschenkel, die zuvor die Durchbrechung überbrückend mit einem Substratbereich auf der heißen Seite und einem Substratbereich auf der kalten Seite verbunden wurden sowie die vorzugsweise vor dem Abtrennen der Substratteile angebrachte Kapselung. Der gewollte Stromfluss zwischen den Substratbereichen über die die Durchbrechung überbrückenden Thermoschenkel ist jedoch uneingeschränkt möglich und wird durch das Abtrennen der Substratteile nicht beeinträchtigt. Zugleich werden die Substratbereiche auf der heißen und kalten Seite durch das Abtrennen der Substratteile thermisch entkoppelt.

Erfindungsgemäß erfolgt das Bestücken des Substrats mit Thermoschenkeln, die eine Dicke im Bereich von 20 μm - 500 μm aufweisen. Dieser Dickenbereich liegt oberhalb des Dickenbereichs der eingangs beschriebenen Dünnschichttechnik, jedoch deutlich unterhalb der geringsten Kantenlänge der Quader herkömmlicher thermoelektrischer Elemente. In diesem erfindungsgemäß genutzten Größen-Zwischenbereich lässt sich das Thermoelement, vergleichbar der Dünnschichttechnik, in einer Ebene aufbauen. Es ist möglich, elektrischen Strom und Wärme über die ebenen, elektrisch und thermisch leitfähigen Substratbereiche in die darauf aufliegenden Bereiche der flächigen Thermoschenkel zu leiten. Aufgrund der nun deutlich größeren Querschnitte der Thermoschenkel ggü. den in Dünnschichttechnik ausgeführten Thermoschenkeln lässt sich eine Kapselung zur Stabilisierung anbringen, ohne dass die thermische Effizienz stark beeinträchtigt wird. Eine vollflächige Stützung der Thermoschenkel durch ein elektrisch und thermisch schlecht leitendes Kunststoffsubstrat ist nicht mehr erforderlich; vielmehr können die Thermoschenkel unmittelbar auf die elektrisch und thermisch leitfähigen, durch die Durchbrechung beabstandeten Substratbereiche aufgebracht werden. Bei der bekannten Dünnschichttechnik ist

bei der Nutzung des Wärmestroms in Richtung des als Schicht ausgebildeten Thermoschenkels der thermische Widerstand aufgrund der geringen Schichtdicke indes so groß, dass jede Art von technisch sinnvoller Kapselung einen thermischen Kurzschluss bewirken würde.

Wenn das bestückte Substrat nach dem Abtrennen von Teilen des Substrats in ungekapselten Substratbereichen um eine Biegelinie gebogen wird, lassen sich Kontaktabschnitte in einem Winkel von etwa 90 Grad abkanten, um eine stabile Anbindung der Substratbereiche an der heißen Seite an eine Wärmequelle und der Substratbereiche an der kalten Seite an eine Wärmesenke zu ermöglichen.

Um mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Thermoelemente mit der bekannten mäanderförmigen Struktur aus Thermoschenkeln und Kopplungsstrukturen herzustellen, wird vorzugsweise ein Substrat mit den Merkmalen des Anspruchs 6 als Ausgangsmaterial bereitgestellt.

Ein insbesondere mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens herstellbares Thermoelement weist die Merkmale des Anspruchs 7 auf:

Indem die Tragteile des Thermoelements ausschließlich aus einem elektrisch und thermisch gut leitfähigen Material bestehen, entfällt die Notwendigkeit, gesonderte Kopplungsstrukturen vorzusehen, um die Thermoschenkel elektrisch leitend an der heißen bzw. kalten Seite miteinander zu verbinden. Des Weiteren verbessert das thermisch gut leitfähige Material der Tragteile die Ein- und Auskopplung der Wärme in die Kopplungsstrukturen, die von den Tragteilen selbst gebildet werden. Als elektrisch und thermisch leitfähiges Material für die Tragteile kommen insbesondere Metalle zum Einsatz, die zudem eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen und hierdurch die Ein- und

Auskopplung der Wärme in die Kopplungsstrukturen des Thermoelementes weiter verbessern.

Die ebenen Bestückungsoberflächen sämtlicher in einer Ebene
5 liegender Tragteile lassen sich mit den flächigen
Thermoschenkeln besonders einfach in automatisierten
Herstellverfahren bestücken. Ein Randbereich jedes
Thermoschenkels wird auf einem Tragteil auf der heißen Seite
und das andere Ende auf einem Tragteil auf der kalte Seite
10 platziert.

Die Tragteile sind derart im Abstand zueinander angeordnet,
dass sie untereinander nicht in Kontakt gelangen. Hierdurch
wird ein Kurzschluss zwischen den auch als
15 Kopplungsstrukturen dienenden elektrisch leitfähigen
Tragteilen verhindert. Außerdem bewirkt der Abstand zwischen
den Tragteilen, dass die Tragteile auf der heißen Seite von
den Tragteilen auf der kalten Seite thermisch entkoppelt
sind. Der Abstand kann beispielsweise als Luftspalt mit einer
20 Breite von etwa 0,1 mm ausgeführt sein.

Um den Verbund aus den Tragteilen und den relativ dünnen
Thermoschenkeln, deren Dicke vorzugsweise in einem Bereich
von 20 μm - 500 μm liegt, mechanisch weiter zu stabilisieren,
25 weist das Thermoelement mindestens eine Kapselung auf, die
stoffschlüssig mit dem Tragteil auf der heißen Seite und dem
Tragteil auf der kalten Seite jedes Thermoschenkels verbunden
ist und die jeden Thermoschenkel einschließt. Die Kapselung
bewirkt eine Fixierung der Bauteile untereinander und erhöht
30 zudem die Vibrations- und Stoßfestigkeit des Thermoelementes,
was insbesondere bei Anbringung des Thermoelementes an
(bewegten) Maschinen von Bedeutung ist. Die Kapselung stellt
zudem einen Schutz vor Berührung, Feuchtigkeit und
Verunreinigung für die empfindlichen Thermoschenkel dar. Die
35 Kapselung wird insbesondere als Verguss ausgeführt. Die
Kapselung besteht aus einem elektrisch nicht leitfähigen und

auch thermisch relativ schlecht leitfähigen Material, wie beispielsweise Schaumkeramik, Glas oder Duroplasten. Aufgrund der Dicke der Thermoschenkel in dem angegeben bevorzugten Bereich beeinträchtigt die Kapselung bei geeigneter

5 Materialwahl den Wirkungsgrad des Thermoelements kaum.

Sofern die Tragteile aus einem plastisch oder elastisch verformbaren Material bestehen, kann das Thermoelement in einer Vielzahl von möglichen Anwendungen eingesetzt werden.

10 Des Weiteren erlaubt das verformbare Material in nicht gekapselten Bereichen, das Biegen der Tragteile.

Eine verbesserte Ein- und Auskopplung der Wärme in die als Kopplungsstrukturen dienenden Tragteile wird erreicht, wenn
15 ein Kontaktabschnitt jedes Tragteils nicht von der Kapselung eingeschlossen ist. Über diesen Kontaktabschnitt kann die Wärme ungehindert durch die Kapselung ein- bzw. ausgekoppelt werden.

20 Um eine stabile Anbindung an eine Wärmequelle an der heißen bzw. Wärmesenke an der kalten Seite zu gewährleisten, können die Kontaktabschnitte aus der Ebene der Bestückungsoberfläche abgekantet sein.

25 Die abgekanteten Kontaktabschnitte lassen sich an zwei im Abstand und parallel zueinander angeordnete Platten eines Moduls befestigen, wobei die Kontaktabschnitte der Tragteile an der heißen Seite mit einer der beiden Platten und die Kontaktabschnitte der Tragteile an der kalten Seite mit der
30 anderen der beiden Platten verbunden sind. Das derart zwischen den Platten des Moduls angeordnete Thermoelement kann ein- oder mehrfach um etwa 180 Grad um eine senkrecht zu den Platten verlaufende Biegelinie abgebogen werden (gefaltetes Thermoelement).

35

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Thermoelement sowie dessen Herstellung anhand der Figuren 1 - 8 näher erläutert. Es veranschaulichen:

- 5 **Figur 1** das Bereitstellen eines Substrats zur
Herstellung eines Thermoelements,
- Figur 2** das Bestücken eines Substrats nach Figur 1 mit
Thermoschenkeln,
- 10 **Figur 3** das Anbringen einer Kapselung,
- Figur 4** das Abtrennen von Substratteilen des Substrats
nach Figur 1 und die Fertigstellung des
- 15 Thermoelements,
- Figur 5** ein Thermoelement nach Figur 4 mit
abgekanteten Kontaktabschnitten,
- 20 **Figur 6** ein Thermoelement nach Figur 5 mit
wechselweise um 180 Grad um eine Biegelinie
parallel zu den Stirnseiten des Substrats
abgebogenen Abschnitten,
- 25 **Figur 7** ein Modul mit einem mehrfach gebogenen
Thermoelement nach Figur 6 sowie
- Figur 8** ein vollständig ausgespritztes Modul nach
Figur 7.

30

Figur 1 zeigt das Bereitstellen eines plattenförmigen Substrats (1) aus einem elektrisch leitfähigen Material, insbesondere in Form eines dünnen Blechs. Die Oberflächen (1a) des flächigen und quaderförmigen Substrats (1) sind

35 seitlich durch Stirnseiten (1b, 1c), an der heißen Seite

durch eine Längsseite (1d) und an der kalten Seite durch eine Längsseite (1e) begrenzt.

In dem Substrat (1) ist eine Durchbrechung (3) angeordnet,
5 die das Substrat (1) in elektrisch leitfähige Substratbereiche (1f) auf der heißen und elektrisch leitfähige Substratbereiche (1g) auf der kalten Seite des Substrats unterteilt. Die Durchbrechung (3) weist einen ersten Abschnitt (3a) auf, der parallel zu den Längsseiten
10 (1d, 1e) des Substrats (1) verläuft. Von dem ersten Abschnitt (3a) erstrecken sich jeweils drei zweite Abschnitte (3b) in Richtung der Längsseite (1e) auf der kalten Seite des Substrats. Von dem ersten Abschnitt (3a) erstrecken sich darüber hinaus vier dritte Abschnitte (3c) in Richtung der
15 Längsseite (1d) auf der heißen Seite des Substrats, wobei die zweiten und dritten Abschnitte (3b, 3c) versetzt zueinander angeordnet sind. Ferner weist das Substrat (1) die Durchbrechung (3) und die Substratbereiche (1f, 1g) umgebende Substrateile auf, die einen Stabilisierungsrand bilden, der
20 entlang der Längsseiten (1d, 1e) sowie der Stirnseiten (1b, 1c) des Substrats (1) verläuft.

Die Durchbrechung (3) ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als Öffnung in dem Substrat zwischen den
25 verschiedenen Substratbereichen (1f, 1g) ausgeführt. Das Substrat (1) ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als Blech ausgeführt. Es kann sich jedoch auch um ein Substrat aus einem flexiblen, elektrisch leitfähigen Material handeln, das beispielsweise als Folie auf einer Spule aufrollbar ist.

30
Figur 2 zeigt, wie das Substrat (1) nach Figur 1 mit Thermoschenkeln (4) bestückt wird. Die Thermoschenkel (4) aus p-dotiertem Halbleitermaterial (4a) und n-dotiertem Halbleitermaterial (4b) werden abwechselnd an der heißen
35 Seite (1d) und der kalten Seite (1e) elektrisch leitend mittels der als Kopplungselemente dienenden Substratbereiche

(1f, 1g) elektrisch leitend miteinander verbunden. Hierzu wird jeder Thermoschenkel (4) mit einem elektrisch leitfähigen Substratbereich (1f) auf der heißen und einem elektrisch leitfähigen Substratbereich (1g) auf der kalten Seite elektrisch leitend verbunden, wodurch die bekannte, mäanderförmige Struktur der Thermoschenkel (4a, 4b) aus p- und n-dotiertem Halbleitermaterial auf dem Substrat (1) entsteht. Die elektrisch leitende Verbindung wird mit Hilfe von Lot- oder Sinterpasten oder alternativ durch elektrisch leitfähige Klebstoffe hergestellt.

Anschließend wird eine in Figur 3 dargestellte Kapselung (5) auf dem Substrat (1) aufgebracht, die sich stoffschlüssig mit dem Substrat (1) in den Substratbereichen (1f) und (1g) verbindet und die Thermoschenkel (4a, 4b) vollständig einschließt. Die Kapselung (5) erstreckt sich über den ersten Abschnitt (3a) der Durchbrechung (3) hinweg, bis in die elektrisch leitenden Substratbereiche (1f, 1g) hinein, wobei jedoch mindestens ein in Figur 4 erkennbarer Kontaktabschnitt (1h) jedes elektrisch leitfähigen Substratbereichs (1f, 1g) nicht von der Kapselung (5) eingeschlossen wird.

Um einen Kurzschluss zwischen den elektrisch leitfähigen Substratbereichen (1f, 1g) zu vermeiden, besteht die Kapselung (5) aus einem elektrisch nicht leitfähigen anorganischen oder organischen Material. Die Kapselung kann im Wege des Spritzgießens, Vergießens oder durch Aufspritzen angebracht werden. Vorzugsweise wird das für die Kapselung (5) vorgesehene Material auf beiden Oberflächen (1a) des Substrats aufgebracht, so dass die Thermoschenkel (4) sowohl von der Ober- als auch der Unterseite vollständig eingeschlossen sind.

Um einen direkten elektrischen Stromfluss zwischen den elektrisch leitfähigen Substratbereichen (1f) auf der heißen und den Substratbereichen (1g) auf der kalten Seite zu

verhindern, werden nach dem Bestücken (Figur 2) und Kapseln (Figur 3) die lediglich zur Stabilisierung dienenden Substratteile, der Stabilisierungsrand des Substrats (1), abgetrennt. Das Abtrennen kann mittels eines Lasers oder
5 eines anderen Schneid- und Stanzwerkzeugs in einem automatisierten Prozess erfolgen. Das nach dem Abtrennen des Stabilisierungsrandes fertiggestellte Thermoelement ist in Figur 4 dargestellt.

10 An den Kontaktabschnitten (1h) weist das Substrat Biegebereiche zum Biegen jedes Kontaktabschnitts (1h) um eine Biegelinie (1i) parallel zu den Längsseiten (1d, 1e) auf. Insbesondere bei relativ geringen Substratdicken kann es zweckmäßig sein, die Kontaktabschnitte (1h) etwa im Winkel
15 von 90 Grad abzubiegen, wie dies in Figur 5 dargestellt ist, um eine stabile Verbindung zu im Abstand angeordneten keramischen Platten eines Moduls mit mindestens einem Thermoelement nach Figur 5 zu schaffen. Sofern das Abtrennen des Stabilisierungsrandes mit Hilfe eines Stanzwerkzeugs
20 erfolgt, kann das Abbiegen um 90 Grad im selben Arbeitsschritt erfolgen.

Ein lang gestrecktes Thermoelement kann jeweils zwischen zwei Thermoschenkeln (4a, 4b) mehrerer ungekapselter Biegebereiche
25 zum Biegen des Substrats um eine Biegelinie (1j) parallel zu den Stirnseiten (1b, 1c) abwechselnd um 180 Grad im und gegen den Uhrzeigersinn gebogen werden. Hierdurch ergibt sich eine „gefaltete, dreidimensionale Struktur“, wie sie in Figur 6 erkennbar ist.

30 Ein Thermoelement nach Figur 5 kann unmittelbar auf einer langgestreckten Wärmequelle bzw. Wärmesenke, beispielsweise einem Rohr, befestigt werden. Handelt es sich bei der Wärmequelle bzw. Wärmesenke um einen Gegenstand mit
35 geringerer Längserstreckung, wird vorzugsweise eine gefaltete Struktur entsprechend Figur 6 mit dem Gegenstand verbunden.

Möglichkeiten zur Verbindung sind beispielsweise Löten, Verschweißen oder Kleben.

Eines oder mehrere der Thermoelemente entsprechend Figuren 4
5 oder 5 können auch zwischen zwei keramischen Platten
angeordnet werden. Figur 7 zeigt ein gefaltetes Thermoelement
entsprechend Figur 6, das zwischen zwei Platten (8a, 8b)
angeordnet ist. Die Verbindung erfolgt in gleicher Weise,
nämlich beispielsweise durch Löten, Verschweißen oder Kleben
10 der Kontaktabschnitte (1h) mit den Platten (8a, 8b). Wichtig
ist, dass die das Modul (8) bildenden Platten (8a, 8b) aus
Materialien mit guter Wärmeleitfähigkeit bestehen, wobei
durch die Platten keine elektrisch leitfähige Verbindung
zwischen den verschiedenen Kontaktabschnitten (1h)
15 hergestellt werden darf. In Betracht kommen insbesondere
Keramik-Materialien.

Schließlich kann das Modul nach Figur 7 zur weiteren Erhöhung
der mechanischen Stabilität mit einer Füllmasse (7)
20 aufgefüllt werden. Aus dem gefüllten, in Figur 8
dargestellten Modul (8) werden die elektrischen Kontakte (6)
zur Kontaktierung des Thermoelementes herausgeführt.

Ein insbesondere nach dem erfindungsgemäßen Verfahren
25 hergestelltes Thermoelement umfasst in Figur 2 erkennbare
Thermoschenkel (4a, 4b) aus p- und n-dotiertem
Halbleitermaterial, die abwechselnd an einer heißen Seite
und einer kalten Seite elektrisch leitend miteinander
verbunden sind, wobei ein Temperaturgradient zwischen der
30 heißen und der kalten Seite des Thermoelementes an den in
Figur 4 erkennbaren Kontaktabschnitten (1h) anlegbar oder
abgreifbar ist.

Das Thermoelement weist mehrere durch die in Figur 4
35 dargestellte Kapselung (5) teilweise verdeckte ebene
Tragteile auf der kalten und der heißen Seite des

Thermoelementes (10) auf, die ausschließlich aus dem elektrisch und thermisch leitfähigen Material des zur Herstellung bereitgestellten und in Figur 1 dargestellten Substrats (1) bestehen. Lediglich die Kontaktabschnitte (1h) der Tragteile ragen aus der Kapselung (5) heraus, während die ebenen, sämtlich in einer Ebene liegenden Bestückungsflächen jedes Tragteils von der Kapselung (5) eingeschlossen sind.

Jeder Thermoschenkel (4a, 4b), ist auf einer Bestückungsfläche eines Tragteils auf der heißen Seite und einer Bestückungsfläche eines Tragteils auf der kalten Seite platziert und elektrisch und thermisch leitend mit der Bestückungsfläche auf der heißen Seite und der Bestückungsfläche auf der kalten Seite verbunden. Die Bestückungsfläche wird insbesondere aus den Substratbereichen (1f, 1g) des bereitgestellten Substrats (vgl. Figur 1) gebildet.

Die Tragteile sind sämtlich derart im Abstand zueinander angeordnet, dass sie untereinander nicht in Kontakt gelangen. Der Abstand entspricht insbesondere der Breite der Durchbrechung (3) in dem Substrat nach Figur 1.

Das Thermoelement weist vorzugsweise eine insbesondere in Figur 5 erkennbare Kapselung (5) auf, die beidseitig stoffschlüssig mit dem Tragteil auf der heißen Seite und dem Tragteil auf der kalten Seite jedes Thermoschenkels verbunden ist und die jeden Thermoschenkel einschließt. Hierdurch wird der Zugang zu den Thermoschenkeln von der Unterseite über die Abstandsflächen zwischen benachbarten Tragteilen ebenfalls gekapselt.

Die in Figur 2 erkennbaren Thermoschenkel (4a, 4b) weisen eine Dicke im Bereich von 20 μm - 500 μm auf. In diesem erfindungsgemäß genutzten Größen-Zwischenbereich lässt sich

das Thermoelement, vergleichbar der Dünnschichttechnik, in einer Ebene aufbauen. Es ist möglich, elektrischen Strom und Wärme über die ebenen, elektrisch und thermisch leitfähigen Tragteile in die darauf aufliegenden Bereiche der flächigen Thermoschenkel zu leiten.

Die Tragteile bestehen aus einem plastisch verformbaren Material, insbesondere einem Metall. Dies erlaubt die Abkantung der Tragteile außerhalb des Bestückungsbereichs, um beispielsweise die in Figur 5 erkennbaren Kontaktabschnitte auszubilden.

Bezugszeichenliste

Nr.	Bezeichnung	Nr.	Bezeichnung
1	Substrat	7	Füllmasse
1a	Oberfläche		
1b	Stirnseiten	8	Modul
1c	Stirnseiten	8a	Platten (heiße Seite)
1d	Längsseite	8b	Platten (kalte Seite)
1e	Längsseite		
1f	Substratbereiche		
1g	Substratbereiche		
1h	Kontaktabschnitt		
1i	Biegelinie		
1j	Biegelinie		
3	Durchbrechungen		
3a	erster Abschnitt		
3b	zweite Abschnitte		
3c	dritte Abschnitte		
4	Thermoschenkel		
4a	p-dotiertes Halbleitermaterial		
4b	n-dotiertes Halbleitermaterial		
5	Kapselung		
6	Elektrische Kontakte		

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Thermoelements mit
mindestens zwei Thermoschenkeln (4) jeweils aus p- und n-
5 dotiertem Halbleitermaterial, die abwechselnd an einer
heißen und einer kalten Seite elektrisch leitend
miteinander verbunden sind, umfassend die Schritte:

- Bereitstellen eines Substrats (1), das ausschließlich
10 aus einem elektrisch und thermisch leitfähigen
Material besteht und mindestens eine Durchbrechung
(3) aufweist, die das Substrat (1) in
Substratbereiche (1f) auf der heißen und
Substratbereiche (1g) auf der kalten Seite des
15 Thermoelements unterteilt,

- Bestücken des Substrats (1) mit Thermoschenkeln (4),
wobei jeder Thermoschenkel (4) auf einem
20 Substratbereich (1f) auf der heißen Seite und einem
Substratbereich (1g) auf der kalten Seite platziert
und elektrisch und thermisch leitend mit dem
Substratbereich (1f) auf der heißen Seite und dem
Substratbereich (1g) auf der kalten Seite verbunden
wird,

- Anbringen einer Kapselung (5), so dass zumindest
jeder Thermoschenkel (4) eingeschlossen wird und die
Kapselung (5) sich stoffschlüssig mit dem
25 Substratbereich (1f) auf der heißen Seite und dem
Substratbereich (1g) auf der kalten Seite jedes
30 Thermoschenkels (4) verbindet,

- Abtrennen von Teilen des Substrats derart, dass durch
die mindestens eine Durchbrechung (3) in dem Substrat
35 (1) ein elektrischer Stromfluss zwischen den
Substratbereichen (1f, 1g) verhindert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
das Substrat (1) mit Thermoschenkeln (4) mit einer Dicke
im Bereich von 20 µm - 500 µm bestückt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das Abtrennen von Teilen des Substrats (1) nach dem
Anbringen der Kapselung (5) erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch
gekennzeichnet**, dass das bestückte Substrat (1) nach dem
Abtrennen von Teilen des Substrats in ungekapselten
Substratbereichen um eine Biegelinie (1i) gebogen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch
gekennzeichnet**, dass zwei Platten (8a, 8b) aus einem
Isolierstoff im Abstand und parallel zueinander
angeordnet werden und das Substrat (1) an der heißen
Seite mit einer der beiden Platten (8a) und an der kalten
Seite mit der anderen der beiden Platten (8b) verbunden
wird.
6. Substrat zur Bereitstellung in einem Verfahren nach einem
der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- das Substrat (1) ausschließlich aus einem elektrisch
und thermisch leitfähigen Material besteht,
 - das Substrat (1) quaderförmig ist,
 - die Oberflächen (1a) des Substrats (1) seitlich durch
Stirnseiten (1b, 1c) und an der heißen und kalten
Seite durch Längsseiten (1d, 1e) begrenzt sind,
 - das Substrat mindestens eine Durchbrechung (3)
aufweist, die das Substrat (1) in Substratbereiche
(1f) auf der heißen und Substratbereiche (1g) auf der
kalten Seite des Thermoelementes unterteilt, wobei

- die Durchbrechung (3) in dem Substrat (1) einen ersten Abschnitt (3a) aufweist, der parallel zu den Längsseiten (1d, 1e) verläuft,
- 5 - die Durchbrechung (3) in dem Substrat (1) mindestens einen zweiten Abschnitt (3b) aufweist, der sich von dem ersten Abschnitt (3a) in Richtung der Längsseite (1e) auf der kalten Seite erstreckt,
- 10 - die Durchbrechung (3) in dem Substrat (1) mindestens einen dritten Abschnitt (3c) aufweist, der sich von dem ersten Abschnitt (3a) in Richtung der Längsseite (1d) auf der heißen Seite erstreckt und
- 15 - die zweiten und dritten Abschnitte (3b, 3c) versetzt zueinander angeordnet sind.

7. Thermoelement mit mindestens zwei Thermoschenkeln jeweils aus p- und n-dotiertem Halbleitermaterial, die
20 abwechselnd an einer heißen und einer kalten Seite elektrisch leitend miteinander verbunden sind, wobei ein Temperaturgradient zwischen der heißen und der kalten Seite des Thermoelementes anlegbar oder abgreifbar ist,
dadurch gekennzeichnet, dass

- 25
- das Thermoelement mehrere Tragteile auf der heißen und mehrere Tragteile auf der kalten Seite des Thermoelements aufweist, die ausschließlich aus einem elektrisch und thermisch leitfähigen Material
 - 30 bestehen,
 - jedes Tragteil eine ebene Bestückungsoberfläche aufweist,
 - 35 - die ebenen Bestückungsoberflächen sämtlicher Tragteile in einer Ebene liegen,

- die Tragteile derart im Abstand zueinander angeordnet sind, dass sie untereinander nicht in Kontakt gelangen,

5

- jeder Thermoschenkel mit der Bestückungsoberfläche eines Tragteils auf der heißen und der Bestückungsoberfläche eines Tragteils auf der kalten Seite elektrisch und thermisch leitend verbunden ist und

10

- das Thermoelement mindestens eine Kapselung aufweist, die stoffschlüssig mit dem Tragteil auf der heißen Seite und dem Tragteil auf der kalten Seite jedes Thermoschenkels verbunden ist und die jeden Thermoschenkel einschließt.

15

8. Thermoelement nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Thermoschenkel eine Dicke im Bereich von 20 µm - 500 µm aufweisen.

20

9. Thermoelement nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tragteile aus einem plastisch oder elastisch verformbaren Material bestehen.

25

10. Thermoelement nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Kontaktabschnitt (1h) der Tragteile nicht von der Kapselung (5) eingeschlossen ist.

30

11. Thermoelement nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kontaktabschnitt (1h) aus der Ebene der Bestückungsoberfläche abgekantet ist.

12. Modul umfassend mindestens ein Thermoelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Modul (8) zwei im Abstand und parallel zueinander angeordnete Platten (8a, 8b) aus einem Isolierstoff aufweist, wobei das Thermoelement an der heißen Seite mit einer der beiden Platten (8a) und an der kalten Seite mit der anderen der beiden Platten (8b) verbunden ist.

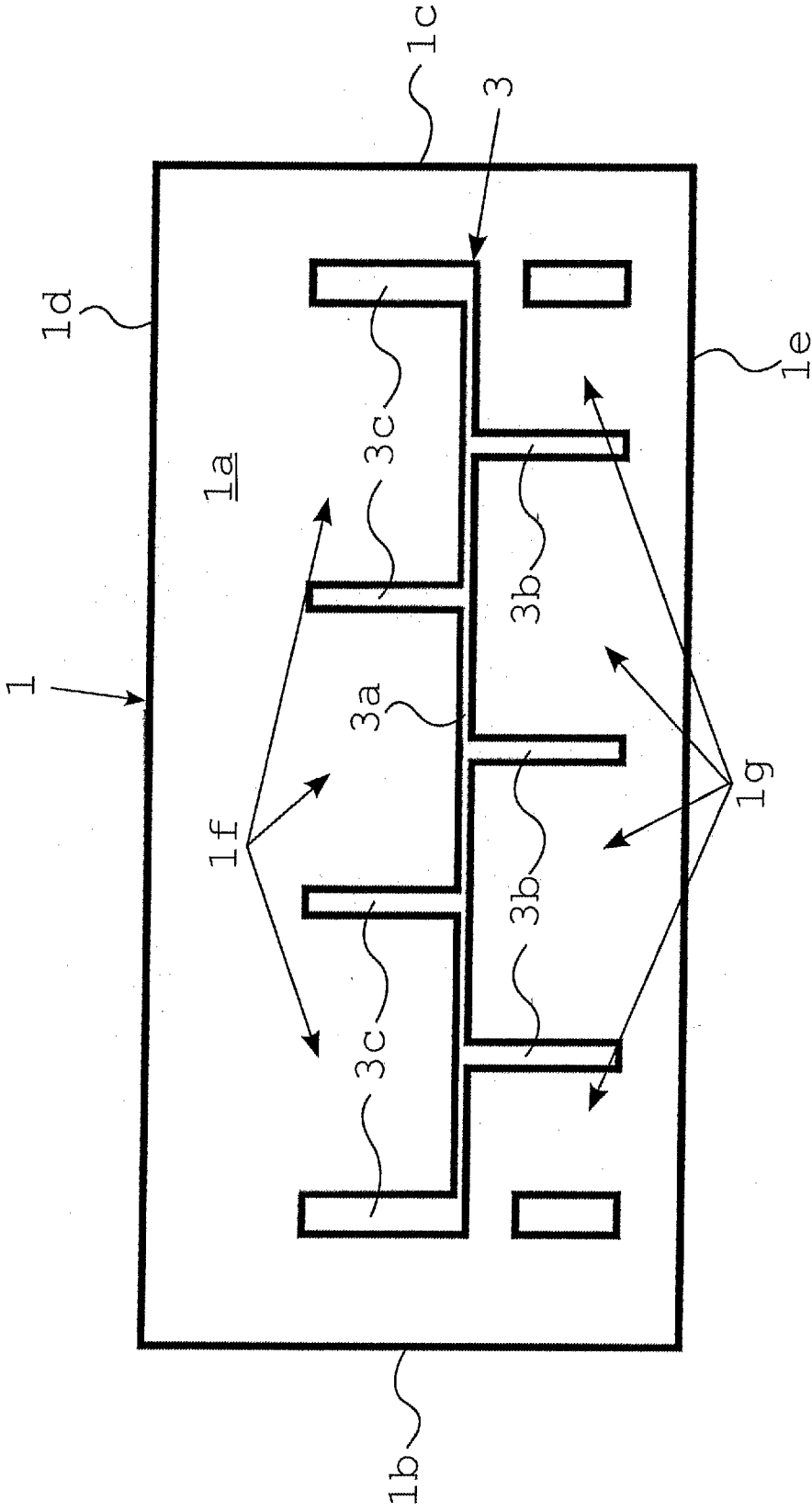
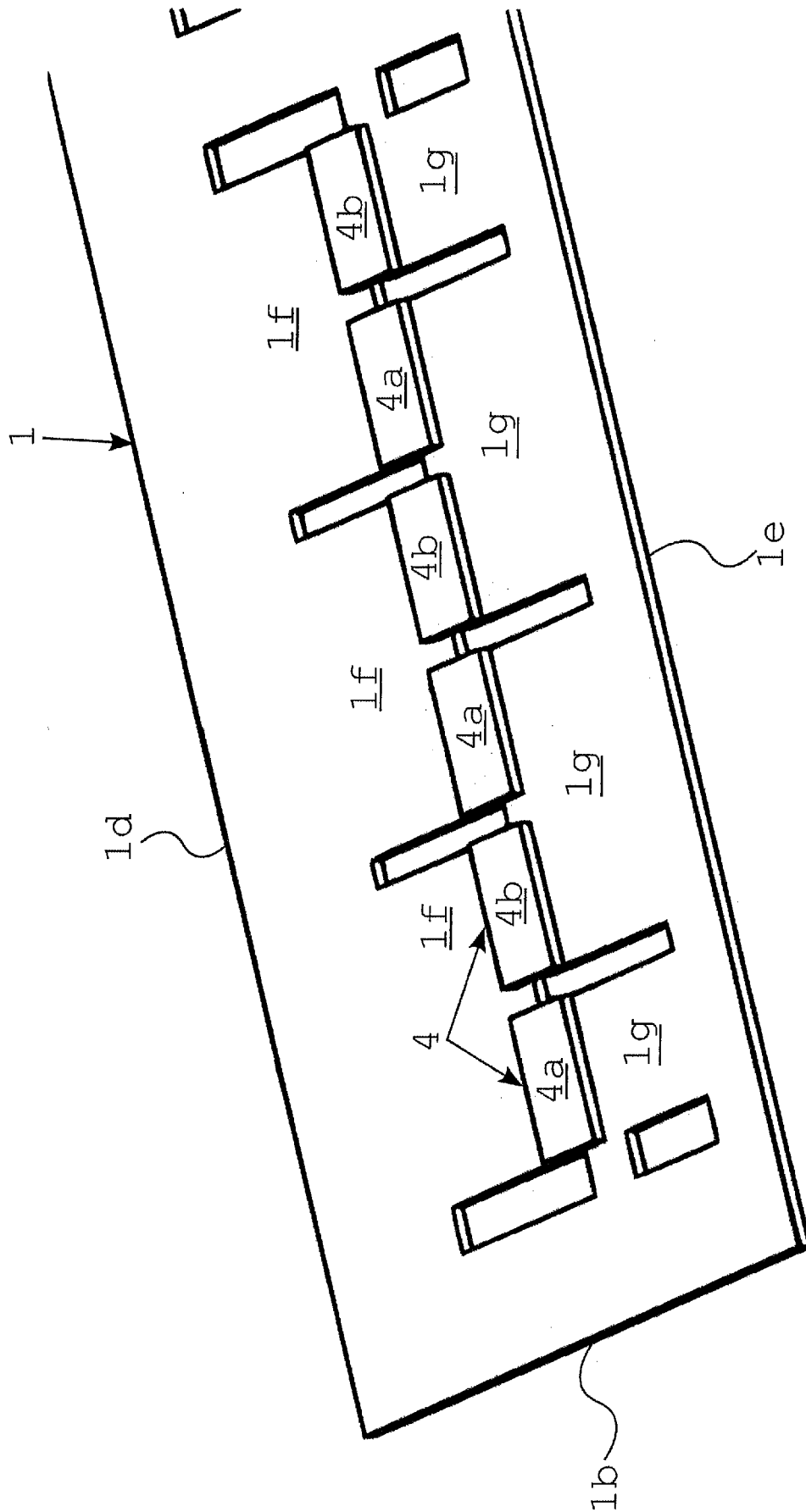


Figure 1



Figur 2

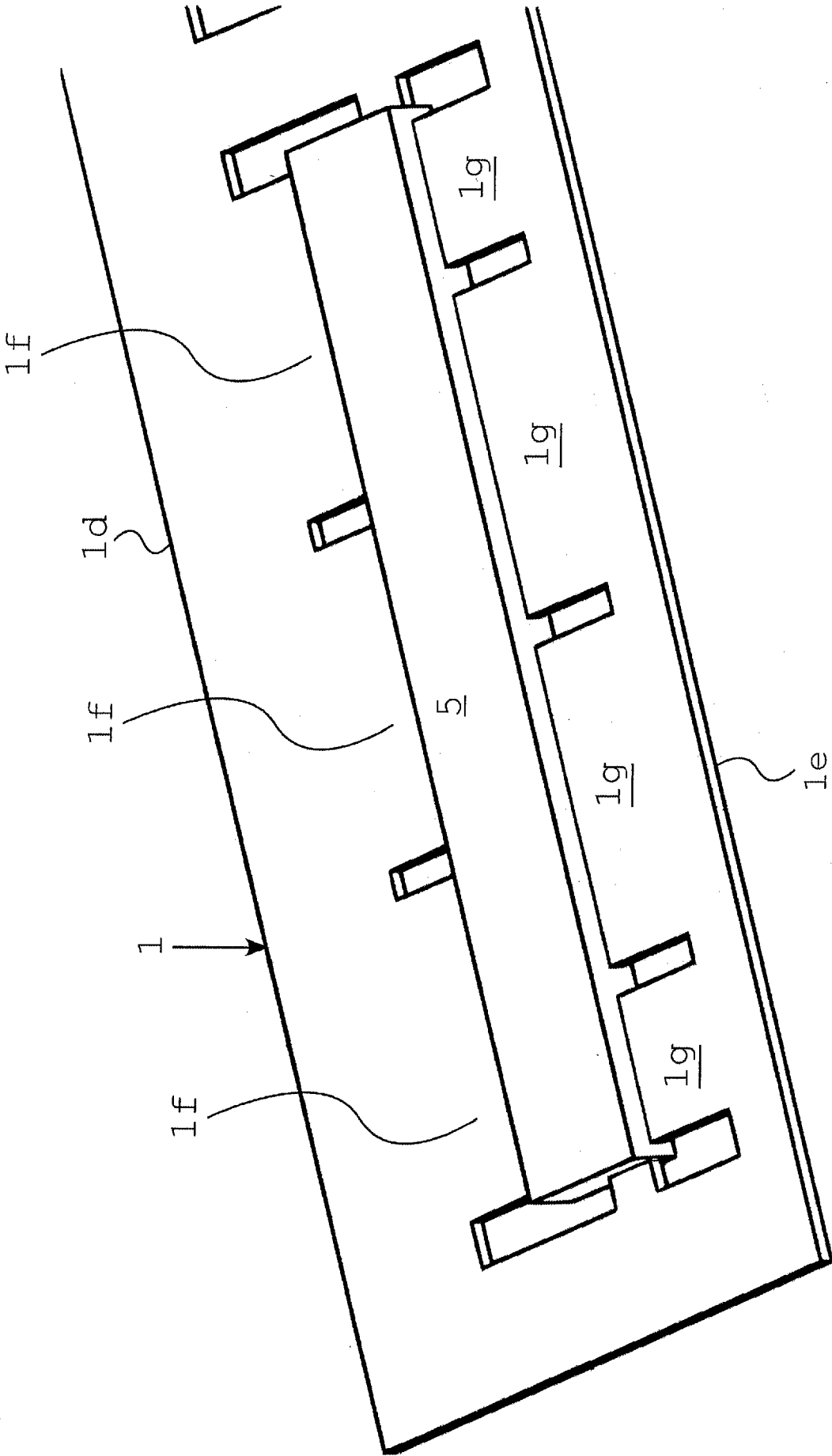


Figure 3

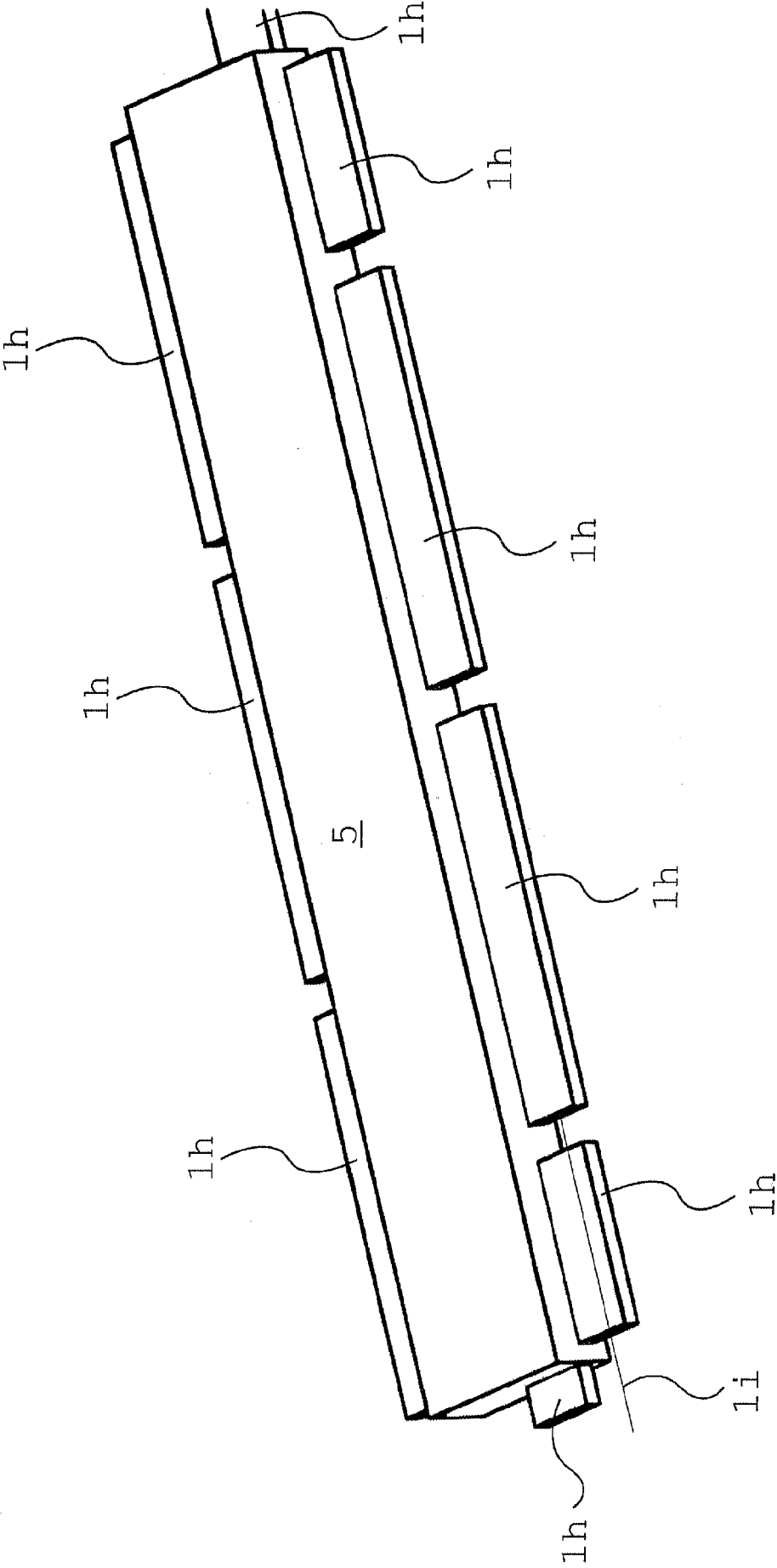


Figure 4

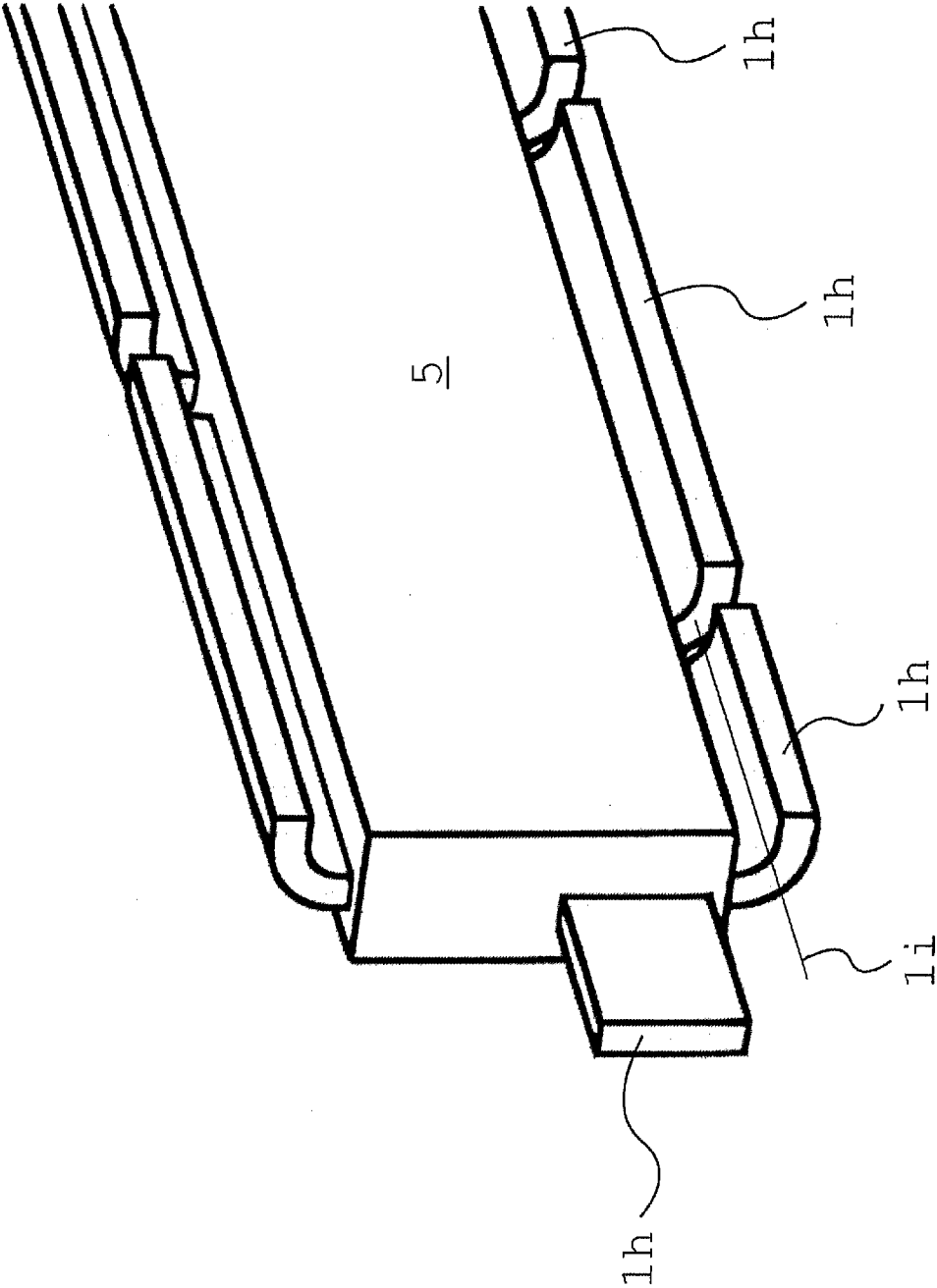


Figure 5

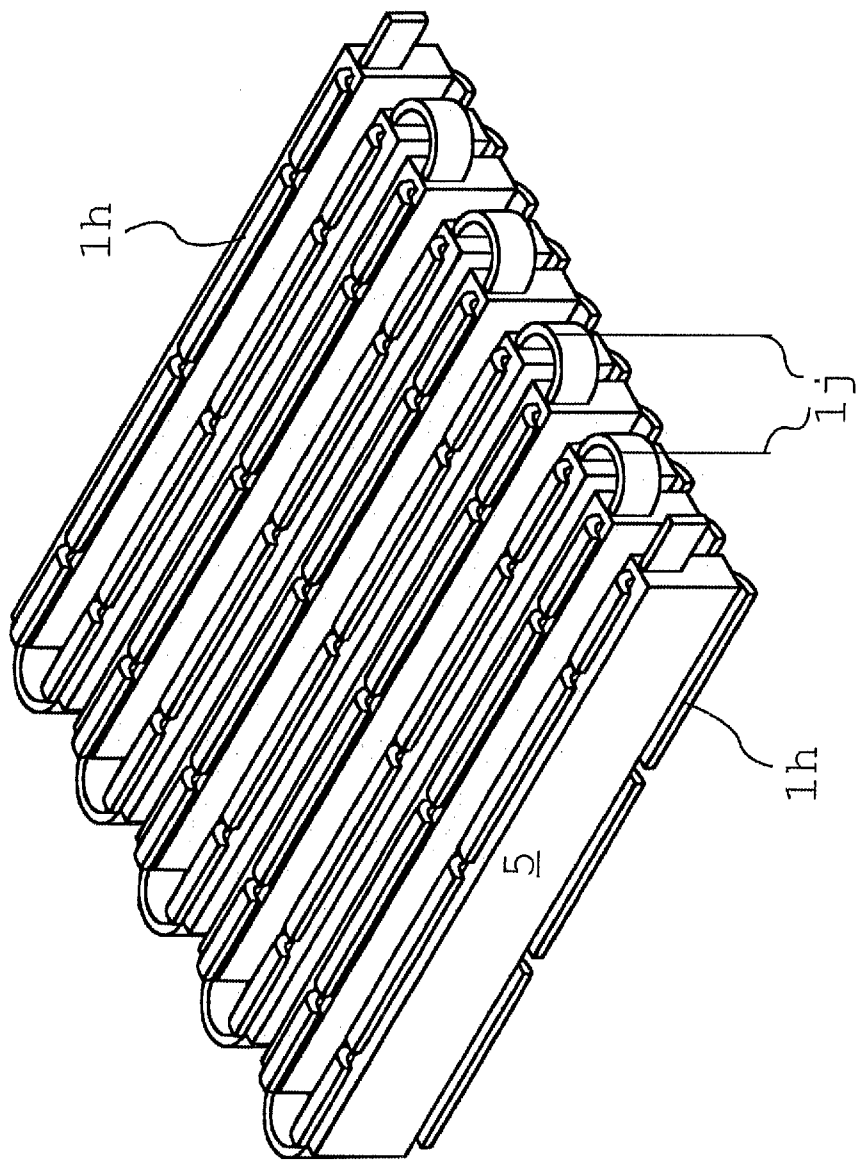


Figure 6

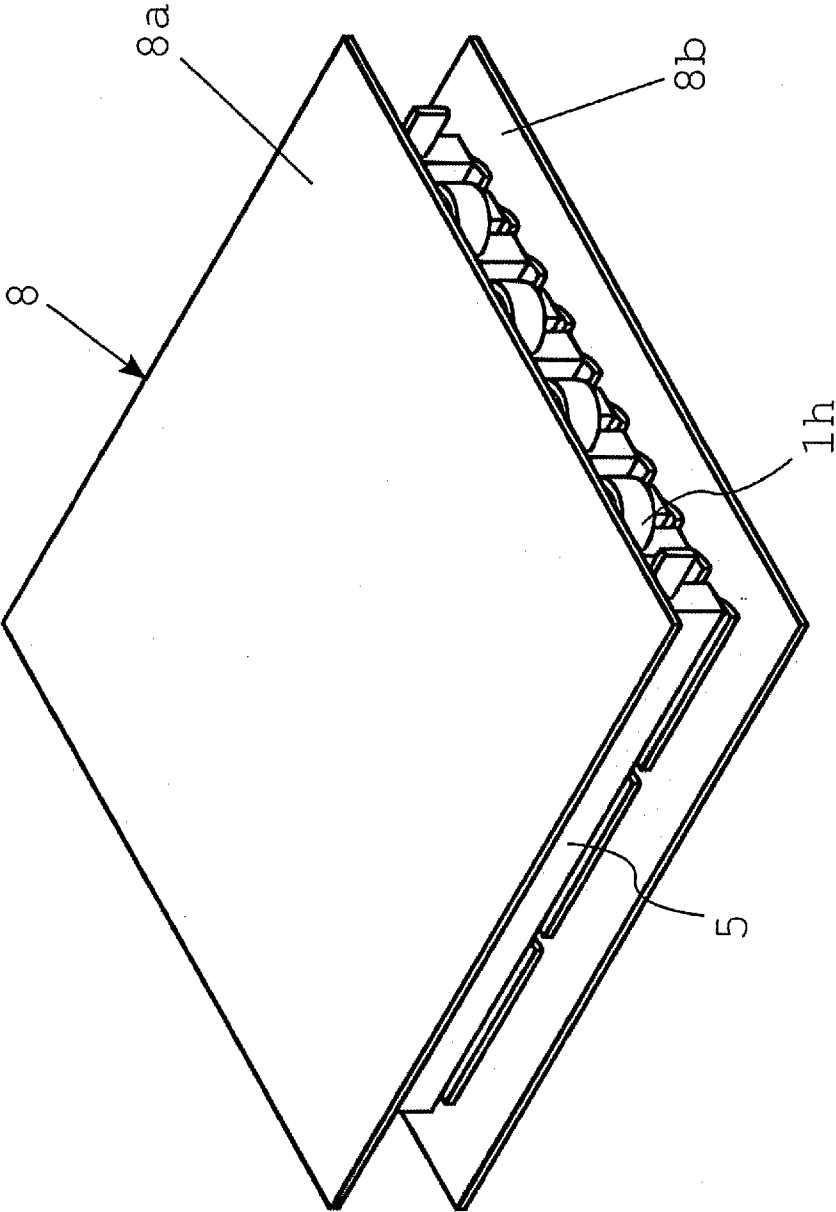
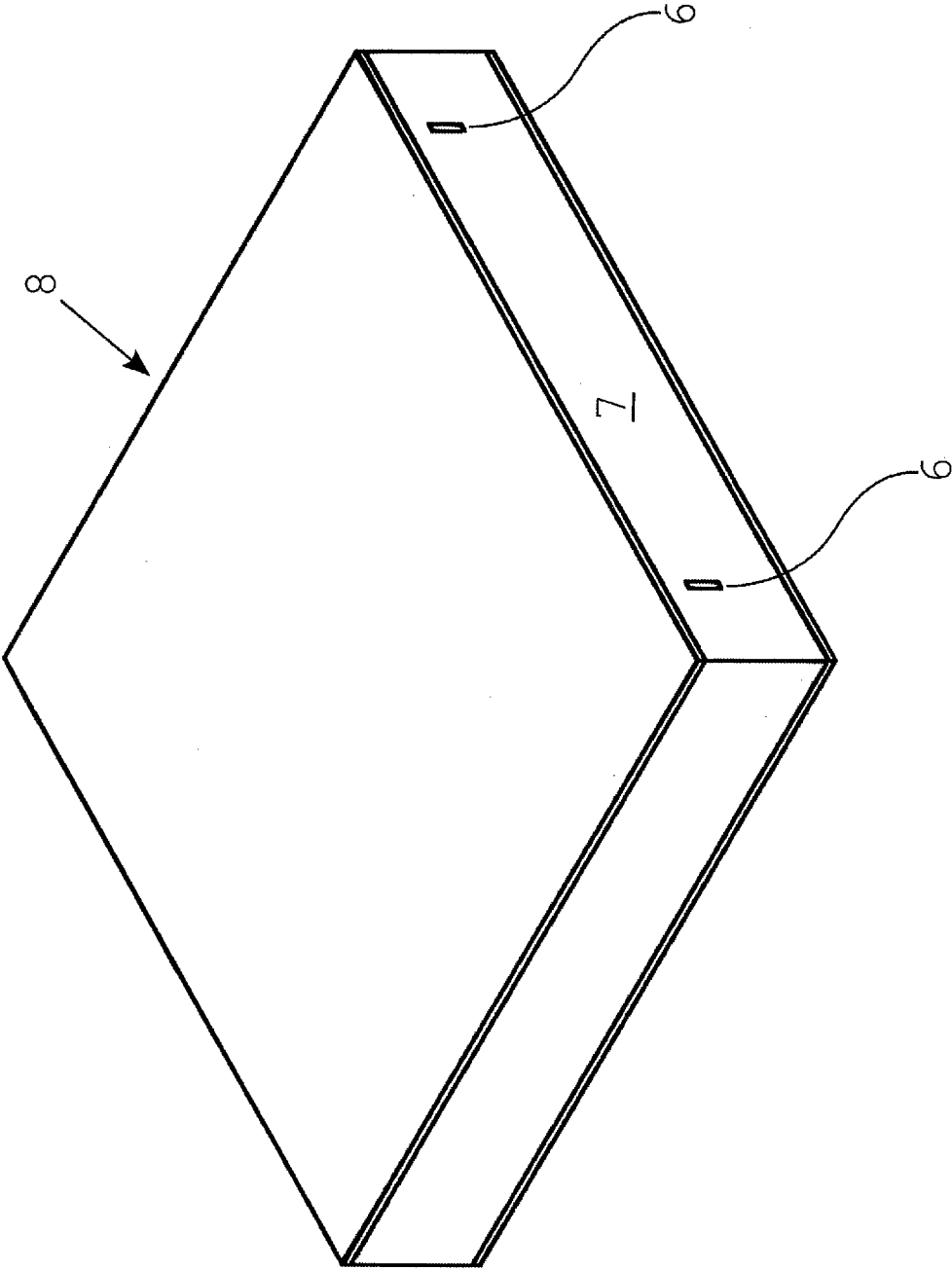


Figure 7



Figur 8