

(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
3. Juli 2014 (03.07.2014)



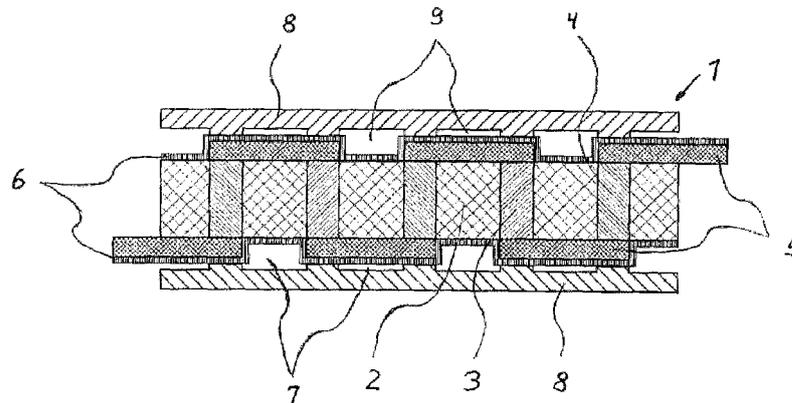
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/102239 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
H01L 35/28 (2006.01) *H01L 35/32* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2013/077901
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
23. Dezember 2013 (23.12.2013)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
2993/12 28. Dezember 2012 (28.12.2012) CH
- (71) **Anmelder:** GREENTEG AG [CH/CH];
Technoparkstrasse 1, K43, CH-8005 Zürich (CH).
- (72) **Erfinder:** DURRER, Lukas; Rohrgartenstrasse 67, CH-9642 Ebnat-Kappel (CH). HELBLING, Thomas; Talackerstrasse 30, CH-8500 Frauenfeld (CH). SCHWYTER, Etienne; Rosenweg 9, CH-6343 Buonas (CH). GLATZ, Wulf; Josefstrasse 46, CH-8005 Zürich (CH). STEIN, Peter; Müllerstrasse 37, CH-8004 Zürich (CH).
- (74) **Anwalt:** FLOMMHOLD, Joachim; Schneider Feldmann AG Patent- und Markenanwälte, Beethovenstrasse 49, CH-8022 Zürich (CH).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

- (54) **Title:** THERMOELECTRIC CONVERTER
(54) **Bezeichnung :** THERMOELEKTRISCHER KONVERTER

Fig. 3



(57) **Abstract:** The invention relates to a thermoelectric generator (TEG) or a thermoelement for obtaining electric energy, in particular from secondary energy. The TEC is to be inexpensively producible and applicable in a flexible manner such that the thermoelectric elements can be used for a wide variety of applications. The heat flow and the achievable electric output are to be maximized. This is achieved in that the heat flow is conducted directly from a heat conducting element (8, 9) on the outer borders of a TEC into the semiconductors (3, 4). Insulation (6) is provided between a matrix (2) and the heat conducting element (8, 9), said insulation electrically insulating the contacts from the heat conducting element (8, 9) and minimizing the heat flow through the semiconductors (3, 4). The insulation (6) has interruptions in the form of air pockets (7, 10) between two adjacent switch connections (5) to the adjoining heat conducting element (8, 9) and to the adjoining matrix (2).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/102239 A1



— mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1

Die Erfindung betrifft einen thermoelektrischer Generator (TEG) resp. ein Thermoelement zur Gewinnung von elektrischer Energie, insbesondere aus sekundärer Energie. Der TEK soll günstig herstellbar und flexibel anwendbar sein, so dass die thermoelektrischen Elemente für unterschiedlichste Anwendungen einsetzbar sind. Der Wärmefluss und die erzielbare elektrische Leistung sollen maximiert werden. Dies ist dadurch gelöst, dass der Wärmefluss direkt von einem Wärmeleitelement (8, 9) an den äusseren Grenzen eines TEKs in die Halbleiter (3, 4) geleitet wird. Zwischen einer Matrix (2) und dem Wärmeleitelement (8, 9) ist eine Isolation (6) vorgesehen, die die Kontakte vom Wärmeleitelement (8, 9) elektrisch isoliert und den Wärmefluss durch die Halbleiter (3, 4) minimiert. Die Isolation (6) weist Unterbrechungen in Form von Luftpolstern (7, 10) zwischen zwei benachbarten Schaltverbindungen (5) sowie zum angrenzenden Wärmeleitelement (8, 9) und zur angrenzenden Matrix (2) auf.

5

Thermoelektrischer Konverter

Die Erfindung betrifft einen thermoelektrischen Konverter (TEK) resp. ein thermoelektrisches Element und dessen
10 Verwendung.

Ein thermoelektrischer Konverter kann als thermoelektrischer Generator (Seebeck Effekt), als thermoelektrischer Kühler (Peltier Effekt) oder als thermoelektrischer Sensor
15 ausgeprägt sein. Thermoelektrische Konverter (TEK) resp. Thermoelemente sind bekannt und werden bereits industriell eingesetzt.

Thermoelektrische Generatoren werden zur Konversion eines
20 Wärmeflusses (Wärmeenergie) in ein elektrisches Potential verwendet. Das elektrische Potential kann durch Anschluss eines Verbrauchers über den Stromfluss als elektrische Energiequelle genutzt werden. Thermoelektrische Generatoren werden beispielsweise für Energieautarke Sensorik verwendet,
25 zum Beispiel in der Gebäudetechnik. Thermoelektrische Kühler/Heizer (Peltier-Elemente) werden zum Beispiel in biochemischen Laboratorien zur raschen Kühlung von Proben eingesetzt. Thermoelektrische Sensoren, insbesondere Wärmeflussensoren, werden unter anderem in der
30 Gebäudetechnik zur Messung des thermischen Isolierungsvermögens von Wänden verwendet.

Der Aufbau eines TEKs umfasst zwei parallele thermische Grenzflächen. Zwischen den beiden thermischen Grenzflächen befinden sich die thermoelektrischen Materialien vom n-Typ resp. p-Typ in der Form von parallel zueinander und orthogonal zu den Grenzflächen ausgerichteten Säulen (Thermosäulen). In den meisten Fällen (Serienschaltung) sind die Thermosäulen in abwechselnder Reihenfolge (p- und n-Säulen alternierend) angeordnet. Jede Thermosäule ist sowohl eine elektrische als auch eine thermische Verbindung zwischen den beiden thermischen Grenzflächen. Diese Thermosäulen sind auf ihren Stirnseiten, d. h. den Seiten, welche den thermischen Grenzflächen zugewandt sind, je nach Anwendungsfall elektrisch in Serie oder parallel miteinander verbunden. Im Falle einer elektrischen Serienschaltung verbindet die elektrische Schaltverbindung jeweils eine Thermosäule mit einer Thermosäule immer um eine Position versetzt.

Durch den Kontakt der einen thermischen Grenzfläche mit einer Wärmequelle und der anderen Grenzfläche mit einer Wärmesenke, entsteht ein thermischer Gradient über den Thermosäulen. Dieser thermische Gradient führt zu einem thermischen Fluss, welcher von der wärmeren Grenzfläche zur kälteren Grenzfläche des TEKs fließt. Der Temperaturgradient führt zu einer Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche der Thermosäule auf der Seite der wärmeren Grenzfläche zur Oberfläche auf der Seite der kälteren Grenzfläche. Durch diese Temperaturdifferenz entsteht eine elektrische Spannung in den Thermosäulen (Thermospannung, Seebeck Effekt).

30

Durch die Verbindung der elektrisch in Serie oder parallel kontaktierten Thermosäulen mit einem elektrischen Verbraucher

fließt ein elektrischer Strom (thermoelektrischer Generator).

Durch die Verbindung der in Serie oder parallel elektrisch
5 kontaktierten Thermosäulen mit einer Stromquelle, fließt ein Strom, wodurch die eine Grenzschicht gekühlt und die gegenüberliegende Grenzschicht erhitzt wird (Peltier Element).

Die Herstellung von TEKs erfolgt grundsätzlich mit
10 Technologien, die aus der Halbleiterfertigung bekannt sind. Konventionelle TEKs werden hergestellt, indem die Thermosäulen aus gegossenem oder aus der Schmelze gezogenem thermoelektrischem Material ausgesägt werden, diese dann angeordnet und auf der unteren und oberen Seite verlötet
15 werden. Die Lötstellen befinden sich auf zwei starren Platten (häufig aus keramischem Material bestehend), welche zugleich thermisch hoch leitfähige Elemente sind. Nachteil dieses Herstellungsverfahrens ist die schlechte Skalierbarkeit und Automatisierbarkeit, was sich in einem teuren Produkt
20 widerspiegelt.

Mikro-TEKs werden industriell mit den Verfahren aus der Mikrosystemtechnik hergestellt. US 6,300,150 B1 und DE19845104 A1 beschreiben ein Verfahren, wie die
25 thermoelektrischen Materialien auf Wafer gesputtert werden. Daraus werden die Thermosäulen geätzt. Anschliessend wird eine Platte mit p- und eine mit n-Material gegeneinander gepresst und so verbunden. Die Si-Wafer bilden dabei ein thermisch hochleitendes Thermoelement. Nachteil dieser
30 Methode ist, dass die Dicken der Thermosäulen maximal 40µm sind und dass auch diese Methode nur bedingt skaliert werden kann. Zudem macht die Vakuumtechnologie die Herstellung der TEKs zusätzlich teuer.

WO 2008061823 A2 beschreibt ein kostengünstiges und skalierbares Herstellungsverfahren von TEKs basierend auf thermoelektrischen Materialien in einem vorstrukturierten stabilisierenden Matrixmaterial. Das thermoelektrische Material kann mittels unterschiedlicher Verfahren, wie zum Beispiel ball milling, elektrochemische Abscheidung, etc. in den Löchern hergestellt werden. In einem weiteren Schritt werden auf den Matrixoberflächen die elektrischen Verbindungen zwischen den Thermosäulen hergestellt. Die Oberflächen der Matrix mit den elektrischen Verbindungen stellen die thermischen Grenzflächen dar. Es kann auch zusätzlich eine elektrisch isolierende Schicht und/oder ein thermisches hochleitfähiges Thermoelement auf diese Grenzflächen gebracht werden. Vorteil an diesem Prozess ist, dass er skalierbar und automatisierbar und deshalb kostengünstig ist.

Verschiedene Ausführungsformen dieser Herstellungsmethoden sind bekannt. Bei einem thermoelektrischen Element gemäß US-B-6519947 sind einzelne p- und n-dotierte Halbleiter durch einen Spalt voneinander getrennt, wobei der Spalt, sich stark verjüngend, bis in eine Deckschicht reicht.

Die US-A-2005/0126184 offenbart eine thermoelektrische Wärmepumpe mit einem Array in rippenartiger Struktur aus voneinander beabstandeten Rippen in einer Einbettungsmasse. Zwischen Rippen und der Kaltseite sind abwechselnd thermoelektrische Verbinder angeordnet.

Eine vielversprechende Anwendung von TEKs ist die Bereitstellung von kleinen Mengen an elektrischer Leistung (Mikrowatt bis Milliwatt) aus einer Wärmedifferenz zwischen einer lokalen Wärmequelle und der Umgebungstemperatur als

Wärmesenke. Die elektrische Energie kann verwendet werden, um z.B. autonome Sensoren zu betreiben. In der Anwendung müssen die TEKs thermisch zwischen der Wärmequelle und der Wärmesenke angebunden werden. Damit die elektrische Energie genutzt werden kann, muss die vom TEK generierte elektrische Spannung durch eine elektrische Schaltung aufbereitet werden (DC/DC-Booster-Schaltung). Diese elektrische Schaltung beginnt erst ab einer bestimmten Mindestspannung am TEK zu arbeiten, üblicherweise ab 200 mV bis 300 mV. Es ist das Ziel, bei möglichst geringer Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle und Senke die elektrische Schaltung zu betreiben. Die Ausgangsspannung des TEK muss daher in der Anwendung maximiert werden. Die Spannung hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie der Güte des thermoelektrischen Materials, der thermischen Leitfähigkeit des TEK Moduls und den thermischen Anschlussbedingungen der Anwendung. Mikro-TEKs weisen durch ihre kleine Dimension und der hohen Dichte an Thermosäulen bei bereits geringen Temperaturdifferenzen hohe Spannungen auf. Sie sind jedoch ausgesprochen brüchig, schwierig zu integrieren und teuer. Konventionelle TEKs weisen eine geringe Dichte an Thermosäulen auf und kommen daher nur bei hohen Temperaturdifferenzen auf die geforderten Spannungen. Zudem sind sie teuer und gross. Kostengünstig herstellbare TEKs, bei welchen das thermoelektrische Material in eine Matrix eingebettet ist, weisen eine mittlere Dichte an Thermosäulen auf und besitzen eine hohe thermische Leitfähigkeit. Die thermische Leitfähigkeit dieser TEKs ist verglichen mit den Mikro-TEKs hoch, weil sowohl das thermoelektrische Material als auch das Matrix Material hohe thermische Leitfähigkeiten aufweisen. Bei den Mikro-TEKs weisen nur die Thermosäulen eine hohe thermische Leitfähigkeit auf, die Säulen sind in Luft eingebettet.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen thermoelektrischen Konverter (TEK) resp. ein Thermoelement zu entwickeln, basierend auf dem skalierbarem

Herstellungsprozess mittels der stabilisierenden Matrix,

5 welcher eine geringe thermische Leitfähigkeit aufweist.

Die Aufgabe ist mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1

gelöst. Vorgeschlagen wird eine Gestaltung von TEK, die es ermöglicht, den Wärmefluss direkt von einem thermisch

hochleitfähigen Wärmeleitelement (heat conductive plate) an

10 den äusseren thermischen Grenzflächen eines TEKs in die

Halbleiter (Pile, Thermosäule) zu leiten. Dies wird bei

gegebener thermischer Anbindung der thermischen Grenzflächen

an eine kalte und warme Seite erreicht, indem der parasitäre

Wärmestrom durch das Matrix-Material minimiert wird.

15 Um dies zu ermöglichen, sieht die Erfindung vor, dass dieses

hochleitfähiges Material nur mit den elektrischen Kontakten

und in bevorzugter Weise nur mit denjenigen Teilen der

elektrischen Kontakte in gutem thermischem Kontakt ist, unter

welchen sich die Thermosäulen befinden. Zwischen diesen

20 Kontaktflächen befindet sich ein thermisch schlecht leitendes

Medium wie Luft oder Vakuum oder ein Material wie geschäumtes

Polymer oder allgemein eine Unterbrechung resp. Aussparung,

so dass der thermische Kontakt zum Matrixmaterial minimiert

wird.

25

Im Falle eines elektrisch leitenden Wärmeleitelements ist

zwischen den Grenzschichten des Wärmeleitelements und den

elektrischen Kontakten eine elektrische Isolationsschicht

vorgesehen, die die elektrischen Kontakte der Säulen vom

30 Wärmeleitelement elektrisch isoliert.

In verallgemeinerter Form ist die Aufgabe durch verbessertes

räumliches und thermisches Design des TEKs gelöst. Der

erfindungsgemässe TEK bietet wesentlich grössere Freiheit in der Wahl des Matrixmaterials, da dieses nicht in Bezug auf eine geringe Wärmeleitfähigkeit optimiert sein muss. Somit können die räumliche Gestaltung und Herstellbarkeit eines
5 TEKs und die Vermeidung parasitärer Wärmeflüsse getrennt betrachtet werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen offenbart. Die thermische Isolationsschicht sollte
10 eine thermische Leitfähigkeit aufweisen, welche geringer ist als die des gewählten Matrix-Materials. Als Isolationsschicht sind dünne Luft- oder Vakuumpolster optimal. So genügt eine beidseitige Luftschicht von wenigstens 2 μm , um ein Effekt zu erzielen. Beispielsweise vermag eine beidseitige Luftschicht
15 von je 30 μm um eine Matrix/Halbleiter mit einer Dicke von 200 μm , die parasitäre Wärmeleitfähigkeit von 0,5 W/m/K (Polymer-Matrix) auf 0,03 W/m/K zu senken. D. h. der parasitäre Wärmefluss wird um den Faktor 16 reduziert, was den Wirkungsgrad des erfindungsgemässen TEK deutlich erhöht.
20 Die Schaltverbindungen (Kontakte), die Isolationsschichten, sowie die thermisch hochleitfähigen Wärmeleitelemente können auf den verschiedenen Seiten (kalt, warm) verschieden sein, da auf beiden Seiten unterschiedliche Temperaturen herrschen und unterschiedliche Werkstoffe vorteilhaft sein können.

25

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand einer Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen die

30 Fig. 1: eine Funktionsskizze mit Beispiel einer thermischen Integration eines TEKs in ein System (a) und ein thermisches Ersatzschaltbild (b) eines TEKs mit Wärmequelle und Wärmesenke,

Fig. 2: Querschnitt durch einen TEK des Standes der Technik (a), sowie mit typischem thermisch hochleitfähigem Wärmeleitelement (heat conductive plate) (b),

5

Fig. 3: Querschnitt durch einen erfindungsgemässen TEK,

Fig. 4: weitere Ausführungsformen des erfindungsgemässen TEKs, in denen die elektrische Isolation variiert ist

10 (a-d),

Fig. 5: weitere Ausführungsformen, in denen die Matrix topologisch verändert ist (a-c),

15 Fig. 6: weitere Ausführungsformen, in denen die Geometrie der Schaltverbindungen variiert ist (a-c),

Fig. 7: weitere Ausführungsformen, in denen das Wärmeleitelement variiert ist (a-b),

20

Fig. 8: Kontaktgestaltung für die Reflow-Variante (a-c),

Fig. 9: Ausführungsformen mit übereinandergestapelten TEKs (a-c).

25

Ein nach einer matrixbasierten Herstellungsmethode gefertigter thermoelektrischer Konverter (TEK) in der Ausführung nach dem eingangs beschriebenen Stand der Technik ist aus der Figur 2 ersichtlich, einschliesslich typischer Wärmeleitelemente (heat conductive plate) (8, 9) (Fig. 2b) angebracht mit Wärmeleitkleber oder normalem herkömmlichen Kleber (15). Luft- oder Vakuumeinschlüsse sind nicht vorhanden.

Zwischen zwei thermischen Grenzflächen eines konventionellen TEKs (Fig. 2a) sind die weiteren Elemente angeordnet. In einer Matrix 2, einem Hüllmaterial, befinden sich die thermoelektrischen Materialien 3, 4 vom n-Typ resp. p-Typ in der Form von parallel zueinander und orthogonal zu den Grenzflächen ausgerichteten Säulen (Thermosäulen). In den meisten Fällen (Serienschaltung) sind die Thermosäulen in abwechselnder Reihenfolge (p- und n-Säulen alternierend) in einer Matrix (2) angeordnet resp. eingebettet. Jede Thermosäule (3, 4) ist sowohl eine elektrische als auch eine thermische Verbindung zwischen den beiden thermischen Grenzflächen. Diese Thermosäulen sind auf ihren Stirnseiten (den Seiten, welchen den thermischen Grenzflächen zugewandt sind) je nach Anwendungsbedarf elektrisch in Serie oder parallel mittels elektrischen Schaltverbindungen (5) miteinander verbunden. Im Falle einer Serienschaltung verbindet die elektrische Schaltverbindung (5) jeweils eine Säule des n-Typs (3) mit einer Säule des p-Typs(4) immer um eine Position versetzt.

Je nach Ausführung sind die thermischen Grenzflächen noch mit einer elektrisch isolierenden Schutzschicht (6) überzogen. In einer weiteren Ausführung sind an den thermischen Grenzflächen jeweils thermisch hochleitfähige Wärmeleitelemente (8, 9) mittels eines Wärmeleitklebers oder eines normalen Klebers (15) angebracht.

Figur 1 zeigt ein Beispiel einer thermischen Integration eines TEKs anhand einer Funktionsskizze (a) und eines thermischen Ersatzschaltbildes (b) in einer typischen Anwendung, wo die warme Grenzfläche des TEKs thermisch an einen Festkörper angebracht ist und die kalte Grenzfläche an

einen Kühlkörper angebracht ist. In Figur 1a ist der TEK zwischen einer Wärmequelle (warme Seite) (13) und einer Wärmesenke (kalte Seite) mit Hilfe eines thermisch leitfähigen Montagematerials (Wärmeleitpaste oder Transferklebefolie) (16) integriert. In gewissen Fällen sind die Wärmeleitelemente (Fig. 2b 8, 9) direkt durch die Wärmequelle (13) und dem Wärmeabflusselement (12) gegeben und können somit fehlen. Auch in diesem Falle sind beim Stand der Technik keine Luft- oder Vakuumeinschlüsse vorhanden.

10

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad (1)$$

$$\Delta T_{\text{TEK}} = K_{\text{TEK}} / (K_{T1} + K_{T2} + K_{\text{TEK}}) * \Delta T \quad (2)$$

$$Q = \Delta T / (K_{T1} + K_{T2} + K_{\text{TEK}}) \quad (3)$$

$$15 \quad \Delta T_{\text{TEK}} = K_{\text{TEK}} * Q \quad (4)$$

$$K_{\text{TEK}} = (K_P * K_{\text{PAR}}) / (K_P + K_{\text{PAR}}) \quad (5)$$

$$U_{\text{TEK}} = \alpha * m * \Delta T_{\text{TEK}} \quad (6)$$

$$P_{\text{TEK}} = U_{\text{TEK}}^2 / 4R_G = (\alpha * m * \Delta T_{\text{TEK}})^2 / (4 * R_G) \quad (7)$$

20 Bei einer gegebenen Systemtemperaturdifferenz (ΔT) zwischen einem Medium (Festkörper), im Beispiel 60°C , und der Umgebung (Luft), im Beispiel 23°C (d.h. $\Delta T = 37^\circ\text{C}$), soll die Temperaturdifferenz über den TEK (ΔT_{TEK}) mit Hilfe eines verbesserten räumlichen und thermischen Designs des TEKs maximiert werden. Dadurch werden bei gegebener Anzahl thermoelektrischer n- und p-Säulenpaare (m) und Seebeck-Spannung (α), sowie elektrischen Widerstand des TEKs (R_G) die TEK-Spannung (U_{TEK}) und -Leistung (P_{TEG}) maximiert (Formeln 6 und 7).

30

Wenn die thermischen Anschlusswiderstände (K_{T1} , K_{T2}) viel grösser als K_{TEK} sind, was in realen Anwendungen wie in Figur 1 gezeigt oft der Fall ist, wird der Wärmefluss (Q)

näherungsweise einzig durch die Anschlusswiderstände (K_{T1} , K_{T2}) und das ΔT definiert (Formel 3). Die über den TEK abfallende Temperaturdifferenz ΔT_{TEK} ist dann proportional zu K_{TEK} (Formel 4, $Q = \text{const}$). Bei gegebenem thermischem

5 Widerstand (K_P) der thermoelektrischen Halbleitermaterialien (3, 4) eines TEKs (1) wird K_{TEK} maximiert und geht gegen K_P , indem K_{PAR} gegen unendlich geht (Formel 5). Es muss daher das Ziel sein, K_{PAR} zu maximieren, um ΔT_{TEK} in einem gegebenen

10 System zu maximieren. Dies hat zur Folge, dass sowohl U_{TEK} als auch P_{TEK} maximiert sind.

Die Optimierung des TEKs in Bezug auf grösstmögliches K_{PAR} wird nachfolgend in mehreren Beispielen beschrieben.

15 Figur 3 zeigt den Aufbau eines erfindungsgemässen TEKs in seinen wesentlichen Elementen. Zwischen zwei thermischen Grenzflächen sind die weiteren Elemente angeordnet. In einer Matrix 2, einem Hüllmaterial, befinden sich die thermoelektrischen Materialien (3, 4) vom n-Typ resp. p-Typ

20 in der Form von Piles (Thermosäulen). Die Thermosäulen sind parallel voneinander beabstandet und sind orthogonal zu den thermischen Grenzflächen ausgerichtet. In den meisten Fällen (Serienschaltung) sind die Thermosäulen in abwechselnder Reihenfolge (p- und n-Type alternierend) in einer Matrix (2)

25 angeordnet resp. eingebettet. Jede Thermosäule (3, 4) ist sowohl eine elektrische als auch eine thermische Verbindung zwischen den beiden thermischen Grenzflächen. Diese Thermosäulen sind auf ihren Kopf- und Stirnseiten (den Seiten, welchen den thermischen Grenzflächen zugewandt sind)

30 je nach Anwendungsfall elektrisch in Serie oder parallel miteinander verbunden. Im Falle einer Serienschaltung verbindet die elektrische Schaltverbindung (5) jeweils einen

Halbleiter des n-Typs (3) mit einem Halbleiter des p-Typs (4) immer um eine Position versetzt.

Auch im erfindungsgemässen TEK ist an den thermischen Grenzflächen beidseitig ein Wärmeleitelement (8, 9) über eine
5 elektrisch isolierende Schicht (6) angebracht. Zwischen den Wärmeleitelementen und dem Matrix-Material befinden sich flächige Luftpolster (7, 10), während sich zwischen den
Thermosäulen und dem Wärmeleitelement keine Luftpolster befinden, damit der thermische Fluss direkt in die
10 Thermosäulen geleitet wird und nicht über dem Matrix-Material abfällt.

Dabei können die Halbleiter (3, 4) aus Bi_2Te_3 , SbTe , SbBiTe , Se, Bi, Te , Cu , Ni , SbBi , ZnBi , ZnTe , ZnSb o. a. bestehen.

15

Die Matrix (2) kann aus einem Kunststoff, z. B. PI, PET, PES, PEEK aber auch aus Glas, Si, SiO_2 , PCB-Werkstoffen o. a. bestehen, deren Wärmeleitfähigkeit grösser ist als die von
Luft.

20

Die Schaltverbindung (5) ist ein Sandwich bestehend aus optional einer oder mehreren Diffusionsbarrieren, z. B. aus Pd, Ni, Ti, Cr, Nitrid, Au, Sb, oder anderen Materialien und Legierungen und einem elektrischen Leiter bestehend aus z. B.
25 Cu. Die Wärmeleitelemente (8,9) können aus Cu, Au, Pd, Al, Sb, Stahl oder einem anderen Metall bestehen, ebenso aus Keramik oder Graphit sein. Sie können folienartig oder geformt sein, z. B. ein Uhrengehäuse oder die Wand eines Wärmetauschers (heisse Seite).

30 Die elektrische Isolationsschicht (6) kann aus einem Polymer, einem keramischen Werkstoff (z. B. Al_2O_3), einem thermisch

leitfähigen Polymer, einer thermisch leitfähigen Folie aus Keramik o. a. bestehen.

Die flächigen Luftpolster (7, 10) können aus Luft oder Vakuum
5 bestehen, eine Aussparung o. dgl. darstellen oder aus einem beliebigen Medium oder Material mit einer Wärmeleitfähigkeit die geringer ist als jene des Matrixmaterials bestehen.

Die Figuren 4a-4d zeigen Ausführungsformen mit veränderter
10 Isolationsschicht (6).

Die Figur 4a zeigt eine Ausführungsform, bei der die elektrische Isolationsschicht (6) die Matrix (2) nicht bedeckt oder umgibt. Lediglich die Schaltverbindungen
15 (Kontakte) (5) sind mit der elektrischen Isolation (6) beschichtet. In einer weiteren Ausführung könnte auch auf eine Isolationsschicht verzichtet werden, wenn die Wärmeleitelemente (8, 9) selbst elektrisch isolierend sind (Fig. 4d).

20

In Figur 4b umgibt die Isolationsschicht (6) die Wärmeleitelemente (8, 9) und entspricht ansonsten dem in Figur 3 und 4a gezeigten Aufbau.

25 In Figur 4c sind die Zwischenräume der elektrischen Schaltverbindung (5) vollgefüllt mit dem elektrischen Isolationsmaterial (6), so dass die Oberfläche planar wird.

Die Figuren 5a-5c zeigen Ausführungsformen, bei denen die
30 Matrix verändert wurde. Dies kann mittels ätzen, bohren, schleifen, fräsen, lasern oder stanzen geschehen. Auch kann das Matrix-Material geschäumt sein oder es wird schon bei der

Herstellung mit der gewünschten Struktur gegossen. Der Raum zwischen den einzelnen Schaltverbindungen (5) kann dabei gemäss Figur 3 auch mit einem anderen Material als Luft (oder Vakuum) ausgefüllt sein.

5

Die Matrix (2) weist dabei die gleiche Dicke wie die Halbleiter (3, 4) auf oder kann auch dünner sein (Fig. 5a), ist nicht planparallel (Fig. 5b), wobei die Matrix (2) so ausgebildet resp. eingebracht sein kann, dass sie die Halbleiter (3, 4) nur teilweise umhüllt (Fig. 5b).

10

Oder in das Matrixmaterial (2) sind Hohlräume (11) über die gesamte Länge oder auch nur über einen Teil der Länge eingebracht (Fig. 5c).

15

Nach Figur 3 überdecken die Schaltverbindungen (5) die Halbleiter (3, 4) bündig, unter Meidung von Überlappungen resp. Überständen. Andererseits sind auch Überstände möglich (Fig. 6a). Figur 6b und 6c zeigen eine Draufsicht auf den TEK. Figur 6a und Figur 6b zeigen eine geometrische Auslegung der Schaltverbindungen (5), welche die mögliche Einspeisung parasitärer Wärmeströme in die Matrix (2) über die Schaltverbindungen (5) nicht berücksichtigt. Fig. 6c zeigt eine optimierte geometrische Auslegung der Schaltverbindungen (5), welche dank einer geringeren Kontaktfläche zur Matrix (2) für eine reduzierte Einspeisung parasitischer Wärmeströme in die Matrix sorgt.

20

25

Die Figuren 7a und b zeigen mögliche Variationen der Thermoelemente (8, 9) auf. Die Thermoelemente (8, 9) können wie bei Figur 3 Aussparungen enthalten an der Stelle wo sich die Luftpolster (7, 10) befinden, welche geätzt, gefräst, gebohrt, gestanzt, funkenrodiert oder gelasert worden sind oder welche bei der Herstellung der

30

Thermoelemente (8,9), zum Beispiel durch giessen, in eine Strukturform mit eingebaut wurden. Je nach Ausführung können solche Aussparungen auch fehlen (Figur 7b). In diesem Fall sind die Luftpolster (7, 10) durch die Dicke der elektrischen Schaltverbindungen (5) gegeben oder sie können auch, wie in 5 Figur 7a, nur an denjenigen Stellen auftreten, bei denen keine elektrischen Schaltverbindungen vorhanden sind.

In Figur 8 ist eine Ausführungsform dargestellt, die das Ziel 10 hat, den Wärmefluss durch die Matrix (2) noch stärker zu verringern. Um dies zu erreichen, werden die der kalten sowie der warmen Grenzfläche zugewandten Schaltverbindungen (5) in einem separaten Prozess auf einem separaten elektrisch isolierenden Substrat (14) hergestellt. Die elektrische 15 Verbindung mit den Halbleitern (3, 4) an der Abflussstirnfläche wird mittels z. B. einer Lötverbindung (17) hergestellt. Die Ausführungsform in Figur 8a zeigt eine Variante, in welcher die Schaltverbindungen (5) auf der der Grenzfläche zugewandten Seite des Substrats (14) aufgebracht 20 sind und durch Bohrungen der Kontakt zu den Halbleitern (3, 4) ermöglicht wird. In der Ausführung in Figur 8b sind die Schaltverbindungen auf der den Halbleitern (3, 4) zugewandten Seiten angebracht. In dieser Ausführung (Figur 8b) sind die Wärmeleitelemente (8, 9) elektrisch isolierend. Ausführung 8c 25 zeigt eine mögliche thermische Anschlussvariante der Ausführung in 8a. Dabei werden die Wärmeleitelemente (8, 9) analog zu Figur 2b mittels eines thermisch leitfähigen Klebers (15) an die thermischen Grenzflächen angebracht.

30 In Figur 9 ist eine Ausführungsform gezeigt, in welcher 2 oder mehr TEKs aufeinander gestapelt sind. Dabei kann die Ausgestaltung der Seite der kalten und warmen Grenzfläche gemäss einer der Ausführungsformen von Figur 3-8 sein. Die

- innenliegenden Grenzflächen zwischen dem oberen und unteren
TEK weisen nun auch Luftpolster (7, 10) aus. Die
Kontaktfläche zwischen den TEKs kann entweder direkt durch
die Isolationsschicht (6) dargestellt sein (Fig. 9a), es kann
5 ein Wärmeleitelement (8) dazwischengeschaltet sein (Fig. 9b)
oder es kann eine Isolationsschicht (15) sein, welche als
Kleber ausgestaltet ist und so die beiden TEKs zusammenhält
(Fig. 9c).
- 10 Die Hauptbestandteile können weiter variiert werden, so dass
die Anzahl der aufgezeigten Ausführungsformen nicht
abschliessend ist. Allen Varianten ist jedoch gemeinsam, dass
Luftpolster oder Luft- oder Vakuumeinschlüsse wie beschrieben
vorhanden sind, welche den Wirkungsgrad (Performance)
15 verbessern.

Liste der Bezugszeichen

	1	TEK
	2	Matrix
5	3	Halbleiter n-Typ
	4	Halbleiter p-Typ
	5	Schaltverbindung
	6	Elektrische Isolation
	7	Luftpolster kalte Seite
10	8	Wärmeleitelement kalte Seite
	9	Wärmeleitelement warme Seite
	10	Luftpolster warme Seite
	11	Hohlraum
	12	kalte Seite (Wärmesenke)
15	13	heisse Seite (Wärmequelle)
	14	Elektrisch isolierendes Substrat
	15	Thermisch leitfähiger Kleber
	16	Thermisches Montagematerial (z. B. Wärmeleitpaste oder thermisch leitfähige Transferklebefolie)
20	17	Lotverbindung
	K_{TEK}	thermischer Widerstand eines TEK [K/W]
	K_{T1}	thermischer Widerstand zwischen TEK Oberfläche und warmer Seite. [K/W]
	K_{T2}	thermischer Widerstand zwischen TEK Oberfläche und kalter Seite. [K/W]
25	K_{PILE}	thermischer Widerstand aller Thermopsäulen in einem TEK [K/W]
	K_{PAR}	parasitärer thermischer Widerstand des Matrix Materials eines TEKS [K/W]
30	T	Temperatur [K]
	P	elektrische Leistung [W]
	U	elektrische Spannung [V]

Patentansprüche

1. Thermoelektrischer Konverter resp. ein Thermoelement zur Gewinnung von elektrischer Energie, umfassend
5 thermoelektrische Halbleiter (3, 4) vom n-Typ resp. p-Typ zwischen Hüllplatten in Form von hochleitfähigen Wärmeleitelementen (8, 9), die parallel voneinander beabstandet und in abwechselnder Reihenfolge in einer Matrix (2) angeordnet resp. eingebettet sind, wobei jeweils ein
10 Halbleiter des n-Typs (3) über eine Schaltverbindung (5) mit einem Halbleiter des p-Typs (4) verbunden ist und die einzelnen Schaltverbindungen (5) mittels einer Isolation (6) elektrisch von den Wärmeleitelementen (8,9) isoliert sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfläche einer Matrix (2)
15 zum angrenzenden Wärmeleitelement (8, 9) flächige Unterbrechungen (7,10) aufweist.

2. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das die Unterbrechungen in Form von
20 Luftpolstern (7, 10), Aussparungen oder dergleichen mit einer thermischen Leitfähigkeit kleiner $0,2 \text{ W/m/K}$, bevorzugt kleiner $0,5 \text{ W/m/K}$ und besonders bevorzugt kleiner 1 W/m/K ausgebildet sind.

25 3. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Luftpolster (7, 10) vakuumiert ist.

4. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der
30 Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Luftpolster (7, 10), die Aussparung oder dergleichen eine Ausdehnung von mindestens 2 um , bevorzugt von mindestens 10 um und besonders bevorzugt von mindestens 100 um aufweist.

5. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolation (6) als Schicht ausgebildet ist.

5

6. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolation (6) Aussparungen aufweist.

10 7. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) die gleiche Dicke oder eine geringere Dicke als die Halbleiter (3, 4) aufweist.

15 8. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) kompakt oder mit Hohlräumen (11) versehen ist.

20 9. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltverbindungen (5) wie auch die Isolation (6) auf der kalten und warmen Seite (12, 13) unterschiedlich sind und bevorzugt aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen.

25 10. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass nur die Schaltverbindungen (5) mit der Isolation (6) beschichtet sind.

30 11. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass keine Isolation (6) vorgesehen ist, wenn die Wärmeleitelemente (8, 9) selbst elektrisch isolierend sind.

12. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolation (6) das Wärmeleitelement (8, 9) umgibt.

5

13. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass Zwischenräume (7,10) der elektrischen Schaltverbindung (5) mit Isolationsmaterial gefüllt sind, und sich eine planare
10 Oberfläche ergibt.

14. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) durch ätzen, bohren, schleifen, fräsen, lasern, stanzen
15 o. a. verändert ist, oder dass das Matrix-Material geschäumt ist sein oder bei der Herstellung mit der gewünschten Struktur gegossen wird.

15. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der
20 Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) die gleiche Dicke wie die Halbleiter (3, 4) aufweist oder dünner ist, oder nicht planparallel ist, wobei die Matrix (2) so ausgebildet sein kann, dass sie die Halbleiter (3, 4) nur teilweise umhüllt.

25

16. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass in das Matrixmaterial (2) Hohlräume (11) über die gesamte Länge oder auch nur über einen Teil der Länge eingebracht sind.

30

17. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die der kalten sowie der warmen Grenzfläche zugewandten

Schaltverbindungen (5) auf einem separaten elektrisch isolierenden Substrat (14) hergestellt sind.

18. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung mit den Halbleitern (3, 4) an der Abflussstirnfläche wird mittels Schmelzlötverfahren (17) o. dgl. hergestellt ist.

19. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei oder mehr TEKs aufeinander gestapelt sind, wobei die innenliegenden Grenzflächen zwischen dem oberen und unteren TEK ebenfalls Luftpolster (7, 10) o. dgl. aufweisen.

15

20. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche zwischen den TEKs direkt an der Isolationsschicht (6) gelegen sein kann oder ein Wärmeleitelement (8) dazwischengeschaltet ist oder eine Isolationsschicht (15) dazwischengeschaltet ist, welche als Kleber ausgestaltet ist.

21. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiter (3, 4) aus Bi_2Te_3 , SbTe , SbBiTe , Se, Bi, Te , Cu , Ni , SbBi , ZnBi , ZnTe , ZnSb o. a. bestehen.

22. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) aus einem Kunststoff und/oder aus Glas, Si, SiO_2 oder PCB-Werkstoffen besteht, deren Wärmeleitfähigkeit grösser ist als die von Luft.

23. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltverbindung (5) ein Sandwich ist, bestehend aus mindestens einer Diffusionsbarriere und einem elektrischen
5 Leiter.

24. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsbarriere aus Pd, Ni, Ti, Cr, Nitrid, Au, Sb oder einer Legierung besteht.

10

25. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmeleitelement (8, 9) aus einem Metall, bevorzugt Cu, Au, Pd, Al, Sb, Stahl oder aus einer Keramik oder Graphit
15 besteht.

26. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolationsschicht (6) aus einem Polymer, einem keramischen
20 Werkstoff (z. B. Al₂O₃), einem thermisch leitfähigen Polymer, einer thermisch leitfähigen Folie aus Keramik o. a. bestehen.

27. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolation (6) flächige
25 Unterbrechungen (7,10) zwischen zwei benachbarten Schaltverbindungen (5) sowie zum angrenzenden Wärmeleitelement (8, 9) und zur angrenzenden Matrix (2) aufweist.

30 28. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass eine geringere Kontaktfläche zur Matrix (2) vorgesehen ist, die

für eine reduzierte Einspeisung parasitischer Wärmeströme in die Matrix (2) sorgt.

29. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der
5 Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die
Thermoelemente (8, 9) Aussparungen an der Stelle
enthalten, an der sich Luftpolster (7, 10) befinden.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

beim Internationalen Büro eingegangen am 26. Mai 2014 (26.05.2014)

1. Thermoelektrischer Konverter resp. ein Thermoelement zur Gewinnung von elektrischer Energie, umfassend
- 5 thermoelektrische Halbleiter (3, 4) vom n-Typ resp. p-Typ zwischen Hüllplatten in Form von thermisch hochleitfähigen Wärmeleitelementen (8, 9), die parallel voneinander beabstandet und in abwechselnder Reihenfolge in einer strukturtragenden Matrix (2) angeordnet resp. eingebettet
- 10 sind, wobei jeweils ein Halbleiter des n-Typs (3) über eine Schaltverbindung (5) mit einem Halbleiter des p-Typs (4) verbunden ist und die einzelnen Schaltverbindungen (5) mittels einer nicht strukturtragenden, hauchdünnen Schicht (6) elektrisch von den Wärmeleitelementen (8,9) isoliert
- 15 sind,
- dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfläche einer Matrix (2) zum angrenzenden Wärmeleitelement (8, 9) flächige Unterbrechungen (7,10) aufweist.
- 20 2. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das die Unterbrechungen (7,10) mit einem Medium gefüllt sind, dessen thermische Leitfähigkeit kleiner $0,2 \text{ W/m/K}$, bevorzugt kleiner $0,5 \text{ W/m/K}$ und besonders bevorzugt kleiner 1 W/m/K ausgebildet sind.
- 25 3. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das die Unterbrechungen (7, 10) mit Luft gefüllt sind oder vakuumiert sind.
- 30 4. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Luftpolster (7, 10), die Aussparung oder dergleichen eine

Ausdehnung von mindestens 2 μm , bevorzugt von mindestens 10 μm und besonders bevorzugt von mindestens 100 μm aufweist.

5 5. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolation (6) als Schicht ausgebildet ist.

10 6. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolation (6) Aussparungen aufweist.

15 7. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) die gleiche Dicke oder eine geringere Dicke als die Halbleiter (3, 4) aufweist.

20 8. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) kompakt oder mit Hohlräumen (11) versehen ist.

25 9. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltverbindungen (5) wie auch die Isolation (6) auf der kalten und warmen Seite (12, 13) unterschiedlich sind und bevorzugt aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen.

30 10. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass nur die Schaltverbindungen (5) mit der Isolation (6) beschichtet sind.

11. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (8, 9) selbst elektrisch isolierend sind.

5 12. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolation (6) das Wärmeleitelement (8, 9) umgibt.

10 13. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass Zwischenräume (7,10) der elektrischen Schaltverbindung (5) mit Isolationsmaterial gefüllt sind, und sich eine planare Oberfläche ergibt.

15 14. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) durch ätzen, bohren, schleifen, fräsen, lasern, stanzen o. a. verändert ist, oder dass das Matrix-Material geschäumt ist sein oder bei der Herstellung mit der gewünschten
20 Struktur gegossen wird.

15. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) die gleiche Dicke wie die Halbleiter (3, 4) aufweist oder
25 dünner ist, oder nicht planparallel ist, wobei die Matrix (2) so ausgebildet sein kann, dass sie die Halbleiter (3, 4) nur teilweise umhüllt.

16. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der
30 Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass in das Matrixmaterial (2) Hohlräume (11) über die gesamte Länge oder auch nur über einen Teil der Länge eingebracht sind.

17. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die der kalten sowie der warmen Grenzfläche zugewandten Schaltverbindungen (5) auf einem separaten elektrisch isolierenden Substrat (14) hergestellt sind.

18. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung mit den Halbleitern (3, 4) an der Abflusstirnfläche wird mittels Schmelzlötverfahren (17) o. dgl. hergestellt ist.

19. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei oder mehr TEKs aufeinander gestapelt sind, wobei die innenliegenden Grenzflächen zwischen dem oberen und unteren TEK ebenfalls Luftpolster (7, 10) o. dgl. aufweisen.

20. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche zwischen den TEKs direkt an der Isolationsschicht (6) gelegen sein kann oder ein Wärmeleitelement (8) dazwischengeschaltet ist oder eine Isolationsschicht (15) dazwischengeschaltet ist, welche als Kleber ausgestaltet ist.

21. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiter (3, 4) aus Bi_2Te_3 , SbTe , SbBiTe , Se, Bi, Te , Cu , Ni , SbBi , ZnBi , ZnTe , ZnSb o. a. bestehen.

22. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (2) aus einem Kunststoff und/oder aus Glas, Si , SiO_2 oder

PCB-Werkstoffen besteht, deren Wärmeleitfähigkeit grösser ist als die von Luft.

23. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltverbindung (5) ein Sandwich ist, bestehend aus mindestens einer Diffusionsbarriere und einem elektrischen Leiter.
24. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsbarriere aus Pd, Ni, Ti, Cr, Nitrid, Au, Sb oder einer Legierung besteht.
25. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Wärmeleitelement (8, 9) aus einem Metall, bevorzugt Cu, Au, Pd, Al, Sb, Stahl oder aus einer Keramik oder Graphit besteht.
26. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolationsschicht (6) aus einem Polymer, einem keramischen Werkstoff (z. B. Al₂O₃), einem thermisch leitfähigen Polymer, einer thermisch leitfähigen Folie aus Keramik o. a. bestehen.
27. Thermoelektrischer Konverter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolation (6) flächige Unterbrechungen (7,10) zwischen zwei benachbarten Schaltverbindungen (5) sowie zum angrenzenden Wärmeleitelement (8, 9) und zur angrenzenden Matrix (2) aufweist.

28. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass eine geringere Kontaktfläche zur Matrix (2) vorgesehen ist, die für eine reduzierte Einspeisung parasitischer Wärmeströme in die Matrix (2) sorgt.

29. Thermoelektrischer Konverter nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Thermoelemente (8, 9) Aussparungen an der Stelle enthalten, an der sich Luftpolster (7, 10) befinden.

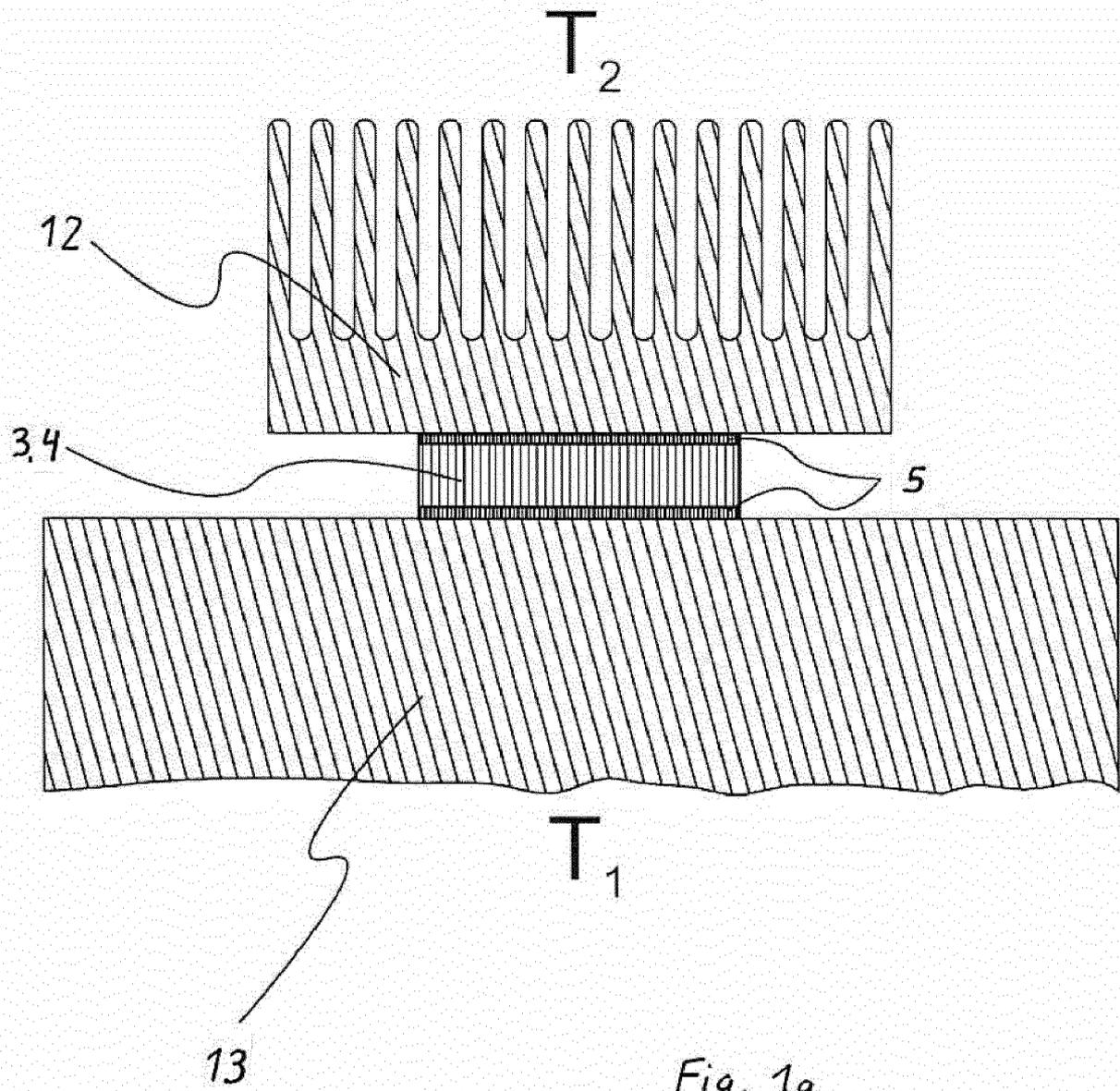


Fig. 1a

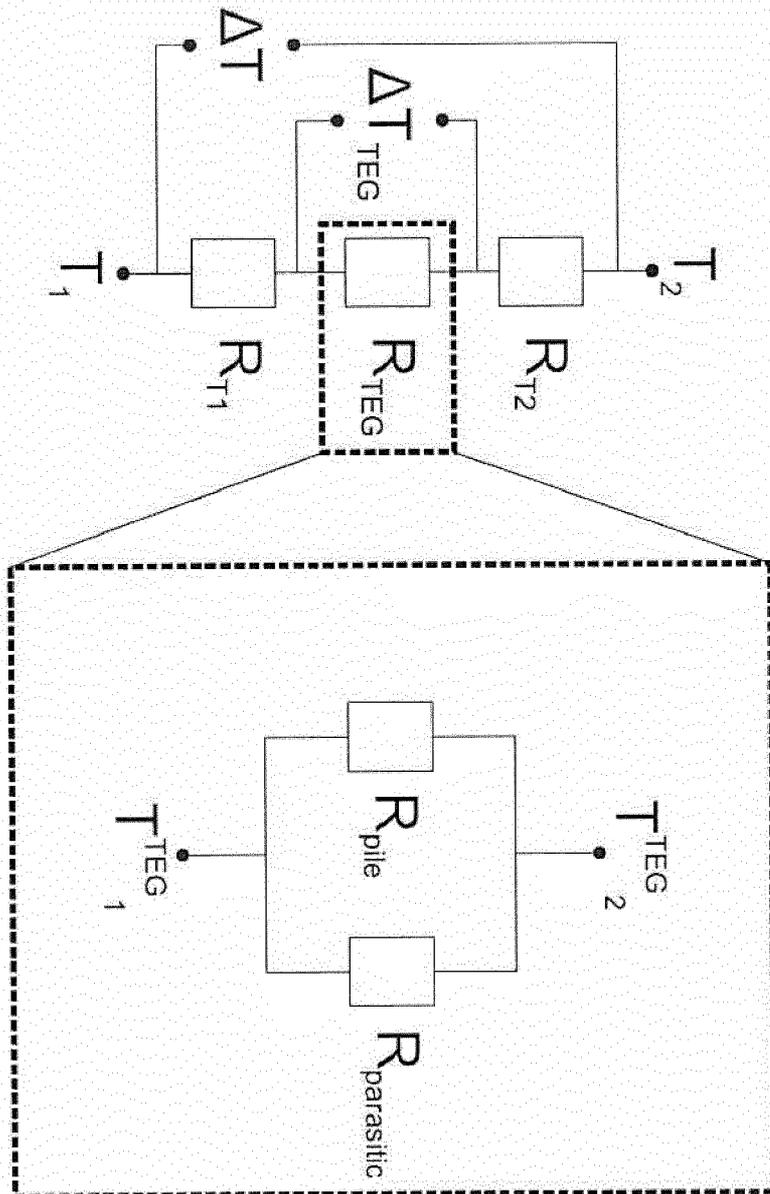
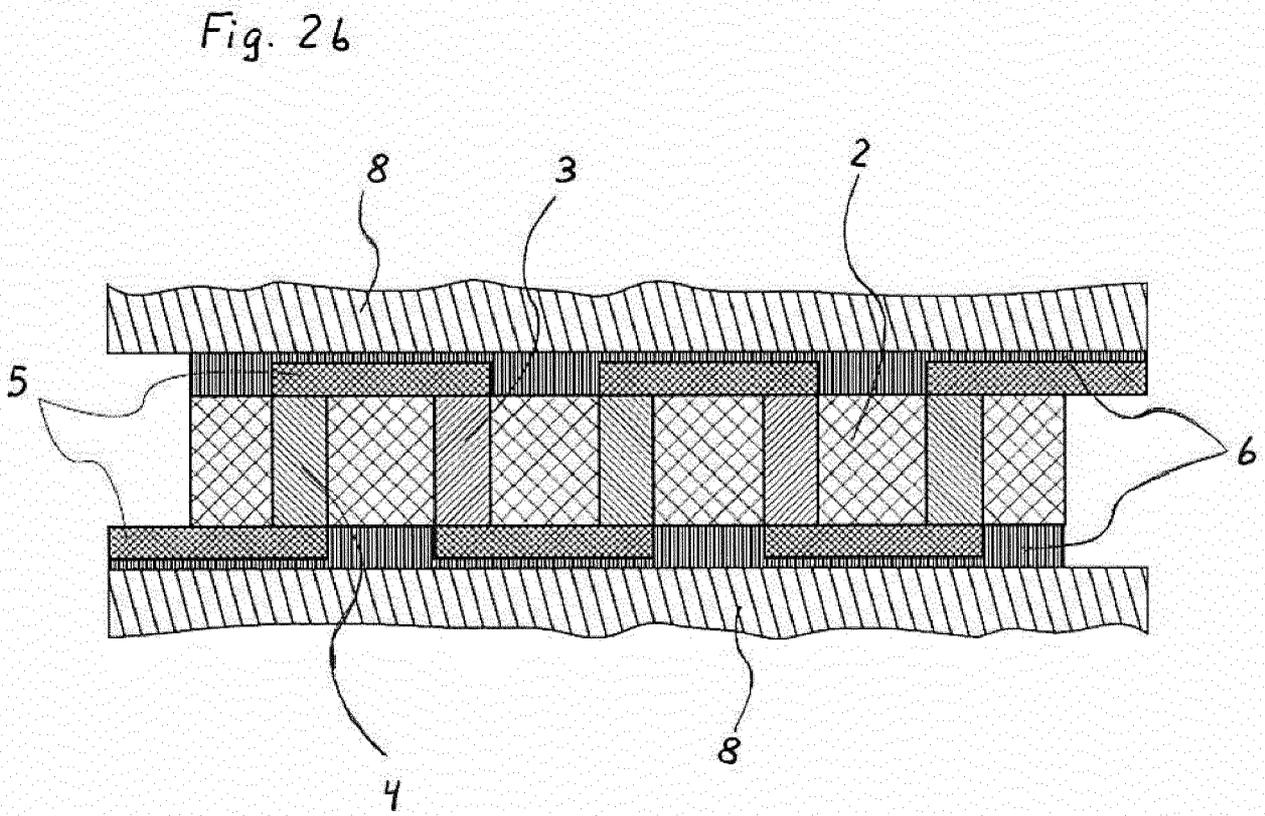
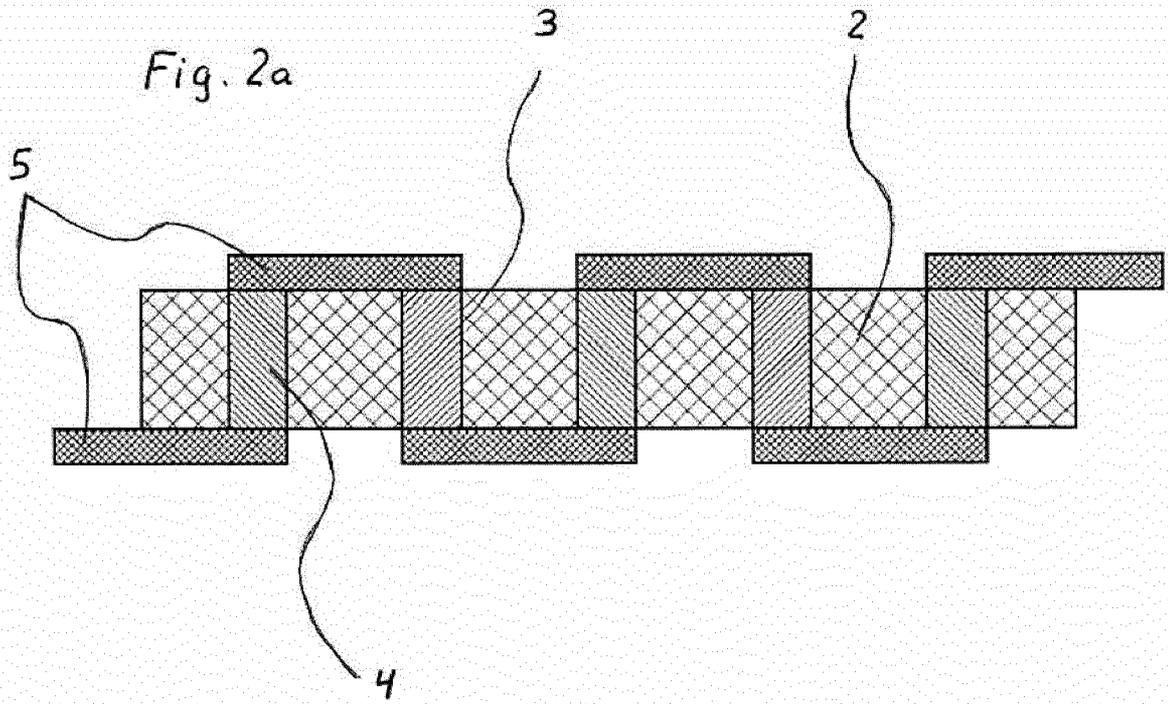


Fig. 16



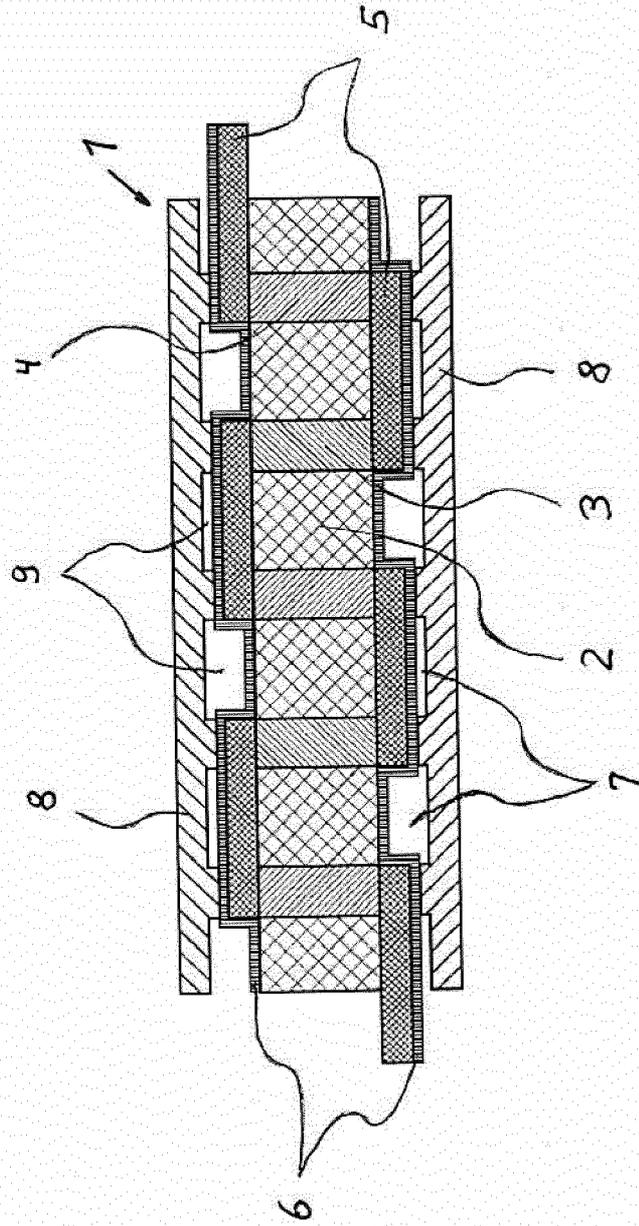


Fig. 3

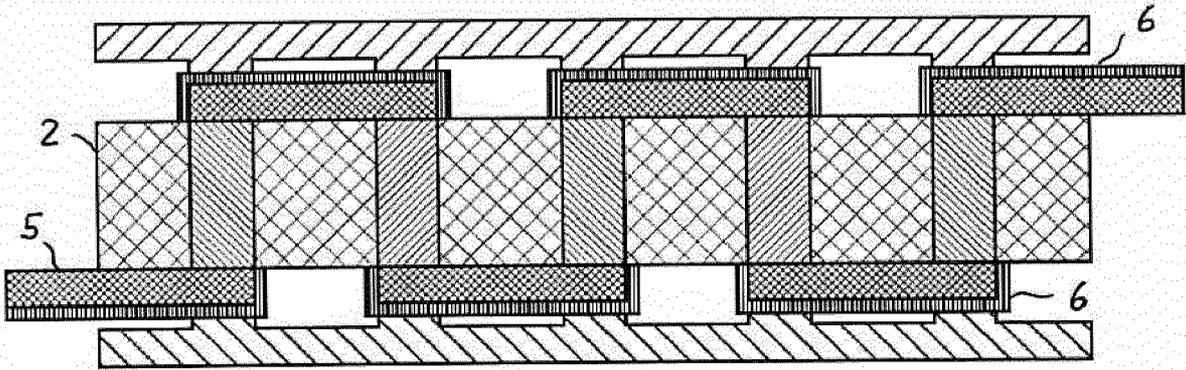


Fig. 4a

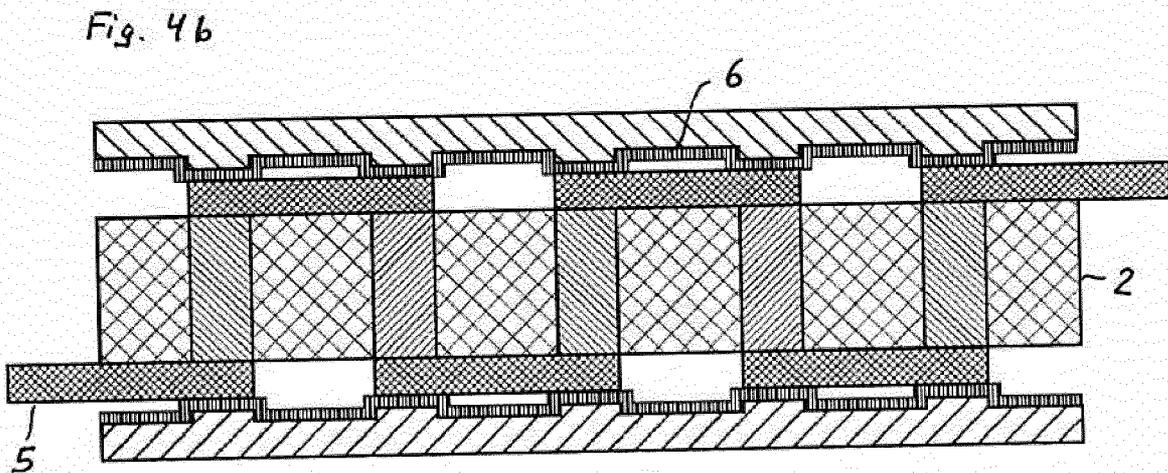


Fig. 4b

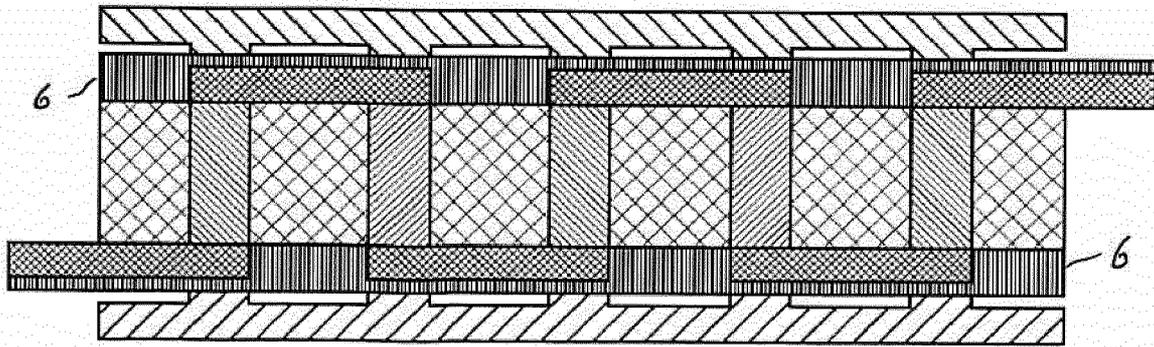


Fig. 4c

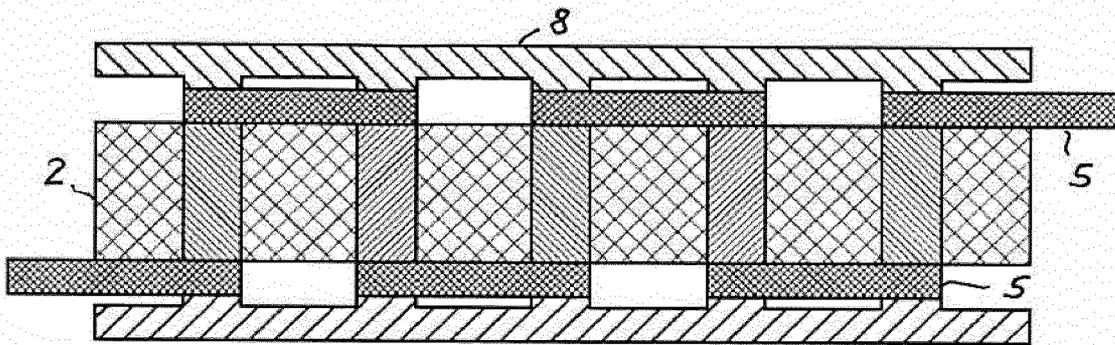


Fig. 4d

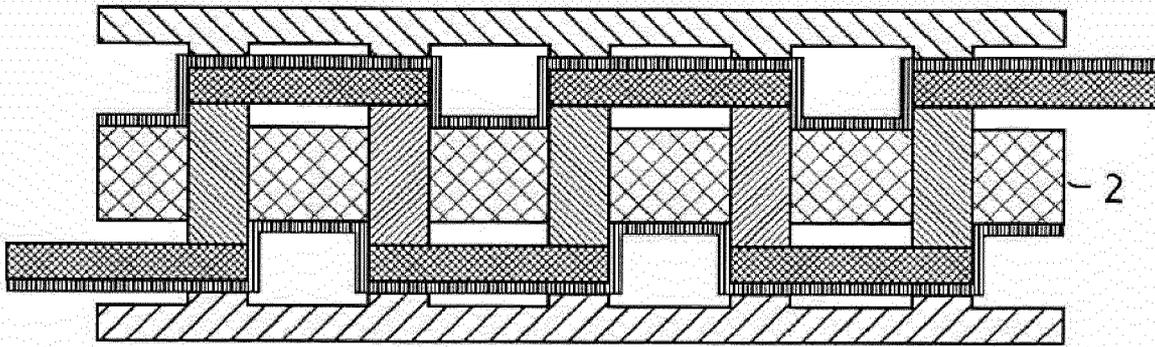


Fig. 5a

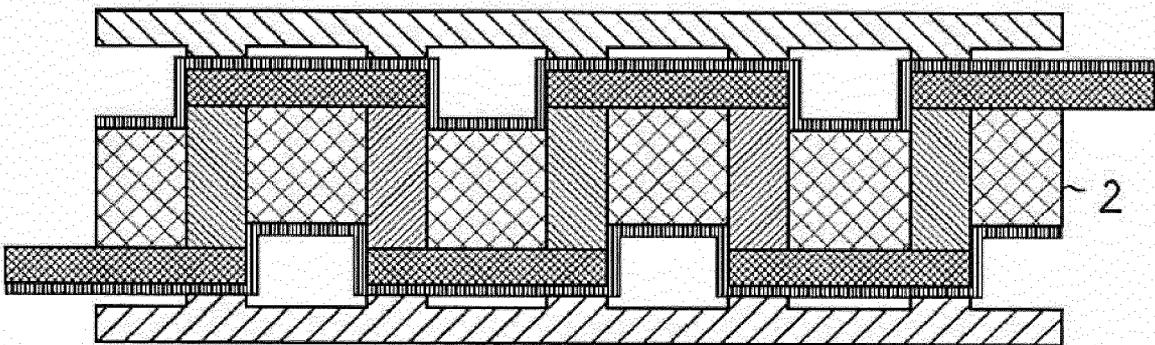


Fig. 5b

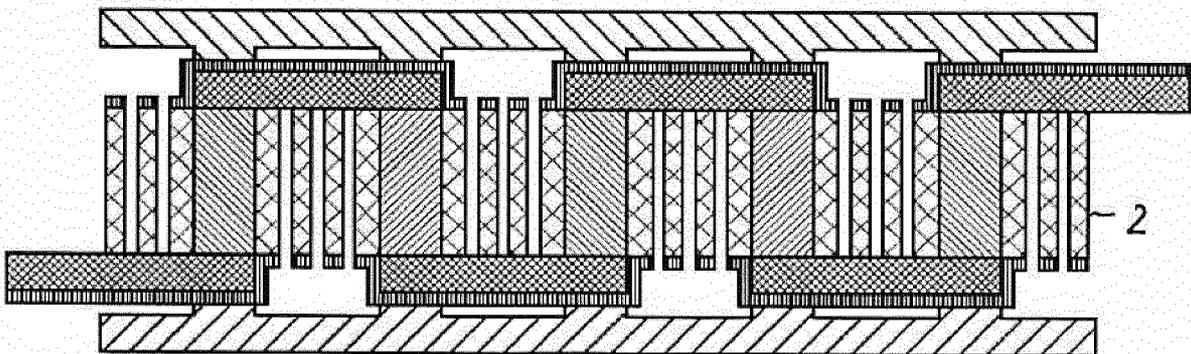


Fig. 5c

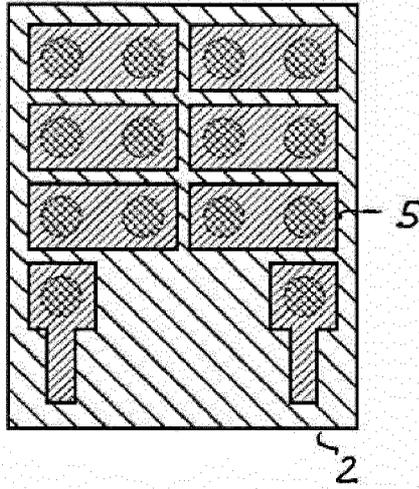


Fig. 6b

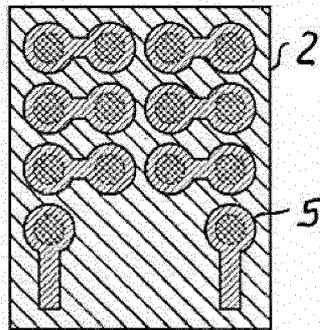


Fig. 6c

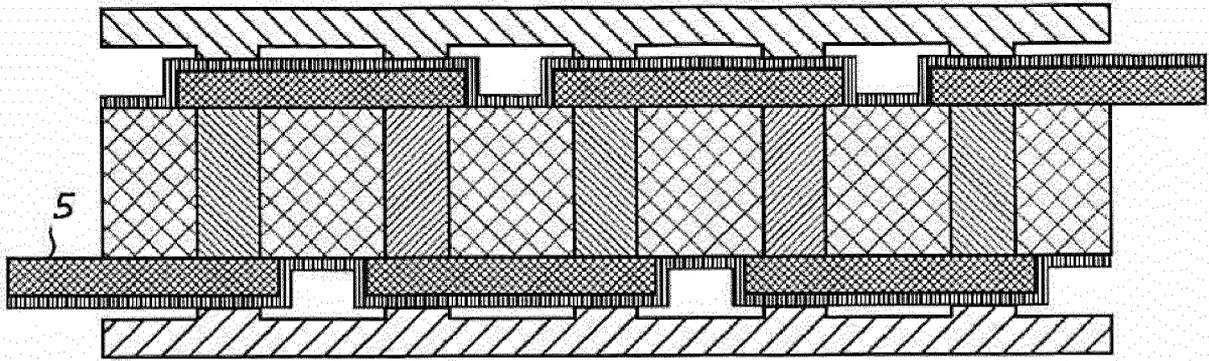


Fig. 6a

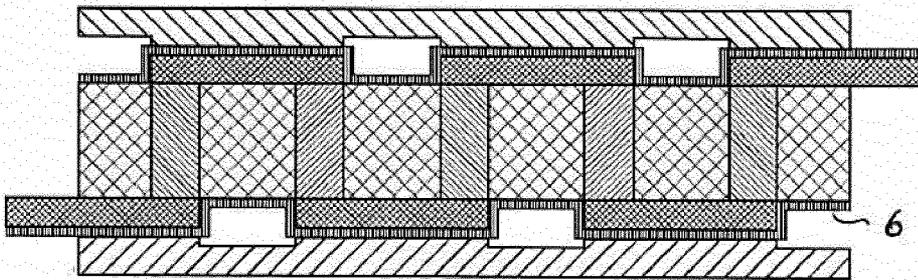


Fig. 7a

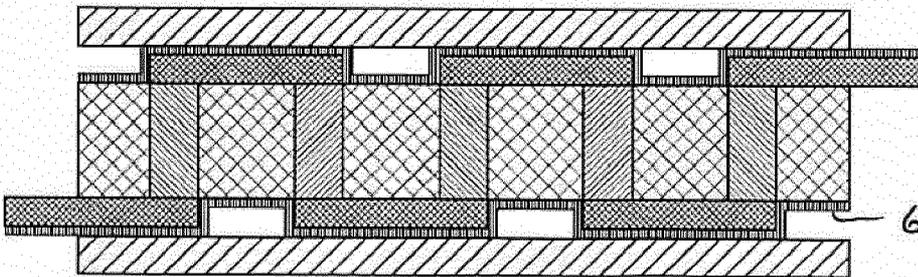


Fig. 7b

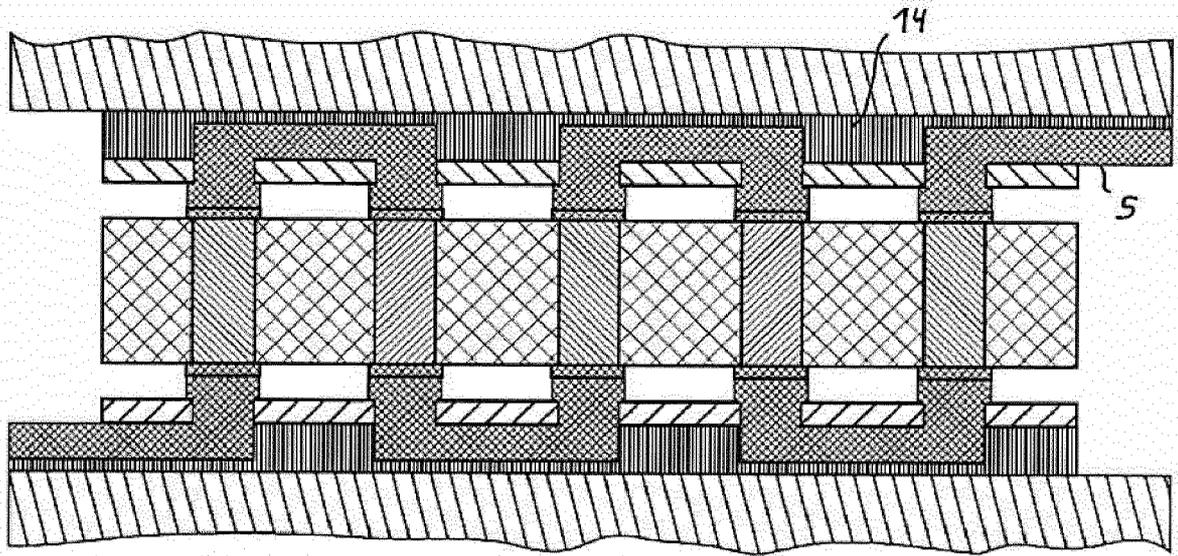


Fig. 8b

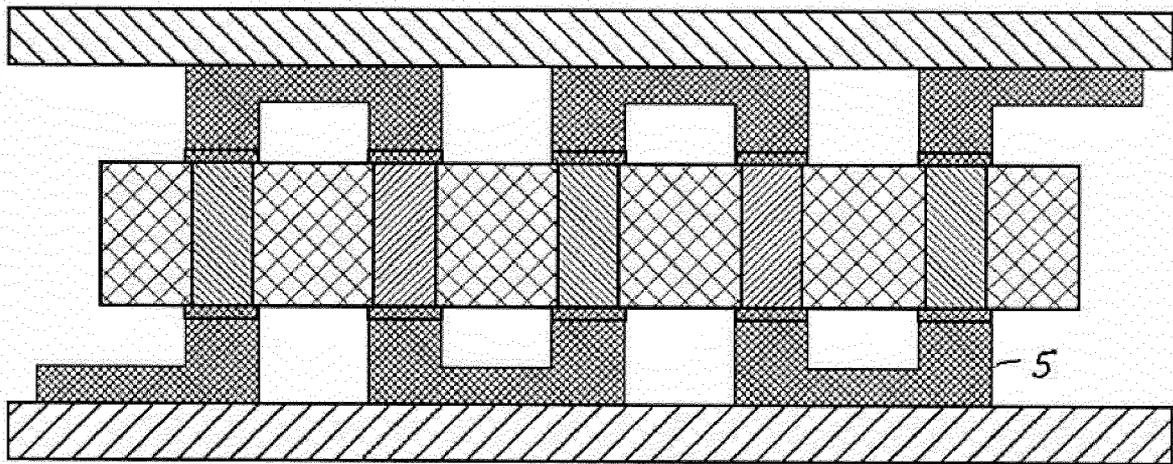
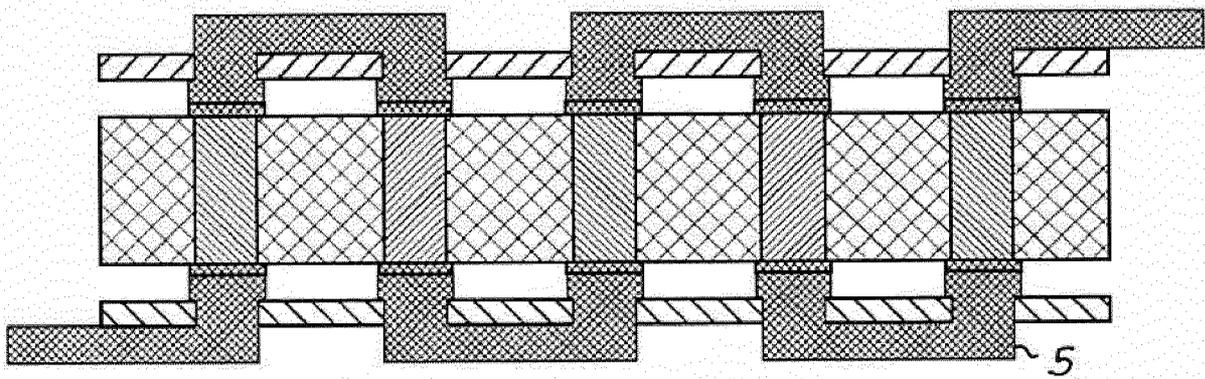


Fig. 8c

Fig. 8a



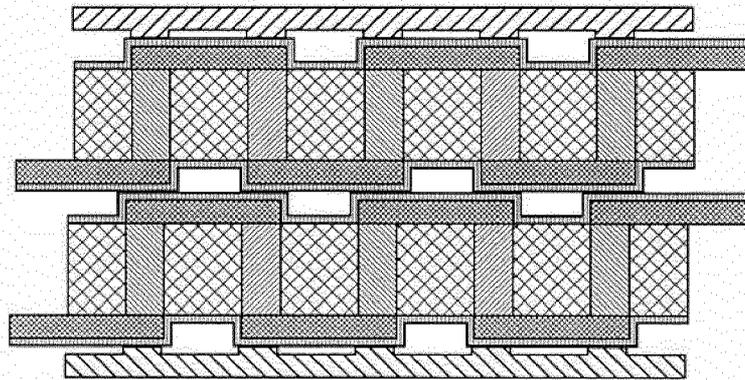
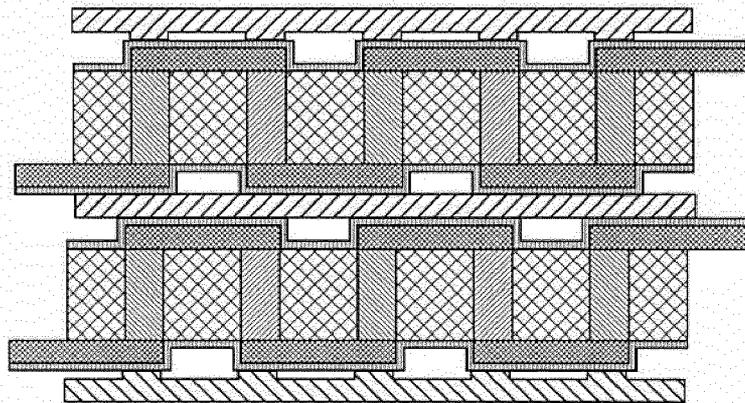
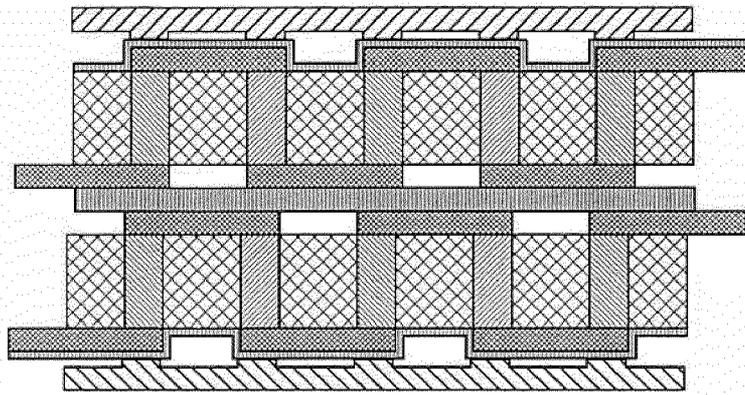


Fig. 9 a-c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/077901

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01L35/28 H01L35/32 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012/086775 A1 (KYOCERA CORP [JP]; TAJIMA KENICHI [JP]) 28 June 2012 (2012-06-28)	1-15, 17-22, 25-29
Y	paragraphs [0018] - [0036]; figures 2-3 & US 2013/269743 A1 (TAJIMA KENICHI [JP]) 17 October 2013 (2013-10-17)	16,23,24
X	----- US 2010/212711 A1 (LIU PENG [CN] ET AL) 26 August 2010 (2010-08-26)	1
X	----- US 2007/220902 A1 (MATSUOKA AKIO [JP] ET AL) 27 September 2007 (2007-09-27)	1
Y	paragraph [0290] - paragraph [0293]; figure 20 -----	16
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date		"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 19 March 2014		Date of mailing of the international search report 28/03/2014
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Franche, Vincent

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/077901

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 441 576 A (BIERSCHENK JAMES L [US] ET AL) 15 August 1995 (1995-08-15) column 2, line 50 - column 3, line 13; figures 2-3 -----	23,24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2013/077901

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012086775 A1	28-06-2012	US 2013269743 A1 WO 2012086775 A1	17-10-2013 28-06-2012

US 2010212711 A1	26-08-2010	CN 101814867 A JP 5038447 B2 JP 2010199577 A US 2010212711 A1	25-08-2010 03-10-2012 09-09-2010 26-08-2010

US 2007220902 A1	27-09-2007	DE 112005001273 T5 US 2007220902 A1 WO 2005117153 A1	19-04-2007 27-09-2007 08-12-2005

US 5441576 A	15-08-1995	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/077901

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01L35/28 H01L35/32 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2012/086775 A1 (KYOCERA CORP [JP]; TAJIMA KENICHI [JP]) 28. Juni 2012 (2012-06-28)	1-15, 17-22, 25-29
Y	Absätze [0018] - [0036]; Abbildungen 2-3 & US 2013/269743 A1 (TAJIMA KENICHI [JP]) 17. Oktober 2013 (2013-10-17)	16,23,24
X	----- US 2010/212711 A1 (LIU PENG [CN] ET AL) 26. August 2010 (2010-08-26)	1
X	----- US 2007/220902 A1 (MATSUOKA AKIO [JP] ET AL) 27. September 2007 (2007-09-27)	1
Y	Absatz [0290] - Absatz [0293]; Abbildung 20 -----	16
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weiters Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
19. März 2014	28/03/2014	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Franche, Vincent	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/077901

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 441 576 A (BIERSCHENK JAMES L [US] ET AL) 15. August 1995 (1995-08-15) Spalte 2, Zeile 50 - Spalte 3, Zeile 13; Abbildungen 2-3 -----	23,24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/077901

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012086775 A1	28-06-2012	US 2013269743 A1	17-10-2013
		WO 2012086775 A1	28-06-2012

US 2010212711 A1	26-08-2010	CN 101814867 A	25-08-2010
		JP 5038447 B2	03-10-2012
		JP 2010199577 A	09-09-2010
		US 2010212711 A1	26-08-2010

US 2007220902 A1	27-09-2007	DE 112005001273 T5	19-04-2007
		US 2007220902 A1	27-09-2007
		WO 2005117153 A1	08-12-2005

US 5441576 A	15-08-1995	KEINE	
