(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
31. Juli 2014 (31.07.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/114366 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 35/32 (2006.01) *H01L 35/08* (2006.01)
H01L 35/34 (2006.01) *H01L 27/16* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/061989

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Juni 2013 (11.06.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 100 691.4
24. Januar 2013 (24.01.2013) DE

(71) Anmelder: **O-FLEXX TECHNOLOGIES GMBH** [DE/DE]; Auf der Höhe 49, 47059 Duisburg (DE).

(72) Erfinder: **IOSAD, Nikolay**; Gottfried-Keller-Straße 37, 65232 Taunusstein (DE).

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

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, 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, 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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

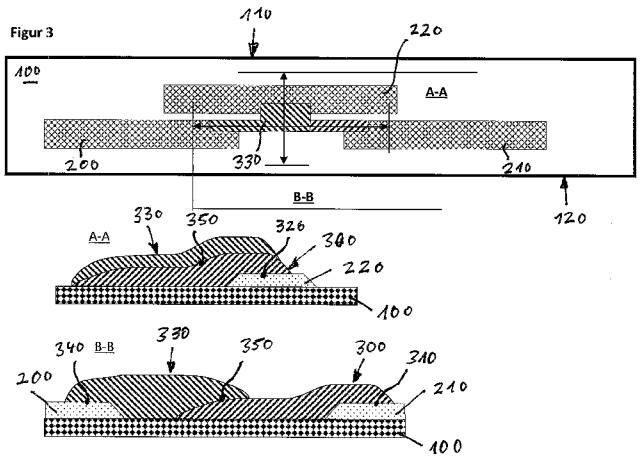
— *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)*

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: THERMOELECTRIC ELEMENT AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) **Bezeichnung** : THERMOELEKTRISCHES ELEMENT SOWIE VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG



(57) **Abstract**: The invention relates to a thermoelectric element, comprising a first thermoelectric layer and a second thermoelectric layer, wherein a p-n junction is formed when the layers are formed. In order to specify a generic thermoelectric element that is suitable for a series connection in a thermoelectric generator without cabling, according to the invention - a substrate comprises a first and second contact surface on a cold side and a third contact surface on a hot side of the substrate, - a temperature gradient (T1, T2) can be applied between the contact surfaces on the cold and hot side, - the first thermoelectric layer of the thermoelectric element is arranged on the substrate and connects a second contact surface to a third contact surface, and - the second thermoelectric layer of the thermoelectric element is arranged on the first thermoelectric layer, the p-n junction thereby being formed, and is connected to the first contact surface. The invention further relates to a method for producing such a thermoelectric element.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/114366 A1

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft ein Thermoelektrisches Element mit einer ersten thermoelektrischen Schicht und einer zweiten thermoelektrischen Schicht, wobei die Schichten unter Ausbildung eines pn-Übergangs ausgebildet sind. Um ein gattungsgemäßes thermoelektrisches Element vorzuschlagen, das ohne Verkabelung für eine Reihenschaltung in einem thermoelektrischen Generator geeignet ist, wird vorgeschlagen, dass -ein Substrat eine erste und zweite Kontaktfläche auf einer kalten Seite und eine dritte Kontaktfläche auf einer heißen Seite des Substrats aufweist, -zwischen den Kontaktflächen auf der kalten und heißen Seite ein Temperaturgradient (T1, T2) anlegbar ist, -die erste thermoelektrische Schicht des thermoelektrischen Elementes auf dem Substrat angeordnet ist und eine zweite Kontaktfläche mit einer dritten Kontaktfläche verbindet und -die zweite thermoelektrische Schicht des thermoelektrischen Elementes unter Ausbildung des pn-Übergangs auf der ersten thermoelektrischen Schicht angeordnet und mit der ersten Kontaktfläche verbunden ist. Außerdem wird ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen thermoelektrischen Elementes angegeben.

Thermoelektrisches Element sowie Verfahren zu dessen Herstellung

Die Erfindung betrifft ein thermoelektrisches Dünnschichtelement mit einer ersten und einer zweiten thermoelektrischen Schicht, wobei die Schichten unter Ausbildung eines pn-Übergangs ausgebildet sind. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen thermoelektrischen Elementes sowie einen thermoelektrischen Generator.

Ein gattungsgemäßes thermoelektrisches Element ist aus der EP 1 287 566 B1 bekannt. Bei diesem thermoelektrischen Element wird gegenüber herkömmlichen thermoelektrischen Elementen ein höherer Wirkungsgrad erreicht, in dem ein pn-Übergang im Wesentlichen über die gesamte Erstreckung der n- und p-Schicht ausgebildet wird, wobei ein Temperaturgradient entlang der pn-Übergangsgrenzfläche angelegt wird. Hierdurch entsteht ein Temperaturunterschied entlang dieses länglich ausgebildeten pn-Übergangs zwischen zwei Enden des pn-Schichtpaketes, welcher dazu führt, dass der Wirkungsgrad des thermoelektrischen Elementes deutlich höher als bei herkömmlichen thermoelektrischen Elementen ist. Das gattungsgemäße thermoelektrische Element wird selektiv an der n- und p-Schicht kontaktiert. Dies kann entweder durch Einlegieren der Kontakte und den damit verbundenen pn-Übergängen oder durch eine direkte Kontaktierung der n- und p-Schicht erfolgen. Um mehrere gattungsgemäße thermoelektrische Elemente zu einem Modul zusammenzuschalten, werden diese durch über Kreuz geführte Leitungen in Serie geschaltet. Thermisch sind die einzelnen thermoelektrischen Elemente des Moduls parallel geschaltet.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein gattungsgemäßes thermoelektrisches Element vorzuschlagen, das ohne Verkabelung für eine

Reihenschaltung in einem thermoelektrischen Generator geeignet ist. Des Weiteren soll ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen thermoelektrischen Elementes angegeben werden.

Die Lösung dieser Aufgabe basiert auf dem Gedanken, das thermoelektrische Dünnschichtelement auf der kalten Seite mit zwei Kontaktflächen und auf der heißen Seite mit einer Kontaktfläche zu verbinden. Des Weiteren basiert die Erfindung auf dem Gedanken, ein kostengünstiges Verfahren zur Herstellung der drei Kontaktflächen zur Verfügung zu stellen.

Im Einzelnen wird die Aufgabe bei einem thermoelektrischen Element der eingangs erwähnten Art dadurch gelöst, dass ein Substrat eine erste und zweite Kontaktfläche auf einer kalten Seite und eine dritte Kontaktfläche auf einer heißen Seite des Substrats aufweist, zwischen den Kontaktflächen auf der kalten und heißen Seite ein Temperaturgradient anlegbar ist, die erste thermoelektrische Schicht des thermoelektrischen Elementes auf dem Substrat angeordnet ist und eine zweite Kontaktfläche mit einer dritten Kontaktfläche verbindet und die zweite thermoelektrische Schicht des thermoelektrischen Elementes unter Ausbildung des pn-Übergangs auf der ersten thermoelektrischen Schicht angeordnet und mit der ersten Kontaktfläche verbunden ist.

Das Schichtpaket aus einer p- und einer n-Schicht wird durch die erste und zweite Kontaktfläche auf der kalten Seite selektiv kontaktiert, indem die erste thermoelektrische Schicht mit einem Kontaktabschnitt auf der zweiten Kontaktfläche des Substrats angeordnet ist. Die selektive Kontaktierung der zweiten thermoelektrischen Schicht erfolgt mittels eines Kontaktabschnitts der zweiten thermoelektrischen Schicht, der auf der ersten Kontaktfläche des Substrats angeordnet ist. Der Kontaktabschnitt der zweiten thermoelektrischen Schicht ragt über den pn-Übergang

zwischen erster und zweiter thermoelektrischer Schicht hinaus.

Um den Temperaturgradienten in Richtung der Grenzschicht zwischen der n- und der p-Schicht wirksam werden zu lassen, ist zwischen den Kontaktflächen auf der kalten und heißen Seite ein Temperaturgradient anlegbar. Hierzu ist es erforderlich, dass die Kontaktabschnitte der ersten und zweiten thermoelektrischen Schichten die jeweiligen Kontaktflächen lediglich in Teilbereichen überlappen. Über die verbleibenden Bereiche der Kontaktflächen wird eine gute thermische Anbindung an eine Wärmequelle oder Wärmesenke sichergestellt. Über die ersten und zweiten Kontaktflächen auf der kalten Seite erfolgt zugleich die selektive elektrische Kontaktierung der thermoelektrischen Schichten.

Wenn die erste thermoelektrische Schicht aus einem n-leitenden thermoelektrischen Halbleitermaterial besteht, besteht die zweite thermoelektrische Schicht aus einem p-leitenden thermoelektrischen Material. Wenn die erste thermoelektrische Schicht aus einem p-leitenden thermoelektrischen Material besteht, besteht die zweite thermoelektrische Schicht aus einem n-leitenden thermoelektrischen Material. Der pn-Übergang wird vorzugsweise entlang der gesamten vorzugsweise längsten Ausdehnung der n-Schicht und der p-Schicht und damit im Wesentlichen entlang von deren gesamter Grenzschicht ausgebildet.

Als thermoelektrische Materialien kommen insbesondere Halbleitermaterialien, wie Bi_2Te_3, PbTe, SiGe, BiSb oder $FeSi_2$ in Betracht.

Das Substrat besteht aus einem elektrisch isolierenden Material mit einer gegenüber den Kontaktflächen deutlich geringeren Wärmeleitfähigkeit. Das Substratmaterial kann

starr oder flexibel sein. Als Substratmaterialien kommen beispielsweise Kapton, Kevlar sowie Leiterplattenmaterialien, wie EP2, 85N, 35N oder Kompositmaterialien in Betracht.

Die Kontaktflächen müssen eine hohe elektrische und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, um eine gute thermische Anbindung an die Wärmequelle und -senke mittels Klammern, Kleben oder anderer Form oder stoffflüssiger Verbindungsmethoden zu erreichen. Die hohe elektrische Leitfähigkeit wird einerseits für die selektive Kontaktierung der Schichtmaterialien und andererseits zum Abgreifen der von dem thermoelektrischen Element bzw. Generator erzeugten Spannung benötigt. Als Materialien für die Kontaktflächen kommen Metalle mit einer hohen thermischen und elektrischen Leitfähigkeit, insbesondere Kupfer oder Kupferlegierungen in Betracht. Die Kontaktbereiche können zusätzlich mit Nickel als Diffusionsbarierre beschichtet werden.

Um die sich von dem pn-Übergang erstreckenden Kontaktabschnitte der ersten und zweiten Schicht im Interesse eines hohen Wirkungsgrades möglichst kurz zu halten, ist die dritte Kontaktfläche vorzugsweise versetzt zu der ersten und zweiten Kontaktfläche angeordnet. Der Versatz wird vorzugsweise derart gewählt, dass die Verlängerung des Spaltes zwischen der ersten und zweiten Kontaktfläche die dritte Kontaktfläche schneidet.

In einem thermoelektrischen Generator mit den Merkmalen des Anspruchs 6 lässt sich die Ausgangsspannung der von den thermoelektrischen Elementen erzeugten Spannung erhöhen. Im Interesse einer automatisierten Herstellung eines derartigen Generators sind sämtliche thermoelektrischen Elemente vorzugsweise auf nur einem Substrat angeordnet, wobei die ersten und zweiten Kontaktflächen sämtlicher thermoelektrischer Elemente in einer Reihe auf der heißen Seite und die dritten Kontaktflächen sämtlicher

thermoelektrischer Elemente in einer Reihe auf der kalten Seite des Substrats angeordnet sind. Das Substrat weist vorzugsweise eine rechteckige längliche Form auf, wobei eine Längskante die heiße Seite und die gegenüberliegende Längskante die kalte Seite bildet. Parallel zu den Längskanten verlaufen die Reihen der Kontaktflächen auf der heißen und kalten Seite. Die ersten und zweiten Kontaktflächen sind vorzugsweise wesentlich größer als die auf den Kontaktflächen aufliegenden Kontaktabschnitte der ersten und zweiten thermoelektrischen Schichten. In Folge dieser Größenverhältnisse ist es erfindungsgemäß möglich, dass die zweite Kontaktfläche eines thermoelektrischen Elementes zugleich die erste Kontaktfläche für ein benachbartes thermoelektrisches Element des Generators bildet. Hierdurch wird auf besonders einfache und kostengünstige Weise die elektrische Serienschaltung zwischen benachbarten thermoelektrischen Elementen eines thermoelektrischen Generators ausgeführt.

Ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung eines thermoelektrischen Elementes bzw. eines daraus hergestellten Generators ergibt sich aus den Merkmalen des Anspruchs 9. Das Aufbringen der thermoelektrischen Schichten kann mit unterschiedlichen Depositionsverfahren, vorzugsweise jedoch im Wege eines Druckprozesses erfolgen. Als Druckverfahren für das thermoelektrische Material kommt insbesondere ein Tintenstrahl-, Off-Set- oder Tiefdruck in Betracht. Die verwendete Tinte kann Partikel aus Wismuthtellurid (Bi_2Te_3), Antimontellurid (Sb_2Te_3) und/oder Wismuthselenid (Bi_2Se_3), dotiertem Silizium-Germanium (SiGe), dotiertem Silizium (Si) oder anderen thermoelektrischen Materialien enthalten.

Nach dem Aufbringen einer Schicht des thermoelektrischen Materials wird dieses vorzugsweise gesintert und/oder ausgeheilt, um die Eigenschaften der aufgebrachten Schichten zu verändern. Insbesondere werden durch das Ausheilen

Kristallschäden beseitigt. Sofern zusätzlich bei der Temperaturbehandlung ein Druck ausgeübt wird, spricht man von einer Sinterung.

Nachfolgend wird das Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen thermoelektrischen Elementes bzw. eines Moduls anhand der Figuren 1 – 3 näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein schematisches Layout nach dem Aufbringen der ersten thermoelektrischen Schicht,

Figur 2 ein schematisches Layout nach dem Aufbringen der zweiten thermoelektrischen Schicht sowie

Figur 3 eine Aufsicht auf ein fertig gestelltes thermoelektrisches Element einschließlich der Schnitte A-A und B-B.

Figur 1 zeigt ein Substrat (100) mit einer heißen Seite (110) und einer kalten Seite (120). Das Substrat (100) weist eine längliche rechteckige Form auf, die durch die Längsränder (130, 140) sowie die Querränder (150, 160) begrenzt wird. Zur Herstellung des thermoelektrischen Elementes wird das Substrat mit mindestens einer ersten Kontaktfläche (200), einer zweiten Kontaktfläche (210) auf der kalten Seite (120) und mindestens einer dritten Kontaktfläche (220) auf der heißen Seite (110) versehen. Die Kontaktflächen (200, 210, 220) bestehen beispielsweise aus Kupfer.

Auf das derart bereitgestellte Substrat (100) wird zunächst die erste thermoelektrische Schicht aus p-dotiertem Halbleitermaterial, nachfolgend als p-Schicht (300) bezeichnet, derart aufgebracht, dass die p-Schicht (300) die zweite Kontaktfläche (210) mit der dritten Kontaktfläche (220) verbindet. Der mit der zweiten Kontaktfläche (210) überlappende Kontaktabschnitt (310) dient der selektiven

Kontaktierung des thermoelektrischen Elementes sowie der Auskopplung der Wärme. Der mit der dritten Kontaktfläche (220) überlappende Kontaktabschnitt (320) dient der Einkopplung der Wärme von einer Wärmequelle, die an die dritten Kontaktflächen (220) angebunden ist.

In einem nächsten in Figur 2 veranschaulichten Verfahrensschritt, wird die zweite thermoelektrische Schicht aus thermoelektrisch leitendem, n-dotiertem Material, nachfolgend kurz als n-Schicht (330) bezeichnet, unter Ausbildung des pn-Übergangs auf der p-Schicht (300) aufgebracht und zugleich mit der ersten Kontaktfläche (200) verbunden. Der mit der ersten Kontaktfläche (200) überlappende Kontaktabschnitt (340) dient der Auskopplung der Wärme. Die n-Schicht (330) und die p-Schicht (300) bilden in Richtung X (vgl. Figur 2) einen pn-Übergang aus, wobei die p-Schicht (300) mit ihrem Kontaktabschnitt (310) elektrisch durch die zweite Kontaktfläche (210) selektiv kontaktiert und die n-Schicht (330) mit ihrem Kontaktabschnitt (340) über die erste Kontaktfläche (200) elektrisch selektiv kontaktiert ist.

Der Temperaturgradient in der Grenzschicht zwischen der n- und p-Schicht (300, 330) verläuft parallel zu der in Figur 2 dargestellten X-Richtung von der heißen Seite (110) zur kalten Seite (120). Durch den Temperaturgradienten parallel zur Grenzschicht zwischen der n- und p-Schicht kommt es zu einer Generation von Elektron-Lochpaaren im Bereich der hohen Temperatur und zu einer Rekombination dieser Paare im Bereich der niedrigeren Temperaturen mit dazugehörigen Ausgleichsströmen auf der kalten Seite (120). Da sich die Potenzial-Modulation zwischen n- und p-Schicht im Vergleich zum thermischen Gleichgewicht ändert, kann eine Spannung zwischen der n- und p-Schicht über die ersten und zweiten Kontaktflächen (200, 210) abgegriffen werden.

Fertigungstechnisch ist es vorteilhaft, dass die dritte Kontaktfläche (220) versetzt zu der ersten und zweiten Kontaktfläche (210, 220) angeordnet ist, wie dies aus den Figuren 1 und 2 erkennbar ist. Der Spalt zwischen der ersten und zweiten Kontaktfläche (200, 210) ist breiter als die Breite des pn-Übergangs zwischen der p-Schicht (300) und der n-Schicht (330), so dass sich der pn-Übergang von der versetzten dritten Kontaktfläche (220) in den Spalt zwischen der ersten und zweiten Kontaktfläche (200, 210) erstrecken kann, ohne mit den Kontaktflächen (200, 210) zu überlappen. Rechtwinklig von dem pn-Übergang (300, 330) erstrecken sich die Kontaktabschnitte (310, 340) in Richtung der ersten und zweiten Kontaktflächen (200, 210).

Um mehrere thermoelektrische Elemente zu einem Modul zu verbinden, sind diese vorzugsweise auf einem einzigen Substrat (100) angeordnet, wobei die ersten und zweiten Kontaktflächen (200, 210) sämtlicher thermoelektrischer Elemente in einer Reihe auf der heißen Seite (110) und die dritten Kontaktflächen (220) sämtlicher thermoelektrischer Elemente in einer Reihe auf der kalten Seite (120) angeordnet sind. Die Reihenschaltung mehrerer thermoelektrischer Elemente eines thermoelektrischen Generators lässt sich besonders einfach dadurch bewerkstelligen, dass die zweite Kontaktfläche (210) eines ersten thermoelektrischen Elementes zugleich die erste Kontaktfläche (200) für das benachbarte thermoelektrische Element bildet, wie dies in der Aufsicht nach Figur 2 erkennbar ist. Ausgehend von dem in der Aufsicht links dargestellten ersten thermoelektrischen Element teilt sich das zweite thermoelektrische Element die zweite Kontaktfläche (210) mit dem ersten thermoelektrischen Element, wobei die zweite Kontaktfläche (210) für das zweite thermoelektrische Element die erste Kontaktfläche (200/2) bildet.

Figur 3 zeigt ein detailliertes Layout, des nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten thermoelektrischen Elementes einschließlich der Querschnitte A-A und B-B. Die drei Kontaktflächen (200, 210, 220) auf dem Substrat (100) sind in der Aufsicht erkennbar. Die Kontaktflächen (200, 210) gehören zu der Reihe der Kontaktflächen auf der kalten Seite (120), während die dritte Kontaktfläche (220) zu der Reihe der Kontaktflächen auf der heißen Seite (110) gehört.

Im Querschnitt A-A ist erkennbar, wie der Kontaktabschnitt (320) der p-Schicht (300) die dritte Kontaktfläche (220) überlappt und sich im Übrigen in Richtung der kalten Seite (120) in dem Spalt zwischen der ersten und zweiten Kontaktfläche (200, 210) auf dem Substrat (100) erstreckt. Des Weiteren ist die n-Schicht (330) erkennbar, die unter Ausbildung des pn-Übergangs (350) auf der p-Schicht (300) aufgebracht ist.

Aus dem Schnitt B-B ist erkennbar, wie sich die von dem pn-Übergang (350) in Längsrichtung des Substrats (100) erstreckenden Kontaktabschnittes (340, 310) mit den ersten und zweiten Kontaktflächen (200, 210) überlappen. Wie aus dem Schnitt B-B erkennbar, überlappen sich die p- und n-Schicht (300, 330) ausschließlich oberhalb des Substrats (100) in dem Spalt zwischen der ersten und zweiten Kontaktfläche (200, 210).

Bezugszeichenliste

Nr.	Bezeichnung
100	Substrat
110	heiße Seite
120	kalte Seite
130	Längsrand
140	Längsrand
150	Querrand
160	Querrand
200	erste Kontaktfläche
210	zweite Kontaktfläche
220	dritte Kontaktfläche
300	p-Schicht
310	Kontaktabschnitt
320	Kontaktabschnitt
330	n-Schicht
340	Kontaktabschnitt
350	pn-Übergang

Patentansprüche

1. Thermoelektrisches Element mit einer ersten thermoelektrischen Schicht (300) und einer zweiten thermoelektrischen Schicht (330), wobei die Schichten (300, 330) unter Ausbildung eines pn-Übergangs (350) ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass

   - ein Substrat (100) eine erste und zweite Kontaktfläche (200, 210) auf einer kalten Seite (120) und eine dritte Kontaktfläche (220) auf einer heißen Seite (110) des Substrats (100) aufweist,

   - zwischen den Kontaktflächen (200, 210, 220) auf der kalten und heißen Seite (110, 120) ein Temperaturgradient (T1, T2) anlegbar ist,

   - die erste thermoelektrische Schicht (300) des thermoelektrischen Elementes auf dem Substrat (100) angeordnet ist und eine zweite Kontaktfläche (210) mit einer dritten Kontaktfläche (220) verbindet und

   - die zweite thermoelektrische Schicht (330) des thermoelektrischen Elementes unter Ausbildung des pn-Übergangs (350) auf der ersten thermoelektrischen Schicht (300) angeordnet und mit der ersten Kontaktfläche (200) verbunden ist.

2. Thermoelektrisches Element nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste thermoelektrische Schicht (300) aus einem n-leitenden thermoelektrischen Material besteht und die zweite thermoelektrische Schicht (330) aus einem p-leitenden thermoelektrischen Material besteht oder die erste thermoelektrische Schicht (300) aus einem p- leitenden thermoelektrischen Material besteht und die

zweite thermoelektrische Schicht (330) aus einem n-leitenden thermoelektrischen Material besteht.

3. Thermoelektrisches Element nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Substrat (100) aus einem elektrisch isolierenden Material mit einer gegenüber den Kontaktflächen (200, 210, 220) geringeren Wärmeleitfähigkeit besteht.

4. Thermoelektrisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Kontaktflächen (200, 210, 220) eine hohe elektrische und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen.

5. Thermoelektrisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass die dritte Kontaktfläche (220) versetzt zu der ersten und zweiten Kontaktfläche (210, 220) angeordnet ist.

6. Thermoelektrischer Generator umfassend mehrere thermisch parallel und elektrisch in Reihe geschaltete thermoelektrische Elemente nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

7. Thermoelektrischer Generator nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass sämtliche thermoelektrischen Elemente auf nur einem Substrat (100) angeordnet sind, die ersten und zweiten Kontaktflächen (200, 210) sämtlicher thermoelektrischer Elemente in einer Reihe auf der kalten Seite (120) des Substrats (100) und die dritten Kontaktflächen (220) sämtlicher thermoelektrischer Elemente in einer Reihe auf der heißen Seite (110) des Substrats angeordnet sind.

8. Thermoelektrischer Generator nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass die zweite Kontaktfläche

(210) eines thermoelektrischen Elementes zugleich die erste Kontaktfläche (200) für ein benachbartes thermoelektrisches Element bildet.

9. Verfahren zur Herstellung eines thermoelektrischen Elementes mit einer ersten thermoelektrischen Schicht (300) und einer zweiten thermoelektrischen Schicht (330), wobei die Schichten (300, 330) unter Ausbildung eines pn-Übergangs (350) ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass

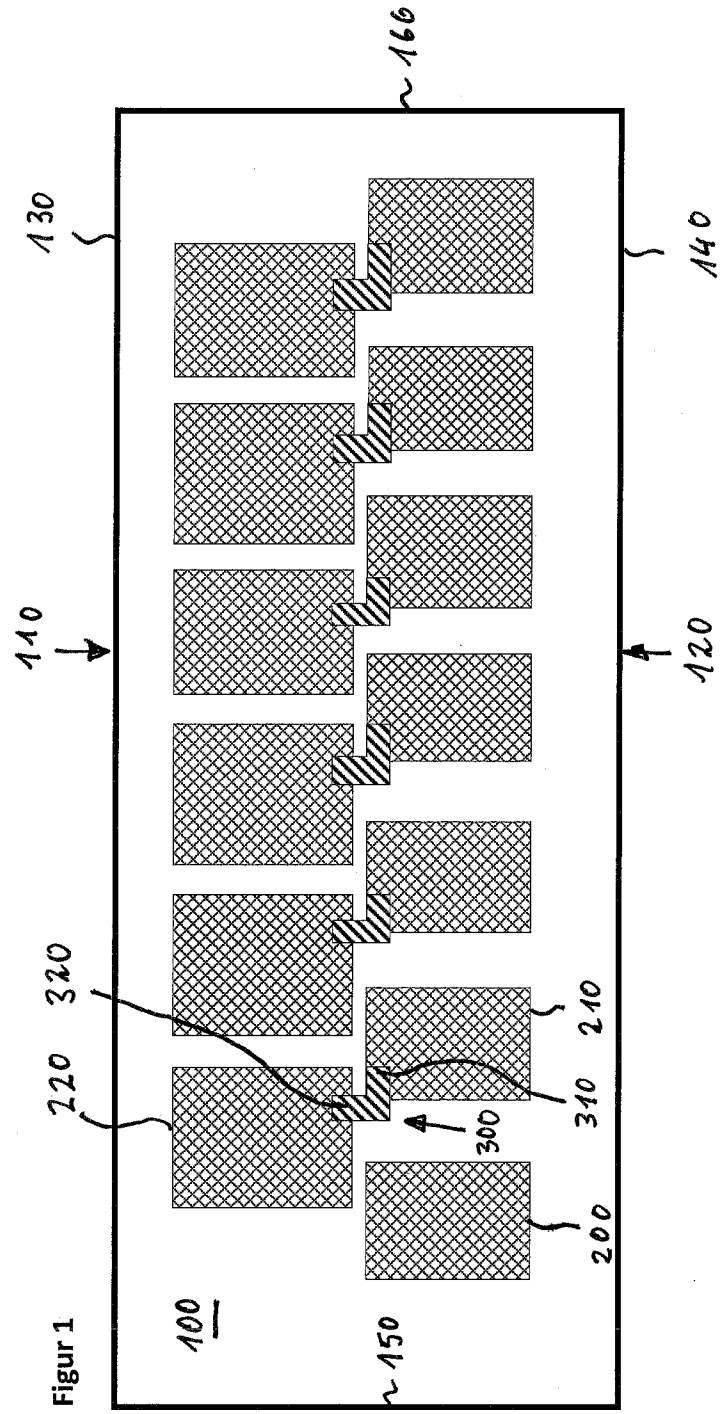
- ein Substrat (100) mit mindestens einer ersten und mindestens einer zweiten Kontaktfläche (200, 210) auf einer kalten Seite (120) und mindestens einer dritten Kontaktfläche (220) auf einer heißen Seite (110) des Substrats versehen wird,

- anschließende die erste thermoelektrische Schicht (300) des thermoelektrischen Elementes derart auf dem Substrat (100) aufgebracht wird, das die erste thermoelektrische Schicht (300) die zweite Kontaktfläche (210) mit der dritten Kontaktfläche (220) verbindet und

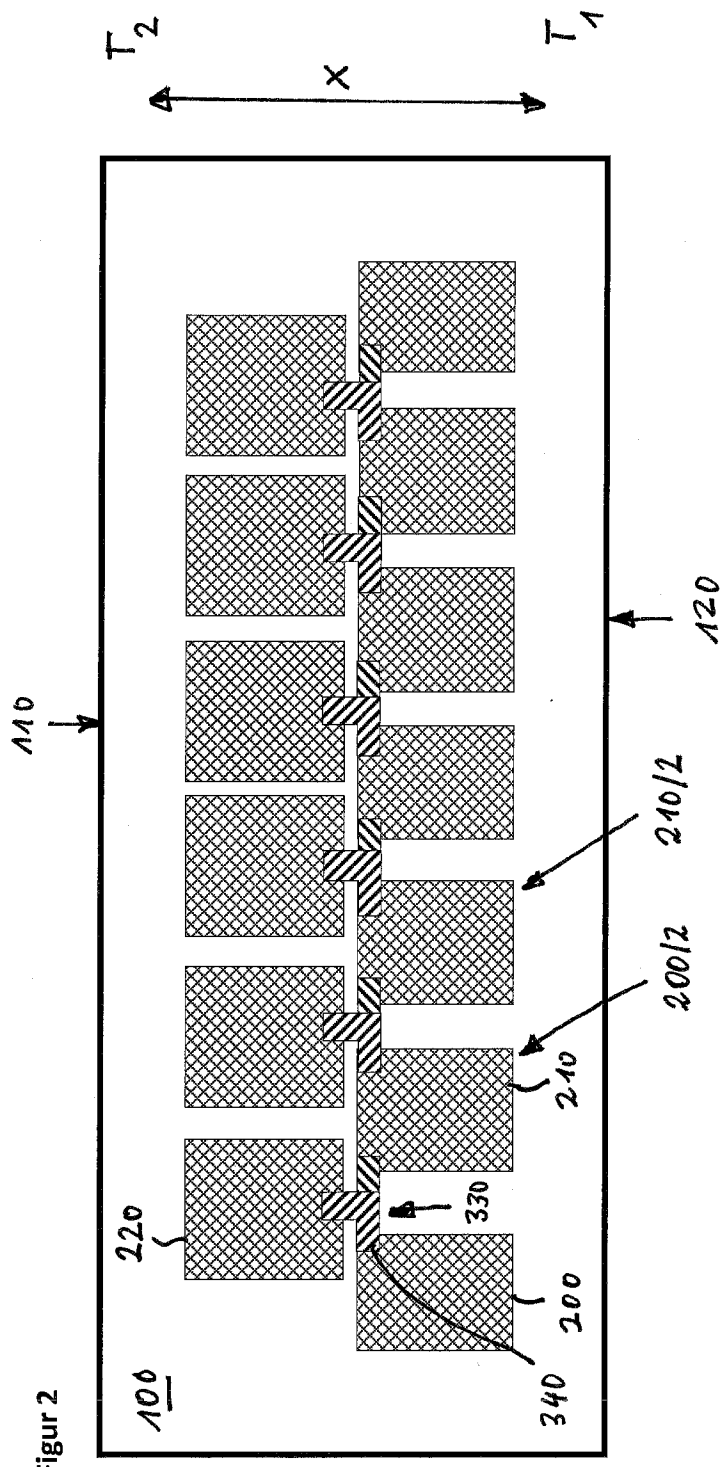
- die zweite thermoelektrische Schicht (330) des thermoelektrischen Elementes unter Ausbildung des pn-Übergangs (350) auf der ersten thermoelektrischen Schicht (300) aufgebracht und mit der ersten Kontaktfläche (200) verbunden wird.

10. Verfahren zur Herstellung eines thermoelektrischen Elementes nach Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermoelektrischen Schichten im Wege eines Druckprozesses aufgebracht werden.

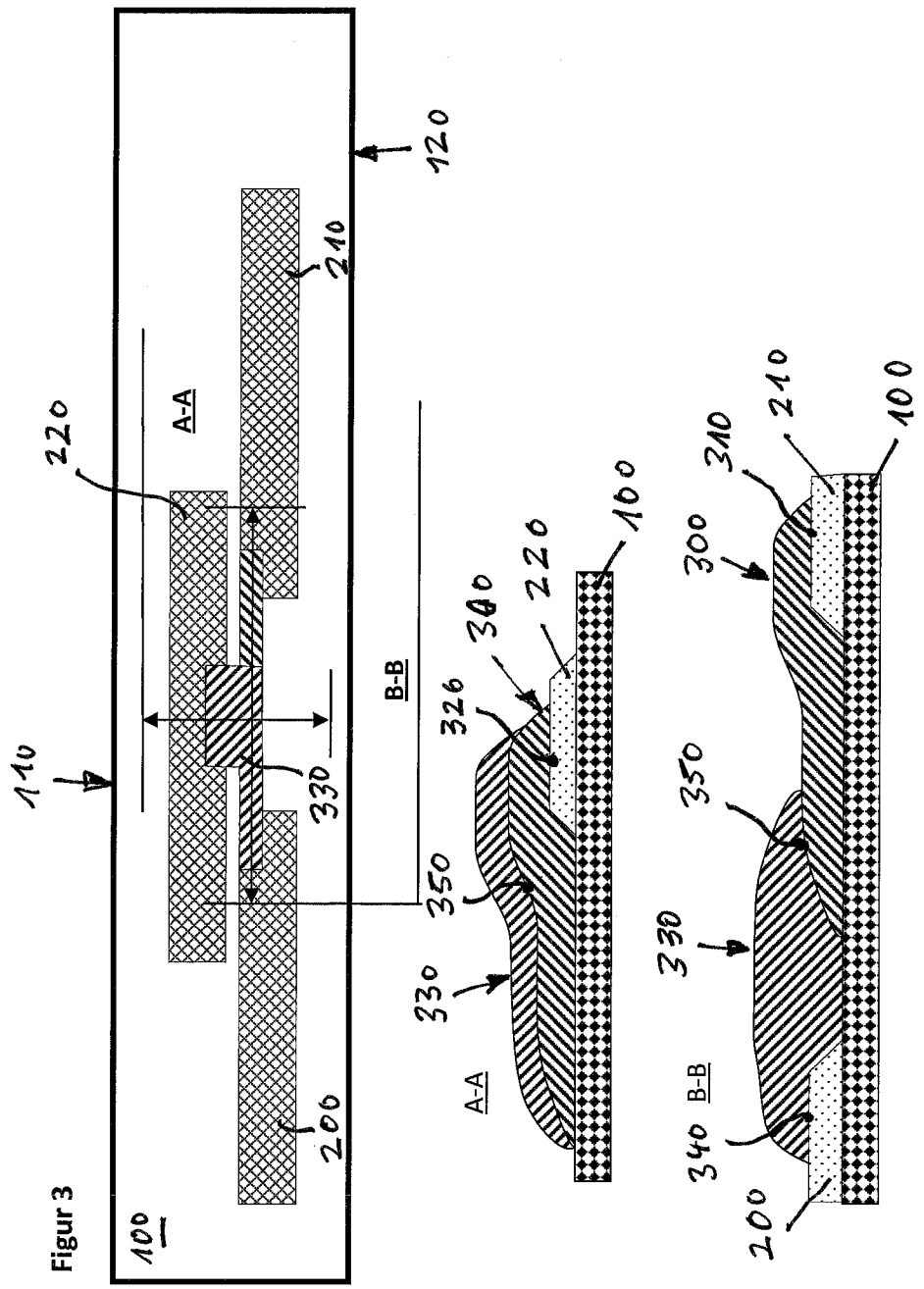
11. Verfahren zur Herstellung eines thermoelektrischen Elementes nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass die thermoelektrischen Schichten nach dem Aufbringen jeweils gesintert und/oder ausgeheilt werden.



Figur 1



Figur 2



Figur 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/061989

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L35/32 H01L35/34 H01L35/08 H01L27/16
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 2010/142880 A2 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; MINGO BISQUERT NATALIO [FR]; CAROF) 16 December 2010 (2010-12-16) page 5, line 21 - page 10, line 10; figures 1-5	1-9
X	EP 1 976 034 A2 (STICHTING IMEC NEDERLAND [NL]) 1 October 2008 (2008-10-01) paragraph [0076]; figures 27-29	1,2,4-9, 11
X	JP 2008 205129 A (TOKAI RIKA CO LTD; RITSUMEIKAN) 4 September 2008 (2008-09-04) paragraphs [0018] - [0023]; figure 2	1,2,4-10
X	WO 2004/013900 A2 (UNIV NEW YORK STATE RES FOUND [US]; GAMBINO RICHARD [US]; LONGTIN JON) 12 February 2004 (2004-02-12) page 12, line 21 - page 17, line 6; figures 1,6-8	1,2,4-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ 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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
16 October 2013	24/10/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Franche, Vincent

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/061989

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2010142880 A2	16-12-2010	CN 102449789 A	09-05-2012
		EP 2441099 A2	18-04-2012
		ES 2406262 T3	06-06-2013
		FR 2946798 A1	17-12-2010
		JP 2012529763 A	22-11-2012
		KR 20120046106 A	09-05-2012
		US 2012060888 A1	15-03-2012
		WO 2010142880 A2	16-12-2010
EP 1976034 A2	01-10-2008	EP 1976034 A2	01-10-2008
		US 2008271772 A1	06-11-2008
JP 2008205129 A	04-09-2008	NONE	
WO 2004013900 A2	12-02-2004	AU 2003261394 A1	23-02-2004
		EP 1547126 A2	29-06-2005
		US 2005029236 A1	10-02-2005
		US 2011171392 A1	14-07-2011
		WO 2004013900 A2	12-02-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/061989

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L35/32 H01L35/34 H01L35/08 H01L27/16
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 2010/142880 A2 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; MINGO BISQUERT NATALIO [FR]; CAROF) 16. Dezember 2010 (2010-12-16) Seite 5, Zeile 21 - Seite 10, Zeile 10; Abbildungen 1-5	1-9
X	EP 1 976 034 A2 (STICHTING IMEC NEDERLAND [NL]) 1. Oktober 2008 (2008-10-01) Absatz [0076]; Abbildungen 27-29	1,2,4-9, 11
X	JP 2008 205129 A (TOKAI RIKA CO LTD; RITSUMEIKAN) 4. September 2008 (2008-09-04) Absätze [0018] - [0023]; Abbildung 2	1,2,4-10

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
16. Oktober 2013	24/10/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Franche, Vincent

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/061989

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2004/013900 A2 (UNIV NEW YORK STATE RES FOUND [US]; GAMBINO RICHARD [US]; LONGTIN JON) 12. Februar 2004 (2004-02-12) Seite 12, Zeile 21 - Seite 17, Zeile 6; Abbildungen 1,6-8 -----	1,2,4-9

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/061989

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2010142880 A2	16-12-2010	CN 102449789 A	09-05-2012
		EP 2441099 A2	18-04-2012
		ES 2406262 T3	06-06-2013
		FR 2946798 A1	17-12-2010
		JP 2012529763 A	22-11-2012
		KR 20120046106 A	09-05-2012
		US 2012060888 A1	15-03-2012
		WO 2010142880 A2	16-12-2010
EP 1976034 A2	01-10-2008	EP 1976034 A2	01-10-2008
		US 2008271772 A1	06-11-2008
JP 2008205129 A	04-09-2008	KEINE	
WO 2004013900 A2	12-02-2004	AU 2003261394 A1	23-02-2004
		EP 1547126 A2	29-06-2005
		US 2005029236 A1	10-02-2005
		US 2011171392 A1	14-07-2011
		WO 2004013900 A2	12-02-2004