

(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
20. August 2009 (20.08.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/100809 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
H01L 35/32 (2006.01) *H01L 35/34* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2009/000436
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
23. Januar 2009 (23.01.2009)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2008 009 428.5
15. Februar 2008 (15.02.2008) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** ISABELLENHÜTTE HEUSLER GMBH & CO. KG [DE/DE]; Eibacher Weg 3-5, 35683 Dillenburg (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** HETZLER, Ullrich [DE/DE]; Bergstraße 9a, 35688 Dillenburg-Oberschedl (DE).
- (74) **Anwalt:** BEIER, Ralph; V. Bezold & Partner, Akademiestraße 7, 80799 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** THERMO-ELECTRIC CONVERTER AND ASSOCIATED PRODUCTION METHOD

(54) **Bezeichnung:** THERMO-ELEKTRISCHER WANDLER UND ZUGEHÖRIGES HERSTELLUNGSVERFAHREN

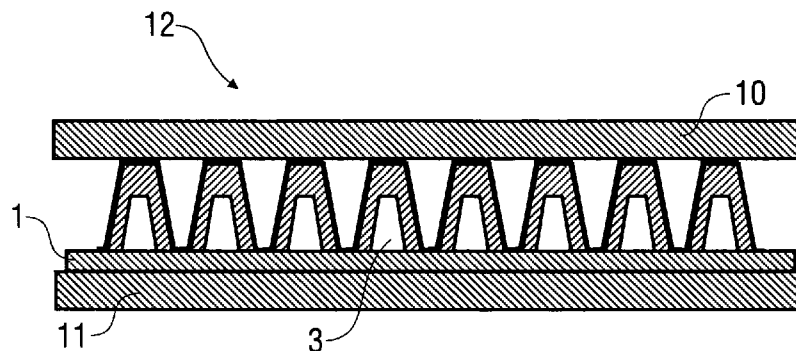


Fig. 1E

(57) **Abstract:** The invention relates to a thermo-electric converter (12), particularly a thermo-electric generator having a support substrate (1) and at least one thermal column having many thermo-elements electrically connected in series and mounted on the support substrate (1). The invention proposes that the support substrate (1) comprises a three-dimensional surface structure having bumps and recesses as structural elements (2).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen thermo-elektrischen Wandler (12), insbesondere einen thermo-elektrischen Generator, mit einem Trägersubstrat (1) und mindestens einer Thermosäule mit zahlreichen Thermoelementen, die elektrisch hintereinander in Reihe geschaltet und auf das Trägersubstrat (1) aufgebracht sind. Es wird vorgeschlagen, dass das Trägersubstrat (1) eine dreidimensionale Oberflächenstruktur mit Erhebungen und Vertiefungen als Strukturelemente (2) aufweist.



WO 2009/100809 A2

Diese Aufgabe wird durch einen erfindungsgemäßen thermoelektrischen Wandler und ein entsprechendes Herstellungsverfahren gemäß den nebengeordneten Ansprüchen gelöst.

- 5 Die Erfindung umfasst die allgemeine technische Lehre, dass das Trägersubstrat für die einzelnen Thermoelemente eine dreidimensionale Oberflächenstruktur mit Erhebungen und Vertiefungen als Strukturelementen aufweist.
- 10 In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung weisen die einzelnen Thermoelemente heiße Kontaktstellen und kalte Kontaktstellen auf, wobei die heißen Kontaktstellen und die kalten Kontaktstellen abwechselnd auf den Erhebungen und in den Vertiefungen der dreidimensionalen Oberflächenstruktur
- 15 des Trägersubstrats angeordnet sind.

In einer Variante der Erfindung befinden sich die heißen Kontaktstellen also jeweils auf den Erhebungen der dreidimensionalen Oberflächenstruktur, während sich die kalten Kontakt-

20 stellen in den Vertiefungen der dreidimensionalen Oberflächenstruktur befinden.

Alternativ besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass sich die heißen Kontaktstellen der Thermoelemente jeweils in den Vertiefungen der dreidimensionalen Oberflächenstruktur befinden,

25 während die kalten Kontaktstellen der einzelnen Thermoelemente jeweils auf den Erhebungen der dreidimensionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats angeordnet sind.

30 Vorzugsweise sind die Erhebungen und Vertiefungen der dreidimensionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats langgestreckt und bilden somit vorzugsweise hervorstehende Rippen beziehungsweise Mulden. Die einzelnen Thermoelemente verlaufen hierbei mit ihrer elektrischen Stromrichtung vorzugsweise

jeweils quer zu den langgestreckten Strukturelementen des Trägersubstrats. Diese Ausrichtung der Thermoelemente relativ zu den Strukturelementen der dreidimensionalen Oberflächenstruktur ist vorteilhaft, weil sich auf diese Weise eine
5 Vielzahl von Thermosäulen bilden lässt, indem das Trägersubstrat mit den aufgebracht Thermoelementen in Längsrichtung der Thermosäulen und quer zu den langgestreckten Strukturelementen aufgeteilt wird, wie noch detailliert beschrieben wird.

10

Bei der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsform mit langgestreckten Strukturelementen weisen die einzelnen Strukturelemente vorzugsweise jeweils zwei Seitenflanken auf, wobei die beiden Leiterschichten der einzelnen Thermoelemente
15 jeweils auf die unmittelbar benachbarten Seitenflanken aufgebracht werden. Bei einer Ausgestaltung der langgestreckten Strukturelemente als Rippen mit zwei Seitenflanken kann jede der beiden Seitenflanken der Rippe jeweils einen Schenkel desselben Thermoelements in Form einer Leiterschicht aufnehmen.
20

Bei dieser Ausführungsform mit rippenförmigen Strukturelementen wird das Leitermaterial vorzugsweise schräg aufgebracht, beispielsweise durch Aufdampfen oder Aufspütern. Das schräge
25 Aufbringen der Leiterschichten bietet den Vorteil, dass die rippenförmigen Strukturelemente jeweils eine ihrer beiden Seitenflanken abschatten, so dass das Leitermaterial jeweils nur auf eine einzige Seitenflanke aufgebracht wird. Zur Beschichtung der gegenüber liegenden Seitenflanken muss das
30 Leitermaterial dann in einem entsprechenden schrägen Winkel von der anderen Seite aufgebracht werden. Das Leitermaterial wird also vorzugsweise nicht exakt rechtwinklig zur Oberfläche des Trägersubstrats aufgebracht, sondern mit einem bestimmten Auftreffwinkel zur Oberfläche des Trägersubstrats.

Der Auftreffwinkel des Leitermaterials kann beispielsweise größer als 40°, 50°, 60°, 70° oder sogar größer als 80° sein, bezogen auf die Oberfläche des Trägersubstrats. Weiterhin kann der Auftreffwinkel des Leitermaterials - bezogen auf die Oberfläche des Trägersubstrats - kleiner als 85°, 80°, 70°, 60° oder sogar kleiner als 50° sein. Vorzugsweise liegt der Auftreffwinkel also in einem Bereich von 40° bis 85°.

Alternativ besteht jedoch im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, das Leitermaterial mittels Masken selektiv auf die Seitenflanken der rippenförmigen Strukturelemente aufzutragen oder nach einer ganzflächigen Beschichtung wieder abzutragen, z.B. ätztechnisch oder mit Lasern.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass die langgestreckten Strukturelemente (z.B. Rippen, Mulden) der dreidimensionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats vorzugsweise im wesentlichen parallel zueinander und/oder im wesentlichen rechtwinklig zu den einzelnen Thermoelementen bzw. Thermosäulen ausgerichtet sind.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Strukturelemente der dreidimensionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats mindestens teilweise hohl sind, da auf diese Weise die thermische Leitfähigkeit der Strukturelemente herabgesetzt wird.

Es besteht jedoch alternativ auch die Möglichkeit, dass die einzelnen Strukturelemente (z.B. Rippen) massiv ohne Hohlräume ausgeführt sind.

Weiterhin besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass das Trägersubstrat selbst flach ist und durch seine Formgebung die Strukturelemente (z.B. Rippen, Mulden) bildet, so dass das Trägersubstrat beispielsweise wellblechförmig

sein kann. Das Trägersubstrat kann also an der Vorderseite und an der Rückseite Strukturelemente aufweisen, wobei die Strukturelemente an der Vorderseite zu den Strukturelementen an der Rückseite invers bzw. komplementär geformt sind. Dies bedeutet beispielsweise, dass eine Rippe an der Vorderseite des Trägersubstrats an dessen Rückseite als Mulde in Erscheinung tritt.

Ferner bestehen die einzelnen Strukturelemente und/oder das Trägersubstrat vorzugsweise nicht nur aus einem elektrisch isolierenden Material, sondern vorzugsweise auch aus einem thermisch isolierenden Material.

Ein Unterschied gegenüber der eingangs erwähnten Thermosäule gemäß DE 20 2006 003 595 U1 besteht ferner darin, dass das Trägersubstrat an sich flächig ist und lediglich eine dreidimensionale Oberflächenstruktur aufweist.

Bei der dreidimensionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats handelt es sich vorzugsweise um eine Mikrostruktur. Dies bedeutet, dass die einzelnen Strukturelemente (z.B. Rippen, Mulden) einen Abstand oder eine Breite haben, die im Mikrometerbereich oder zumindest im Millimeterbereich liegen. Der Abstand und/oder die Breite der Strukturelemente (z.B. Rippen, Mulden) kann also kleiner sein als 5mm, 2mm, 1mm, 500µm, 250µm, 100µm, 50µm oder sogar kleiner als 25µm.

Zum einen ist diese Mikrostrukturierung der Oberflächenstruktur des Trägersubstrats vorteilhaft, weil sich auf diese Weise eine große Packungsdichte der Thermoelemente erreichen lässt.

Beispielsweise kann die flächenbezogene Packungsdichte der Thermoelemente auf dem Trägersubstrat größer sein als 1cm^{-2} , 10cm^{-2} , 100cm^{-2} , 1.000cm^{-2} oder sogar 10.000cm^{-2} .

5 Zum anderen ist die Mikrostrukturierung der Oberflächenstruktur des Trägersubstrats vorteilhaft, weil die Bearbeitung des Trägersubstrats dadurch sehr effizient mit herkömmlichen Strukturierungsverfahren erfolgen kann, die beispielsweise aus der Halbleitertechnologie bekannt sind.

10

Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass die einzelnen Strukturelemente der dreidimensionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats beispielsweise einen dreieckigen oder trapezförmigen Querschnitt aufweisen können.

15

Aus der vorstehenden Beschreibung ist bereits ersichtlich, dass auf dem Trägersubstrat mehrere Thermosäulen angeordnet sein können, die elektrisch hintereinander in Reihe geschaltet sind, wobei die einzelnen Thermosäulen jeweils quer zu
20 den langgestreckten Strukturelementen und nebeneinander angeordnet sein können.

25

Die einzelnen Thermosäulen können hierbei mehr als 10, 20, 50 oder sogar mehr als 100 Thermoelemente enthalten, während auf dem Trägersubstrat insgesamt mehr als 10, 20, 50 oder sogar mehr als 100 derartiger Thermosäulen untergebracht werden können.

30

Der erfindungsgemäße thermo-elektrische Wandler kann also mehr als 100, 500, 1000, 2500, 5000 oder sogar mehr als 10000 Thermoelemente aufweisen.

Ferner weist der erfindungsgemäße thermo-elektrische Wandler vorzugsweise eine elektrisch isolierende Oberschicht auf, die

das Trägersubstrat mit den darauf aufgebracht
Thermoelementen an seiner Oberseite abdeckt,
während das Trägersubstrat an seiner Unterseite
vorzugsweise durch eine elektrisch isolierende
Unterschicht abgedeckt wird.

5

Die Oberschicht und/oder die Unterschicht bestehen
vorzugsweise aus einem thermisch leitfähigen
Material, um die Thermosäulen thermisch zu
kontaktieren. Beispielsweise können die
Oberschicht und die Unterschicht aus einem
Keramikwerkstoff
10 oder aus einem beschichteten Metall bestehen.

Neben dem vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen
thermoelektrischen Wandler umfasst die Erfindung
auch ein entsprechendes Herstellungsverfahren,
wie sich bereits aus der vorangehenden
Beschreibung ergibt.
15

Die dreidimensionale Oberflächenstruktur des
Trägersubstrats kann hierbei beispielsweise durch
(Mikro-)Spritzgießen, Laser-Ätzen oder durch
chemisches Ätzen hergestellt werden.
20

Die Leiterschichten der einzelnen Thermoelemente
können im Rahmen des erfindungsgemäßen
Herstellungsverfahrens beispielsweise auf die
dreidimensionale Oberflächenstruktur des
Trägersubstrats aufgedampft, aufgesputtert,
aufgedruckt, aufgeprüft oder galvanisch
aufgebracht werden, um nur einige mögliche
Herstellungsverfahren zu nennen.
25

Es wurde bereits vorstehend erwähnt, dass die
einzelnen Thermosäulen vorzugsweise rechtwinklig
zu den langgestreckten Strukturelementen
(z.B. Rippen, Mulden) ausgerichtet sind,
was bei der Herstellung einer Vielzahl von
Thermosäulen vorteilhaft ist. Hierzu wird
das Trägersubstrat mit den darauf aufgebracht
Thermosäulen jeweils zwischen den unmittelbar
benachbarten Thermosäulen in Längsrichtung
der Thermosäulen
30

aufgeteilt, so dass jedes abgetrennte Teil jeweils mindestens eine Thermosäule enthält. Die Thermosäulen auf den einzelnen abgetrennten Teilen werden dann vorzugsweise wieder elektrisch hintereinander in Reihe geschaltet.

5

Die vorstehend erwähnte Aufteilung des Trägersubstrats mit den darauf aufgebracht Thermosäulen kann beispielsweise durch Ätzen oder durch Laser-Bestrahlung erfolgen, wozu beispielsweise ein Ultraviolett-Laser oder ein Pikosekunden-Laser verwendet werden kann.

10

Schließlich wird auf die Oberseite des Trägersubstrats mit den darauf aufgebracht Thermosäulen vorzugsweise eine elektrisch isolierende Oberschicht aufgebracht, um den thermoelektrischen Wandler thermisch zu kontaktieren.

15

Darüber hinaus wird zur thermischen Kontaktierung des thermoelektrischen Wandlers vorzugsweise auch auf die Unterseite des Trägersubstrats eine elektrisch isolierende, aber thermisch leitfähige Unterschicht aufgebracht.

20

Im Rahmen der Erfindung kann die Oberschicht und/oder die Unterschicht aufgeklebt werden, jedoch sind im Rahmen der Erfindung auch andere Befestigungsmöglichkeiten denkbar.

25

Als Material für die Oberschicht und die Unterschicht eignet sich beispielsweise ein Keramikwerkstoff oder beschichtetes Metall.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

30

Figuren 1A-1E verschiedene aufeinanderfolgende Fertigungsstadien eines erfindungsgemäßen thermo-elektrischen Wandlers,

5 Figur 2 eine Perspektivansicht eines erfindungsgemäßen thermo-elektrischen Wandlers ohne das Träger-substrat, sowie

10 Figur 3 das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren in Form eines Flussdiagramms.

Im folgenden wird nun unter Bezugnahme auf das in Figur 3 dargestellte Flussdiagramm sowie auf die Figuren 1A bis 1E das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren beschrieben.

15

In einem ersten Schritt S1 wird zunächst ein Trägersubstrat 1 bereitgestellt, das aus einem elektrisch und thermisch isolierenden Material besteht und im einfachsten Fall plattenförmig sein kann.

20

In einem zweiten Schritt S2 erfolgt dann eine Mikrostrukturierung des Trägersubstrats 1 zur Bildung einer dreidimensionalen Oberflächenstruktur in dem Trägersubstrat 1, wobei die dreidimensionale Oberflächenstruktur mehrere langgestreckte
25 Strukturelemente 2 in Form von Rippen aufweist.

Die Mikrostrukturierung des Trägersubstrats 1 kann beispielsweise durch Heißprägen, Mikro-Spritzgießen, Laser-Ätzen oder durch chemisches Ätzen erfolgen.

30

Hierbei ist zu erwähnen, dass die rippenförmigen Strukturelemente 2 jeweils einen durchgehenden Hohlraum 3 aufweisen können, um die Wärmeleitfähigkeit der rippenförmigen Struktur-

elemente 2 zu verringern und dadurch die Funktionsfähigkeit von darauf aufgebrachtene Thermoelemente zu verbessern.

Nach der Mikrostrukturierung des Trägersubstrats 1 in dem Schritt S2 liegt dann das in Figur 1A dargestellte Fertigungsstadium vor.

Aus den Figuren 1A sowie aus der Querschnittsansicht in Figur 1B ist ersichtlich, dass die rippenförmigen Strukturelemente 2 jeweils zwei Seitenflanken 4, 5 aufweisen.

In einem weiteren Verfahrensschritt S3 wird dann eine Leiterschicht 6 auf die Seitenflanke 5 der einzelnen rippenförmigen Strukturelemente 2 aufgebracht. Dieses Auftragen der Leiterschicht 6 kann beispielsweise durch Aufdampfen oder Aufspütern erfolgen, wie in Figur 1B durch die Blockpfeile schematisch angedeutet wird.

Das Leitermaterial für die Leiterschicht 6 wird hierbei mit einem Auftreffwinkel $\alpha \approx 70^\circ$ schräg auf die Seitenflanken 5 aufgebracht, beispielsweise durch Aufspütern oder Aufdampfen. Dieses schräge Aufbringen des Leitermaterials ist vorteilhaft, weil die einzelnen rippenförmigen Strukturelemente 2 dabei die anderen Seitenflanken 4 abschatten, so dass die Seitenflanken 4 in diesem Verfahrensschritt nicht mit dem Leitermaterial beschichtet wird.

Am Ende des Verfahrensschrittes S3 liegt dann das in Figur 1B gezeigte Fertigungsstadium vor.

30

In einem weiteren Verfahrensschritt S4 wird dann auch auf die gegenüberliegende Seitenflanke 4 der rippenförmigen Strukturelemente 2 eine Leiterschicht 7 aufgebracht, was durch Auf-

sputtern oder Aufdampfen erfolgen kann, wie in Figur 1C durch die Blockpfeile angedeutet ist.

Auch das Leitermaterial für die Leiterschicht 7 wird hierbei
5 mit einem Auftreffwinkel $\alpha \approx 70^\circ$ schräg auf die Seitenflanken 4
aufgebracht. Dieses schräge Aufbringen des Leitermaterials
ist wiederum vorteilhaft, weil die einzelnen rippenförmigen
Strukturelemente 2 dabei die bereits mit der Leiterschicht 6
beschichteten Seitenflanken 5 abschatten, so dass die Seiten-
10 flanken 5 in diesem Verfahrensschritt nicht mit dem Leiterma-
terial beschichtet werden.

Die beiden Leiterschichten 6, 7 bilden jeweils einen Schenkel
eines Thermoelements, so dass die Leiterschichten 6, 7 an der
15 Oberseite der rippenförmigen Strukturelemente 2 überlappen
und eine Kontaktstelle bilden. In gleicher Weise überlappen
die benachbarten Leiterschichten 6, 7 auch in der Mulde zwi-
schen den benachbarten rippenförmigen Strukturelementen 2 und
bilden dort eine weitere Kontaktstelle.

20 Wichtig ist hierbei, dass die beiden Leiterschichten 6, 7 aus
Materialien mit unterschiedlichen Thermokräften bestehen, da-
mit die unmittelbar benachbarten Leiterschichten 6, 7 jeweils
ein Thermoelement bilden.

25 Nach dem Schritt S4 liegt dann das Fertigungsstadium gemäß
Figur 1C vor.

In einem weiteren Schritt S5 wird das Trägersubstrat 1 mit
30 den darauf aufgebracht Thermoelementen dann rechtwinklig zu
den langgestreckten rippenförmigen Strukturelementen 2 ent-
lang vorgegebener Trennlinien 8 in Längsrichtung von Thermo-
säulen 9 aufgeteilt. Die auf diese Weise gebildeten Teile
enthalten jeweils eine der Thermo Säulen 9.

Nach der Aufteilung des Trägersubstrats 1 mit den darauf befindlichen Thermosäulen 9 werden die vereinzelt Thermosäulen 9 dann elektrisch miteinander zu einer Reihenschaltung verbunden. Hierzu können auf der Oberlage 10 oder auf der Unterlage 11 entsprechende Leiterbahnen angeordnet sein.

Schließlich wird dann in einem Schritt S6 eine elektrisch und thermisch isolierende Oberlage 10 sowie eine elektrisch und thermisch isolierende Unterlage 11 aufgeklebt, wobei die Oberlage 10 das Trägersubstrat 1 mit den darauf aufgebracht Thermoelementen an seiner Oberseite abdeckt, während die Unterlage 11 das Trägersubstrat 1 mit den darauf aufgebracht Thermoelementen an seiner Unterseite abdeckt.

15

Nach dem Schritt S6 liegt dann das vorläufig endgültige Fertigungsstadium gemäß Figur 1E vor, wobei im Rahmen des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens weitere Endbearbeitungsschritte folgen können.

20

Das Fertigungsstadium gemäß Figur 1E zeigt jedoch einen thermo-elektrischen Wandler 12 mit allen erforderlichen Funktionselementen.

Figur 2 zeigt eine Perspektivansicht eines alternativen Ausführungsbeispiels eines thermo-elektrischen Wandlers 13 in einem Zwischenstadium der Herstellung ohne das zugrundeliegende Trägersubstrat.

Hierbei ist erkennbar, dass mehrere Leiterschichten 14, 15 auf die Seitenflanken der rippenförmigen Strukturelemente des Trägersubstrats aufgebracht sind.

Darüber hinaus ist erkennbar, dass das Trägersubstrat mit darauf aufgebrachtten Thermosäulen 16 entlang bestimmter Trennlinien 17 in mehrere Teile aufgeteilt wird, wobei die einzelnen Teile jeweils eine der Thermosäulen 16 enthalten.

5

Alternativ besteht die Möglichkeit, dass Figur 2 ein Zwischenstadium der Herstellung zeigt, in dem das Trägersubstrat flächig ist und wellblechartig geformt ist, um die rippenförmigen Strukturelemente zu bilden.

10

Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den Schutzbereich fallen.

15

* * * * *

Bezugszeichenliste:

- 1 Trägersubstrat
- 2 Strukturelemente
- 3 Hohlraum
- 4 Seitenflanke
- 5 Seitenflanke
- 6 Leiterschicht
- 7 Leiterschicht
- 8 Trennlinie
- 9 Thermosäule
- 10 Oberlage
- 11 Unterlage
- 12 Thermo-elektrischer Wandler
- 13 Thermo-elektrischer Wandler
- 14 Leiterschicht
- 15 Leiterschicht
- 16 Thermosäule
- 17 Trennlinie

* * * * *

ANSPRÜCHE

- 5 1. Thermo-elektrischer Wandler (12; 13), insbesondere thermo-elektrischer Generator, mit
- a) einem Trägersubstrat (1) und
 - b) mindestens einer Thermosäule (9) mit zahlreichen Thermo-
10 moelementen, die elektrisch hintereinander in Reihe geschaltet und auf das Trägersubstrat (1) aufgebracht sind,
- dadurch gekennzeichnet,**
- c) dass das Trägersubstrat (1) eine dreidimensionale Oberflächenstruktur mit Erhebungen und Vertiefungen als
15 Strukturelemente (2) aufweist.
2. Thermo-elektrischer Wandler (12; 13) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
- a) dass die einzelnen Thermoelemente heiße Kontaktstellen
20 und kalte Kontaktstellen aufweisen,
 - b) dass die heißen Kontaktstellen und die kalten Kontaktstellen abwechselnd auf den Erhebungen und in den Vertiefungen angeordnet sind.
- 25 3. Thermo-elektrischer Wandler (12; 13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
- a) dass die einzelnen Strukturelemente (2) der dreidimensionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats (1) jeweils langgestreckt sind,
 - b) dass die einzelnen Thermoelemente mit ihrer elektrischen Stromrichtung jeweils quer zu den langgestreckten
30 Strukturelementen (2) des Trägersubstrats (1) ausgerichtet sind.

4. Thermo-elektrischer Wandler (12; 13) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,**
- a) dass die einzelnen Strukturelemente (2) jeweils zwei Seitenflanken aufweisen,
 - 5 b) dass die einzelnen Thermoelemente jeweils zwei Leiterschichten aus Materialien mit unterschiedlichen Thermo-kräften aufweisen, und
 - c) dass die beiden Leiterschichten der einzelnen Thermo-
elemente jeweils auf den unmittelbar benachbarten Sei-
10 tenflanken desselben Strukturelements aufgebracht sind.
5. Thermo-elektrischer Wandler (12; 13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
- a) dass die langgestreckten Strukturelemente (2) der drei-
15 dimensionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats (1) im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind, und/oder
 - b) dass die einzelnen Thermoelemente mit ihrer elektri-
schen Stromrichtung jeweils rechtwinklig zu den langge-
20 streckten Strukturelementen (2) des Trägersubstrats (1) ausgerichtet sind, und/oder
 - c) dass die Strukturelemente (2) der dreidimensionalen O-
berflächenstruktur des Trägersubstrats (1) mindestens
teilweise hohl sind, und/oder
 - 25 d) dass das Trägersubstrat (1) (1) aus einem elektrisch
und thermisch isolierenden Material besteht, und/oder
 - e) dass das Trägersubstrat (1) (1) flächig ist, und/oder
 - f) dass die einzelnen Strukturelemente (2) der dreidimen-
sionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats (1)
30 jeweils einen dreieckigen, wellenförmigen oder trapez-
förmigen Querschnitt aufweisen.

6. Thermo-elektrischer Wandler (12; 13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

a) dass auf dem Trägersubstrat (1) mehrere Thermosäulen (9) angeordnet sind,

5 b) dass die Thermosäulen (9) elektrisch hintereinander in Reihe geschaltet sind, und

c) dass die Thermosäulen (9) jeweils quer zu den langgestreckten Strukturelementen (2) und nebeneinander angeordnet sind.

10

7. Thermo-elektrischer Wandler (12; 13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

a) dass die Thermosäule (9) mehr als 10, 20, 50 oder mehr als 100 Thermoelemente enthalten, und/oder

15 b) dass mehr als 10, 20, 50 oder mehr als 100 Thermosäulen (9) auf dem Trägersubstrat (1) angeordnet sind.

8. Thermo-elektrischer Wandler (12; 13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch**

20 a) eine elektrisch isolierende Oberschicht, die das Trägersubstrat (1) an seiner Oberseite abdeckt, und/oder

b) eine elektrisch isolierende Unterschicht, die das Trägersubstrat (1) an seiner Unterseite abdeckt.

25 9. Thermo-elektrischer Wandler (12; 13) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberschicht und/oder die Unterschicht aus einem Keramikwerkstoff oder aus beschichtetem Metall besteht.

30 10. Herstellungsverfahren zur Herstellung eines thermo-elektrischen Wandlers, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den folgenden Schritten:

a) Bereitstellen eines Trägersubstrats (1),

b) Aufbringen mindestens einer Thermosäule (9) mit mehreren elektrisch hintereinander in Reihe geschalteten Thermoelementen auf das Trägersubstrat (1),

dadurch gekennzeichnet,

5 c) dass das Trägersubstrat (1) eine dreidimensionale Oberflächenstruktur mit Erhebungen und Vertiefungen als Strukturelementen (2) aufweist.

11. Herstellungsverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass die dreidimensionale Oberflächenstruktur des Trägersubstrats (1) durch eines der folgenden Verfahren hergestellt wird:

- 15 a) Spritzgießen des Trägersubstrats (1),
b) Ätzen des Trägersubstrats (1), insbesondere Laser-Ätzen oder chemisches Ätzen,
c) Heißprägen,
d) Laser-sintern,
e) dreidimensionales Drucken, insbesondere Piezo-drucken.

20 12. Herstellungsverfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Thermoelemente durch eines der folgenden Verfahren auf die dreidimensionale Oberflächenstruktur des Trägersubstrats (1) aufgebracht werden:

- 25 a) Aufdampfen von Leiterschichten auf die dreidimensionale Oberflächenstruktur,
b) Aufspattern von Leiterschichten auf die dreidimensionale Oberflächenstruktur,
c) Aufdrucken von Leiterschichten auf die dreidimensionale Oberflächenstruktur oder
30 d) Galvanisches Auftragen von Leiterschichten auf die dreidimensionale Oberflächenstruktur,
e) Aufsprühen.

13. Herstellungsverfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,

- 5 a) dass in der dreidimensionalen Oberflächenstruktur des Trägersubstrats (1) als Strukturelemente (2) langgestreckte Vertiefungen und/oder Erhebungen mit jeweils zwei Seitenflanken gebildet werden,
- b) dass die beiden Leiterschichten der einzelnen Thermo-
elemente jeweils auf die unmittelbar benachbarten Seitenflanken der langgestreckten Strukturelemente (2)
10 aufgebracht werden.

14. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **gekennzeichnet durch** folgenden Schritt:

15 Aufteilen des Trägersubstrats (1) mit den darauf aufgebracht
ten Thermosäulen (9) jeweils zwischen den unmittelbar benachbarten Thermosäulen (9) in Längsrichtung der Thermosäulen (9).

15. Herstellungsverfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägersubstrat (1) durch eines der
20 folgenden Verfahren aufgeteilt wird:

- a) Ätzen,
b) Bestrahlung mit einem Ultraviolett-Laser oder
c) Bestrahlung mit einem Pikosekunden-Laser.

25

16. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

- a) Aufbringen einer elektrisch isolierenden Oberschicht auf die Oberseite des Trägersubstrats (1), und/oder
30 b) Aufbringen einer elektrisch isolierenden Unterschicht auf die Unterseite des Trägersubstrats (1).

17. Herstellungsverfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberschicht und/oder die Unterschicht aufgeklebt wird.

- 5 18. Herstellungsverfahren nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberschicht und/oder die Unterschicht aus einem Keramikwerkstoff oder aus beschichtetem Metall besteht.

* * * * *

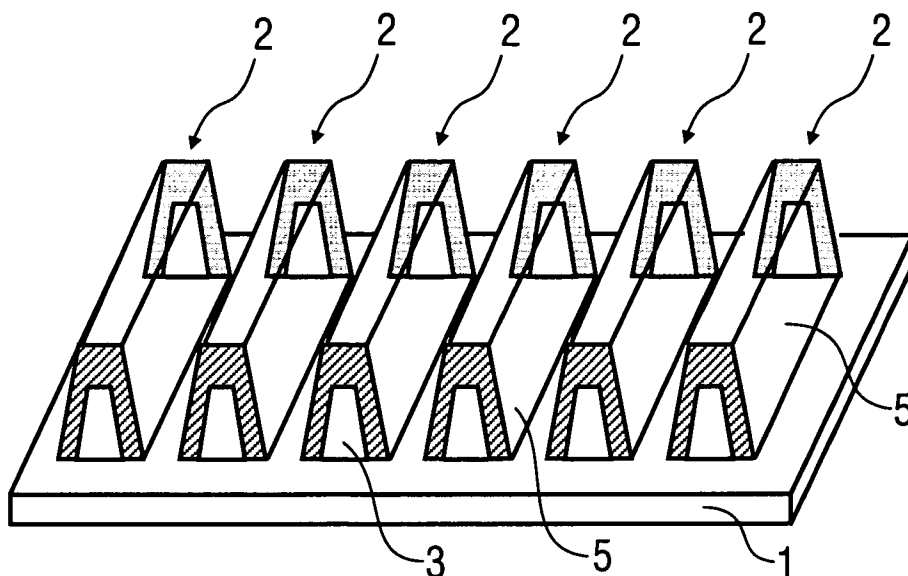


Fig. 1A

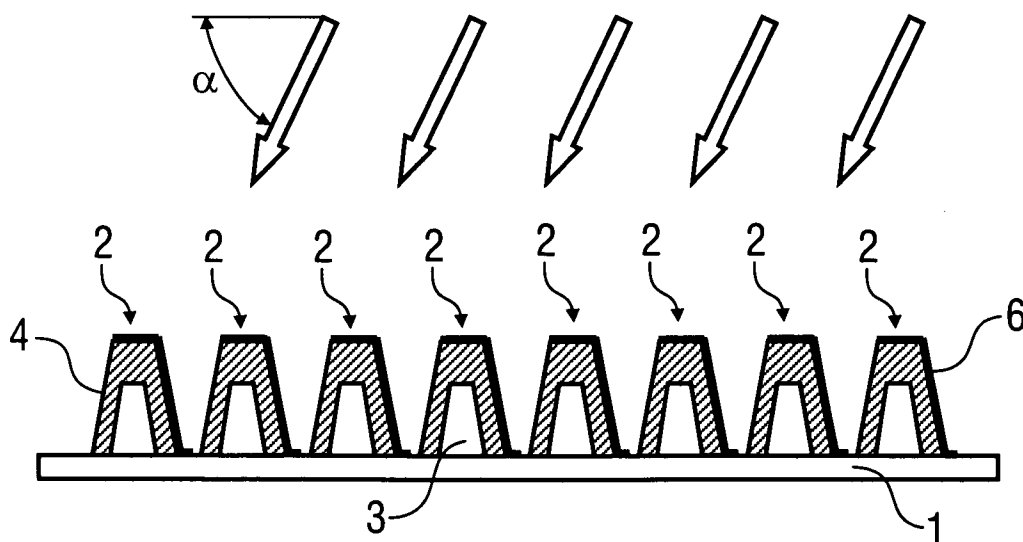


Fig. 1B

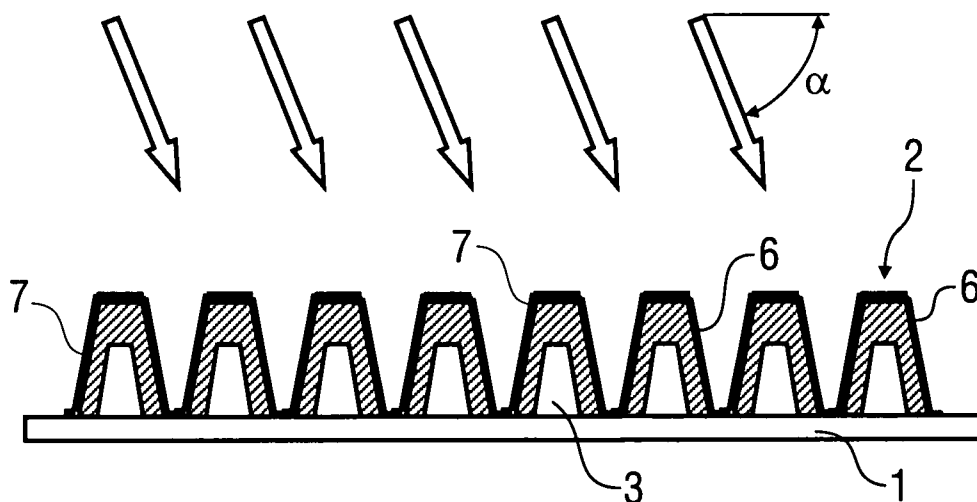


Fig. 1C

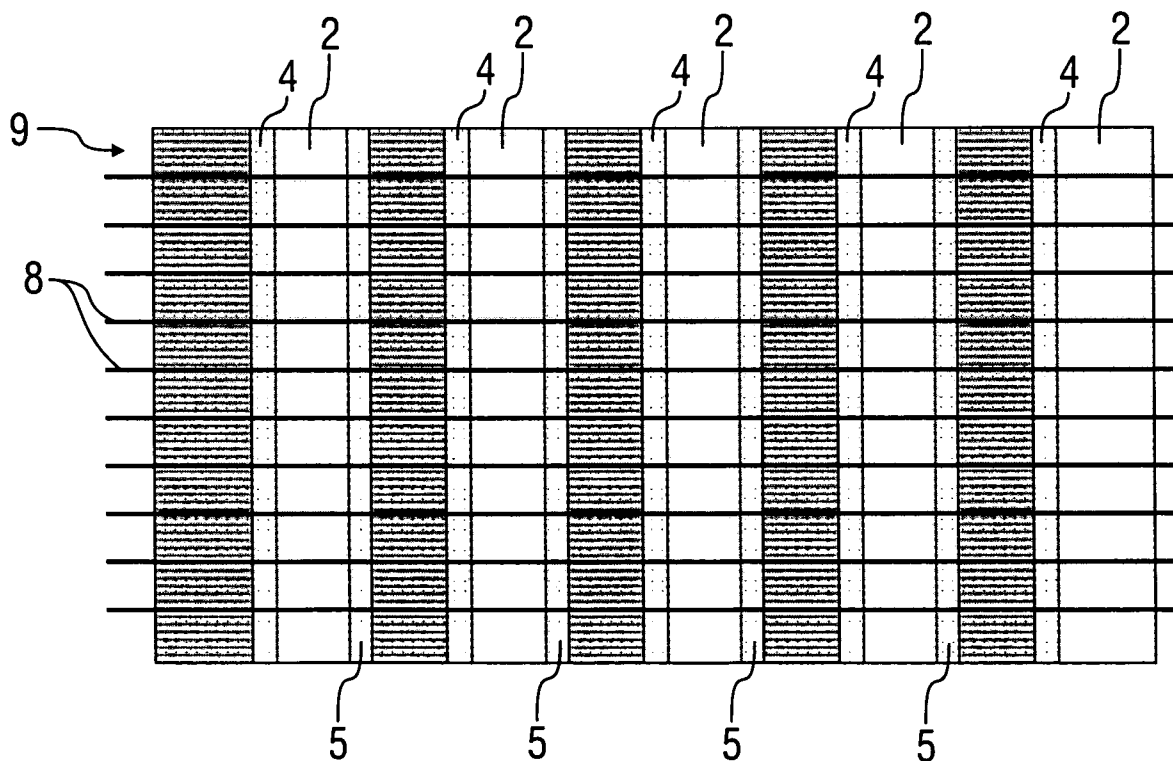


Fig. 1D

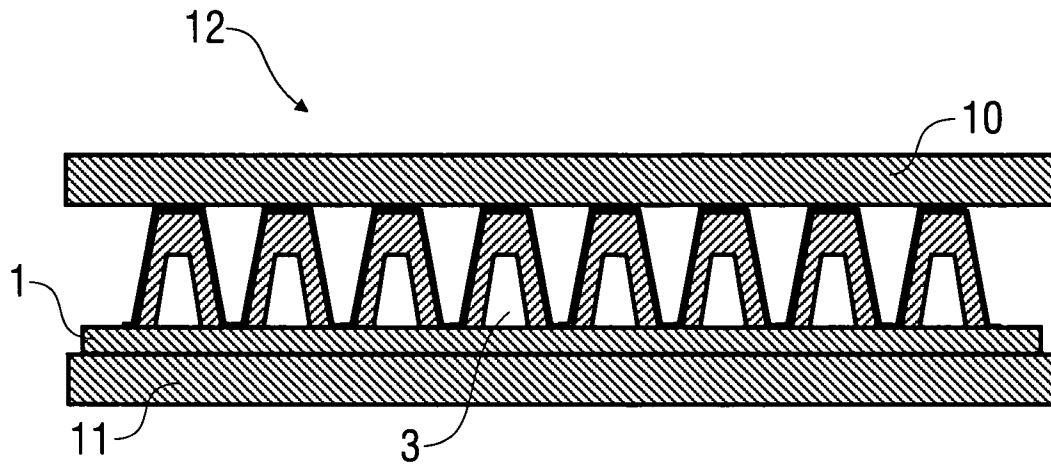


Fig. 1E

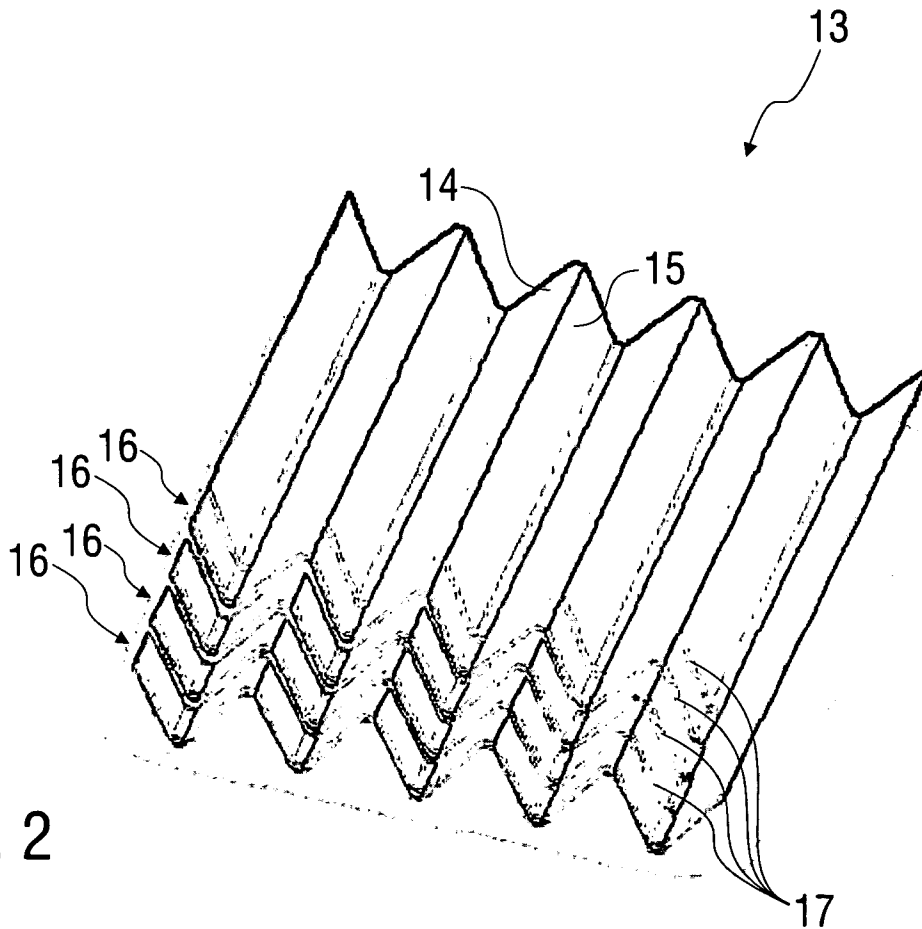


Fig. 2

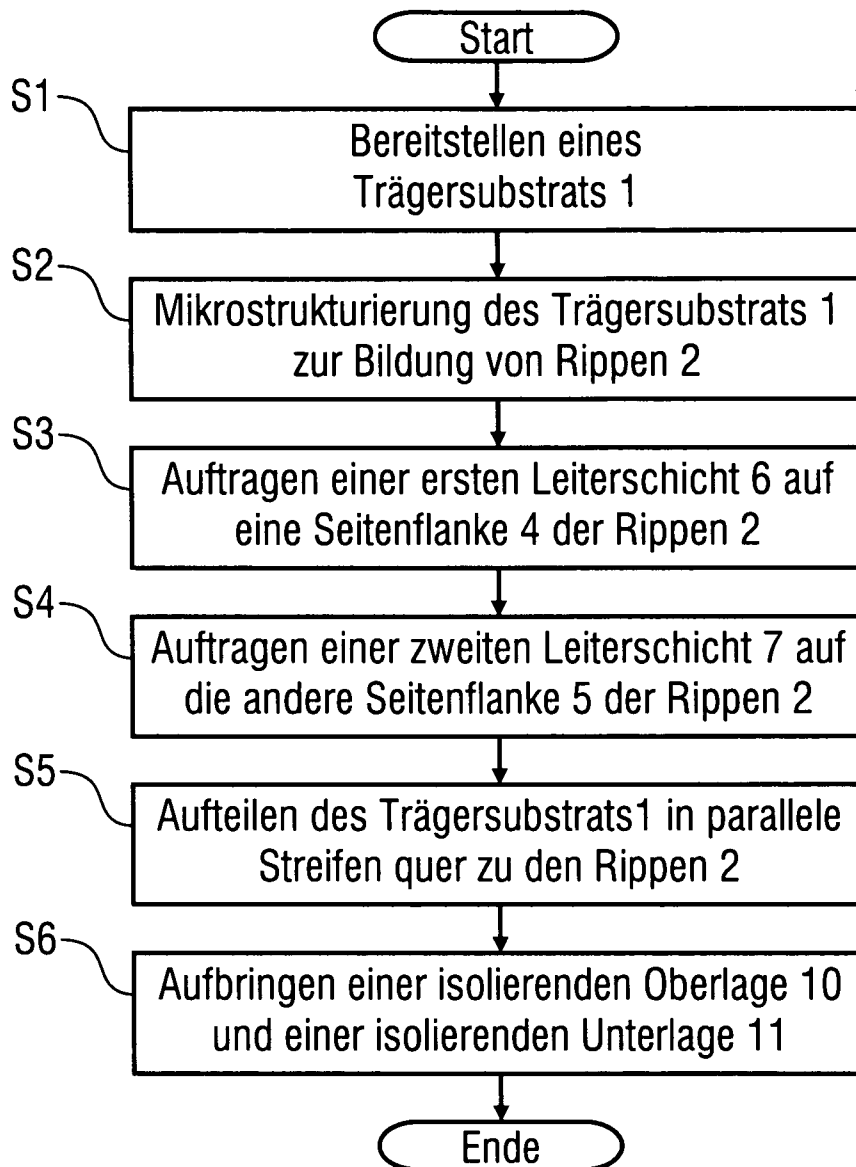


FIG. 3