

(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
27. Juni 2013 (27.06.2013)



W I P O I P C T



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/090961 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/AT20 12/050 193
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
12. Dezember 2012 (12.12.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
A 1841/201 1 19. Dezember 201 1 (19.12.201 1) AT
- (71) **Anmelder:** SCHILLER, Karl [AT/AT]; Dr. Karl Renner-
Gasse 10, A-7021 Baumgarten (AT). KIRCHHEIME R,
Karl [AT/AT]; Parkstraße 31, A-2522 Oberwaltersdorf
(AT). PADINGER, Franz [AT/AT]; Margeritenweg 2, A-
4502 St. Marien (AT).
- (72) **Erfinder; und**
- (71) **Anmelder :** BUTZETZKI, Eduard [AT/AT]; Untere
Hauptstraße 54, A-7041 Wulkaprodersdorf (AT).
- (74) **Anwalt:** ANWÄLTE BURGER UND PARTNER
RECHTSANWALT GMBH; Rosenauerweg 16, A-4580
Windischgarsten (AT).
- (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, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

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

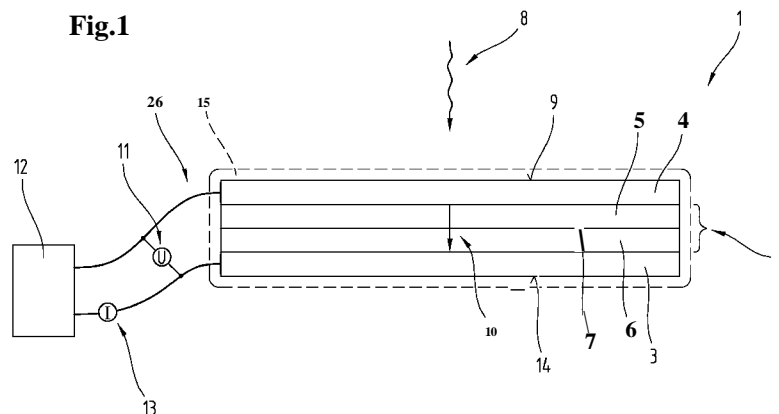
Veröffentlicht:

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

(54) **Title:** THERMOELECTRIC ELEMENT

(54) **Bezeichnung :** THERMO-ELEKTRISCHES-ELEMENT

Fig.1



(57) **Abstract:** The invention relates to a thermoelectric element (1), comprising an electrically conductive Substrate layer (3), an active element (2), an electrically conductive top layer (4), wherein the Substrate layer (3) and the top layer (4) form the outgoing electrodes, wherein, in addition, the active element (2) has a p-n junction (7) from an n-type semiconductor (5) to a p-type semiconductor (6), and wherein the active element (2) is arranged between the Substrate layer (3) and the top layer (4) and is electrically conductively connected thereto, and wherein the n-type semiconductor (5) is formed from the group of cyanoferrates. The invention also relates to an energy conversion element (22) comprising a photovoltaic element (18) and a thermoelectric element (1), wherein the photovoltaic element (18) has an entry side (19) for optical energy (20) and a base surface (21) opposite said entry side, wherein the thermoelectric element (1) is arranged with its Substrate layer (3) in thermal contact on the base surface (21).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/090961 A2

Die Erfindung betrifft ein Thermo-Elektrisches-Element (1), umfassend eine elektrisch leitende Trägerlage (3), ein aktives Element (2), eine elektrisch leitende Decklage (4), wobei die Trägerlage (3) und die Decklage (4) die Ableitungselektroden bilden, wobei ferner das aktive Element (2) einen p-n-Übergang (7) von einem n-Halbleiter (5) auf einen p-Halbleiter (6) aufweist und wobei das aktive Element (2) zwischen der Trägerlage (3) und der Decklage (4) und mit diesen elektrisch leitend verbunden angeordnet ist und wobei der n-Halbleiter (5) aus der Gruppe der Cyanoferrate gebildet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Energie-Umwandlungselement (22) umfassend ein Fotovoltaisches-Element (18) und ein Thermo-Elektrisches-Element (1), wobei das Fotovoltaische-Element (18) eine Eintrittsseite (19) für optische Energie (20) und eine dieser gegenüberliegende Grundfläche (21) aufweist, wobei das Thermo-Elektrische-Element (1) mit seiner Trägerlage (3) thermisch kontaktierend auf der Grundfläche (21) angeordnet ist.

Thermo-Elektrisches-Element

Die Erfindung betrifft ein Thermo-Elektrisches-Element.

5

Thermoelektrische Elemente bzw. thermoelektrische Generatoren (TEG) basieren auf dem Seebeck-Effekt, nach dem es bei einer Temperaturdifferenz entlang zweier miteinander verbundener Leiter unterschiedlichen Materials, zu einer Spannungsbildung kommt. Der Seebeck-Effekt wird hierin als für den Fachmann bekannt angesehen.

10

Neben Ausführungen von thermoelektrischen Generatoren als Messpunkt bzw. Messsonde, beispielsweise in Zündsicherungen von Feuerungsanlagen, ist eine Ausführung als flächiges Element bekannt. Dabei wird anstatt einer Metallkombination eine Halbleiterkombination verwendet, vom Aufbau her gleicht es einem Peltier-Element. Durch die Verwendung von Halbleitermaterialien lässt sich die Effizienz gegenüber Thermoelementen, basierend auf Metallpaarungen, deutlich erhöhen. Bei einem Peltier-Element sind in bekannter Weise Halbleiterelemente, jeweils ein n- und ein p-Halbleiter, in Serie geschaltet, wobei die Serienschaltungsbrücke abwechselnd gegenüberliegend angeordnet ist und somit eine kalte und eine warme Seite eines Peltier-Elements bildet. Bei Ausbildung einer Temperaturdifferenz zwischen der kalten und warmen Seite des Peltier-Elements, kommt es aufgrund des Seebeck-Effekts, an den Anschlusspunkten zu einer Bereitstellung elektrischer Energie.

15

Ein Nachteil derartiger TEGs liegt darin, dass der Seebeck-Effekt auf einer Temperaturdifferenz basiert, die abgebbare Spannung mit zunehmender Temperaturdifferenz bis zu einem Maximalwert der Temperaturdifferenz größer wird, sodass für ein zuverlässiges Funktionieren eines solchen Elements eine möglichst große Temperaturdifferenz aufrecht erhalten werden muss. Daher wird eine Seite, die kalte Seite, zumeist mit recht aufwendigen Vorrichtungen gekühlt, beispielsweise mittels zwangsgeführter Luftkühlung und gegebenenfalls mittels Wasserkühlung. Durch diesen zusätzlichen Aufwand ist eine wirtschaftliche Energiegewinnung mittels TEGs weitestgehend nicht gegeben, da der Aufwand für die erforderliche Kühlung den Vorteil durch den Energiegewinn wieder wettmacht.

25

30

- 2 -

Ein weiterer Einsatzbereich für thermoelektrische Generatoren besteht überall dort wo Prozesswärme vorhanden ist, welche ungenutzt an die Umgebung bzw. über Kühlsysteme abgeführt werden muss. Beispielsweise haben Verbrennungskraftmaschinen bzw. Feuerungsanlagen älterer Generation eine hohe Abgastemperatur, wodurch ein großer Teil der eingesetzten Primärenergie ungenutzt vergeudet wird. Auch kann es bei technischen Vorrichtungen durch den bestimmungsgemäßen Betrieb zu einer starken Erwärmung kommen, wodurch sich gegebenenfalls die Betriebsparameter derart negativ ändern können, dass sich der Wirkungsgrad der technischen Vorrichtung verschlechtert. Als Beispiel seien hier Fotovoltaik-Elemente genannt, welche sich beim bestimmungsgemäßen Einsatz aufgrund ihrer möglichst optimalen Ausrichtung zur Sonne sehr stark erwärmen, wobei Betriebstemperaturen bis zu 140° problemlos erreicht werden. Derart hohe Betriebstemperaturen bewirken allerdings eine Verschlechterung der Umwandlungseffizienz des Fotovoltaik-Elements, sodass insbesondere in eher südlichen Ländern der wirtschaftliche Einsatz von Fotovoltaik-Elementen aufgrund der vorherrschenden, hohen Temperaturen beschränkt ist. Hier wäre es nun von Vorteil, wenn thermische Energie vom Fotovoltaik-Element abgeführt werden kann und diese thermische Energie zusätzlich zur Energiegewinnung genutzt werden könnte.

Bekannte Thermo-Elektrische-Elemente haben wie bereits beschrieben, den Nachteil, dass sie nur bei Vorhandensein einer Temperaturdifferenz zwischen den beiden Flachseiten, zur Energiegewinnung taugen, bei Peltier-Elementen sind bis zu 70°C Temperaturdifferenz erreichbar/erforderlich. Bei Anordnung bekannter Elemente auf einem Fotovoltaik-Element würde der erhaltene Energiegewinn durch den zusätzlichen Aufwand zur Kühlung des Thermo-Elektrischen-Elements aufgebraucht, sodass ein wirtschaftlicher Einsatz im Wesentlichen nicht möglich ist.

Bedingt durch den Aufbau als Hintereinanderschaltung einzelner Halbleiterblöcke weist das bekannte, Thermo-Elektrische-Element zwar einen geringen, elektrischen Widerstand, gleichzeitig aber auch einen sehr geringen, thermischen Widerstand auf. Dies führt dazu, dass bei einem Wärmeeintrag auf einer Seite, der Wärmestrom das Thermo-Elektrische-Element sehr schnell durchdringt und ohne eine ausreichend starke Kühlung der gegenüberliegenden Seite, ein Temperatúrausgleich stattfindet, wodurch der Wärmestrom und damit auch die Energieumwandlung zum Erliegen kommt.

- 3 -

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Dünnschicht Thermo-Elektrisches-Element (TEE) zu schaffen, welches einen gegenüber bekannten TEEn einen höheren Wirkungsgrad hat und einfacher und preiswerter in der Herstellung ist. Des Weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, das Thermo-Elektrische-Element derart auszubilden, dass der Temperatureausgleich im Element reduziert wird.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Thermo-Elektrisches-Element (TEE) gelöst, welches eine elektrisch leitende Trägerlage, ein aktives Element und eine elektrisch leitende Decklage umfasst. Die Trägerlage und die Decklage bilden die Ableitungselektroden, ferner weist das aktive Element einen p-n-Übergang von einem n-Halbleiter auf einen p-Halbleiter auf. Das aktive Element ist zwischen der Trägerlage und der Decklage angeordnet und mit diesen elektrisch leitend verbunden. Der n-Halbleiter ist aus der Gruppe der Cyanoferrate gebildet, was den überraschenden Vorteil hat, dass mit Materialien aus dieser Gruppe, bei Anordnung in einem p-n-Übergang, eine Umwandlung von Wärme in elektrische Energie stattfindet.

Bekannte Thermo-Elektrische-Elemente (Peltier- bzw. Seebeck-Elemente) weisen einen p-n-Übergang auf, wobei als Halbleitermaterialien bspw. Bi_2Te_3 , PbTe , SiGe , BiSb oder FeSi_2 bekannt sind. Diese Elemente sind jedoch einerseits sehr teuer und haben andererseits im gewünschten Frequenzbereich der Infrarot-Strahlung (IR) eine sehr mäßige Umwandlungseffizienz. Insbesondere sind Si-basierte Halbleiter aufgrund ihrer Bandlücke nur für Wellenlängen größer ca. $1,1\mu\text{m}$ weitestgehend ungeeignet, GaSb-basierte Halbleiter können bis ca. $1,5\mu\text{m}$ verwendet werden, haben allerdings einen geringeren Wirkungsgrad als Si-Halbleiter.

Im Gegensatz zu bekannten Halbleitermaterialien sind die Materialien aus der Gruppe der Cyanoferrate deutlich günstiger, wodurch auch der wirtschaftliche Einsatz solcher TEEe verbessert wird, auch sind zur Verarbeitung dieser Materialien keine aufwändigen Produktionssysteme erforderlich, insbesondere sind keine Hochtemperatur- bzw. Hochvakuumssysteme erforderlich.

Durch eine Anordnung, bei der das aktive Element auf der Trägerlage angeordnet ist und auf dem aktiven Element die Decklage angeordnet ist, wird ein Schutz des aktiven Elements durch die beiden Lagen erreicht. Ferner wird durch die beiden Lagen eine gute thermische

- 4 -

Ankopplung an die Umgebung bzw. an eine thermische Energiequelle erreicht, bzw. wird eine Vergleichmäßigung des thermischen Energieeintrags in der Träger- bzw. Decklage erreicht. Ebenfalls ergibt sich dadurch eine gute Ableitung der vom aktiven Element generierten Ladungsträger.

5

Durch eine Ausbildung, nach der die Trägerlage und die Decklage im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet angeordnet sind, wird eine flächige Vorrichtung gebildet, welche sich sehr gut an eine thermische Energiequelle anbringen lässt und dabei eine gute thermische Kopplung mit der Energiequelle ermöglicht. Insbesondere kann somit großflächig thermische

10 Energie von einer Quelle abgenommen werden.

15

Bei bekannten Thermo-Elektrischen-Elementen sind die halbleitenden Materialien in Blöcken nebeneinander angeordnet und jeweils stirnseitig zu einer Serienschaltung verbunden, wobei die jeweiligen Stirnseiten aller Blöcke die beiden Flachseiten eines derartigen Elements bilden. Der Aufbau eines bekannten TEEs wird hierin als für den Fachmann bekannt angesehen. Diese unter inplane bekannte Anordnung hat zwar den Vorteil eines geringen elektrischen Widerstandes, gleichzeitig ist jedoch auch der thermische Widerstand gering. Daher kommt es zu einem Temperatenausgleich über die Dicke der Halbleiterblöcke, wodurch die Energieumwandlung verschwindet - da diese auf einer Temperaturdifferenz zwischen den Halb-

20 leiterübergängen basiert. Daher muss bei derartigen Elementen eine Temperaturdifferenz über der Dicke der Halbleiterblöcke aufrechterhalten werden - eine Seite wird zumeist recht aufwändig gekühlt, was die Gesamteffizienz deutlich reduziert. Eine anspruchsgemäße Anordnung nach der das aktive Element als Schichtaufbau (crossplane) ausgebildet ist hat nun den Vorteil, dass dadurch der thermische Widerstand über die Dicke des Schichtaufbaus deutlich

25 steigt, so dass es nur zu einem geringen Temperatenausgleich kommt und das TEE somit ohne zusätzliche Kühlung auskommt.

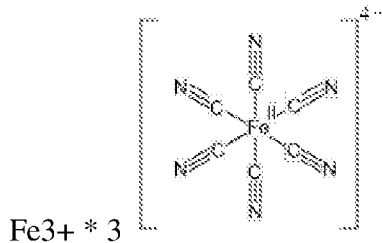
30

Der Schichtaufbau ist bevorzugt derart aufgebaut, dass der p-Halbleiter auf der Trägerlage angeordnet ist. Darüber ist der n-Halbleiter angeordnet, auf welchem die Decklage angeordnet ist.

Nach einer Weiterbildung ist der n-Halbleiter durch Hexacyanoferrat gebildet.

- 5 -

Bevorzugt ist der n-Halbleiter aus Eisen(III)-Hexacyanoferrat(II/III) ($\text{Fe}_7\text{C}_{18}\text{N}_{18}$) gebildet.



- 5 Eisen-Hexacyanoferrat ist als Farbstoff unter der Bezeichnung Preußisch Blau bekannt. Überraschend ist nun, dass dieser Farbstoff als n-Halbleiter in einem p-n-Übergang eines aktiven Elements, Wärme in elektrische Energie umzuwandeln vermag - ähnlich dem Seebeck-Effekt. Durch den käfigartigen Aufbau des Hexa-Cyanoferrat Anions kommt es bei Zuführen von thermischer Energie dazu, dass das Eisen im Anion eine ungeordnete Bewegung
- 10 (Schwingung) auszuführen versucht, diese Bewegung aber durch den C-N-Käfig behindert wird. Diese Behinderung wirkt sich auch auf den Wärmetransport aus, es steigt daher der thermische Widerstand und es kommt zu keinem, oder nur zu einem stark reduzierten, Temperaturengleich im aktiven Element. Die durch Temperaturzufuhr am Kation des Cyanoferrat Komplexes freigesetzten Ladungsträger werden von der p-Schicht, die als Akzeptor
- 15 (Lochtransporter) fungiert, aufgefangen, über die elektrisch leitende Träger- und Decklage werden die erzeugten Ladungsträger aus der n- und p- Schicht abtransportiert.

Nach einer Weiterbildung ist der n-Halbleiter mit zumindest einem Stoff aus der Gruppe der Metalloxide dotiert, bspw. mit TiO_2 , wodurch eine Verbesserung der Wandlungseffizienz

20 erreicht wird. Bei den Metalloxiden sind all jene Stoffe von Vorteil, welche eine große Bandlücke und/oder eine Oberflächenstruktur mit großen Poren aufweisen, um eine möglichst große Absorption der auftreffenden thermischen Energie (IR-Strahlung) zu erreichen.

Der p-Halbleiter kann aus einem Material der Gruppe PEDOT:PSS, GaSb/PEDOT und Si

25 gebildet sein. Für Silizium ist nano Si oder p-dotiertes Si (bspw. mit Bor) möglich.

Nach einer Weiterbildung ist die Trägerlage durch ein transparentes Substrat gebildet ist, auf welchem eine transparente Elektrode aufgebracht ist. Beispielsweise kann die Trägerlage durch Glas, Kunststoff gebildet sein, die transparente Elektrode ist bevorzugt als TCO ausge-

- 6 -

bildet. Als transparent ist in diesem Zusammenhang zu verstehen, dass der relevante Wellenlängenbereich -von 400nm bis 700nm durch die Trägerlage bzw. die Elektrode nicht, oder nur sehr gering gedämpft wird. Diese Ausbildung hat den weiteren Vorteil, dass die Trägerlage elektrisch isolierend ausgebildet sein kann und somit die Anbringung des gegenständlichen TEEs auf einer Vielzahl von Materialien, insbesondere elektrisch leitenden, ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen möglich ist.

Mit einer Weiterbildung, nach der die Trägerlage durch ein elastisch rückstellbares Substrat gebildet ist wird ein Element geschaffen, welches sich ohne Gefahr einer Beschädigung des TEEs auch an nicht planen Oberflächen anbringen lässt. Die Trägerlage kann bspw. durch eine PETLage gebildet sein, es liegt jedoch im Fachwissen des Technikers, die minimalen Biegeradien des Materials, des aktiven Elements und insbesondere die der Ableitungselektroden festzulegen, um eine Beschädigung durch eine Verformung zu unterbinden.

Eine Weiterbildung nach der die Trägerlage und/oder die Decklage durch einen metallischen Leiter gebildet ist hat den Vorteil, dass einmal eine sehr gute Ableitung der Ladungsträger gegeben ist. Ferner weist ein metallischer Leiter zumeist auch eine gute thermische Leitfähigkeit auf, wodurch ein Temperatenausgleich über die Träger- und/oder die Decklage möglich ist und sich diese daher jeweils auf einem einheitlichen Temperaturniveau befindet. Dies hat den Vorteil, dass es im aktiven Element zu keinen Ausgleichsströmen (thermisch und/oder elektrisch) kommt, was insbesondere die Gesamteffizienz steigert. In einer vorteilhaften Weiterbildung ist ferner vorgesehen, dass bspw. der n-Halbleiter direkt auf die Trägerlage aufgebracht wird, welche somit die Stützfunktion und Ladungsträgerableitung übernimmt.

Eine Weiterbildung besteht ferner darin, dass die Trägerlage durch eine Kollektorschicht gebildet ist, bspw. aus Wolframcarbid. Damit wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass eintreffende IR-Strahlung von der Kollektorschicht in Konvektionswärme umgewandelt wird, welche anschließend auf das aktive Element einwirkt. Die Kollektorschicht kann bspw. für einen Wellenlängenbereich selektiv ausgebildet sein, um so trotz einer geringen einfallenden Strahlungsleistung, möglichst viel Energie zu absorbieren und an das aktive Element weiterzugeben. In einer möglichen Weiterbildung kann das gegenständliche TEE in einer Umgebung eingesetzt werden, wo nur ein Teilbereich des infraroten Spektrums vorhanden ist und der Energiegehalt in diesem Spektralbereich für ein direktes Einwirken auf das aktive Element

- 7 -

ggf. zu gering wäre. Hier kann mit einem frequenzselektiven Kollektor eine deutliche Steigerung des Wirkungsgrades erreicht werden.

5 Eine Weiterbildung besteht ferner darin, dass die Trägerlage und/oder die Decklage durch eine elektrisch leitende Gitterstruktur gebildet ist. Damit wird erreicht, dass der Anteil der Fläche des aktiven Elements reduziert wird, welcher durch die Ableitungselektroden abgedeckt ist und somit mehr Fläche zum Einwirken der IR-Strahlung zur Verfügung steht. Durch das Ableitungsgitter wird dennoch eine ausreichend gute Ableitung der Ladungsträger gewährleistet.

10 Zum Schutz des aktiven Elements, insbesondere gegen Feuchtigkeit und Sauerstoff, ist vorgesehen, dass über den Abschnitten des aktiven Elements, welche nicht durch die Trägerlage und die Decklage abgedeckt sind, eine Schutzschicht aufgebracht ist. Diese Schutzschicht kann bspw. durch Glas, durch eine Kunststofffolie welche zur Verringerung der Feuchtigkeits- und Sauerstoffdurchlässigkeit ggf. mit Aluminium- oder Bornitrit beschichtet sein kann,
15 oder durch eine metallisierte Folie gebildet sein. Gerade Feuchtigkeit und/oder Sauerstoff können in den Halbleitermaterialien des aktiven Elements langsam fortschreitende, irreversible Veränderungen hervorrufen, die zu einem Ausfall des aktiven Elements führen können.

20 Eine Weiterbildung kann auch darin bestehen, dass auf der dem aktiven Element jeweils abgewandten Seite der der Trägerlage und/oder der Decklage eine Schutzschicht aufgebracht ist. Da die beiden Lagen die Ableitungselektroden bilden ist es für die Anwendungssicherheit von Vorteil, wenn die Schutzschicht elektrisch isolierend ausgebildet ist bspw. als Kunststofffolie aus PET, PVA, PVC, PC, um nur die wichtigsten Materialien zu nennen. Ferner kann die
25 Schutzschicht auch dahingehend ausgebildet sein, die Lagen und insbesondere das gesamte TEE, gegenüber den, am Einsatzort herrschenden Umwelteinflüssen, zu schützen.

Nach einer Ausbildung weist das aktive Element des gegenständlichen Thermo-Elektrischen-Elements eine Dicke im Bereich von $1\mu\text{m}$ bis 1mm aufweist, bevorzugt im Bereich von $10\mu\text{m}$
30 bis $50\mu\text{m}$. Somit wird ein TEE geschaffen, welches eine sehr geringe Gesamtdicke - und damit geringes Gewicht - aufweist und damit sehr gut an bestehende Vorrichtungen angebracht werden kann.

- 8 -

Eine mögliche Ausbildung zur Steigerung der abgegebenen elektrischen Spannung besteht darin, dass auf der Decklage zumindest ein weiteres aktives Element mit wiederum einer Decklage angeordnet ist. Mit dieser Weiterbildung stellt die Decklage des unteren TEEs die Trägerlage des darauf angeordneten TEEs dar, es handelt sich damit um eine aufbaubedingte, fest verdrahtete Serienschaltungen mehrerer TEEe, die elektrische Energie wird an der unteren Trägerlage und an der oberen Decklage abgegriffen. Diese Anordnung entspricht einem Stackaufbau, wobei die Begriffe untere und obere, die Anordnung des jeweiligen Elements in diesem Stackaufbau bezeichnen.

Eine weitere mögliche Ausbildung zur Erhöhung der Energieabgabe besteht darin, dass übereinander angeordnet, ein wiederholter Aufbau aus Trägerlage, aktivem Element und Decklage vorhanden ist. Zwischen der Decklage und der darauf angeordneten Trägerlage des nächsten TEEs, kann eine Isolierschicht angeordnet sein bzw. kann die Decklage und/oder die Trägerlage elektrisch isolierend ausgebildet sein, um eine elektrische Verbindung der aufeinander angeordneten TEEe zu verhindern. Durch diese Anordnung ist keine elektrische Verschaltung vorgegeben, insbesondere sind die Ableitungselektroden der einzelnen TEEe nach außen geführt und somit beliebig extern verschaltbar, so dass jede gewünschte Serien- und/oder Parallelschaltung ausgebildet werden kann. Insbesondere kann so das Spannungsniveau und das Stromabgabevermögen an den gewünschten Einsatzfall angepasst werden.

Da die eingesetzten Materialien eine sehr einfache Verarbeitung erlauben, insbesondere ist ein Aufbringen mittels eines Druckverfahrens möglich, kann in vorteilhafter Weise ein Multilagensystem aufgebaut werden, welches eine Mehrzahl von übereinander aufgebracht bzw. aufeinander angeordneten aktiven Elementen aufweist. Da sich auf die Ableitungselektroden im Druckverfahren herstellen lassen, können auch mehrere TEEe übereinander gedruckt werden. Beispielsweise sind Anordnungen mit 10 oder mehr Schichten denkbar.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch ein Energie-Umwandlungselement gelöst, welches ein Fotovoltaisches-Element und ein gegenständliches Thermo-Elektrisches-Element aufweist. Das Fotovoltaische-Element weist eine Eintrittsseite für optische Energie und eine dieser gegenüberliegenden Grundfläche auf. Das Thermo-Elektrische-Element ist mit seiner Trägerlage thermisch kontaktierend auf der Grundfläche angeordnet. Ein Fotovoltaisches-Element erwärmt sich durch die Sonnenbestrahlung sehr stark, wobei diese Erwärmung ggf.

- 9 -

den Wirkungsgrad des Fotovoltaischen-Elements reduziert, da die Umwandlungseigenschaften temperaturabhängig sind. Mit der gegenständlichen Ausbildung wird erreicht, dass einerseits das Fotovoltaische-Element gekühlt wird und dass ferner die bislang als Abwärme verlorengegangene Energie zusätzlich in elektrische Energie umgewandelt wird. Damit wird eine
5 Steigerung des Gesamtwirkungsgrads um ca. 2% gegenüber einer reinen Fotovoltaischen Umwandlung erreicht.

Da die Kenngrößen des Fotovoltaischen-Elements und des Thermo-Elektrischen-Elements nicht übereinstimmen, das gegenständliche TEE liefert ca. 1.2V, ein Silizium-Fotovoltaik-
10 Element liefert typischerweise 0,5V, ist vorgesehen, dass die Ableitungselektroden des Fotovoltaik-Elements und die Ableitungselektroden des Thermo-Elektrischen-Elements über einen Spannungswandler mit einem elektrischen Kontaktabschnitt verbunden sind. Somit wird für den Anwender erreicht, dass dieser ein Element bereitgestellt bekommt, welches an einem Kontaktabschnitt elektrische Energie bereitstellt.

15 Für eine nachträgliche Anordnung an einem bestehenden Fotovoltaischen-Element bzw. zur Vereinfachung der Fertigung ist eine Weiterbildung von Vorteil, nach der das Thermo-Elektrische-Element mittels einer Spannvorrichtung oder einer Klemmvorrichtung an dem Fotovoltaik-Element angeordnet ist.

20 Ebenso ist es möglich, dass das Thermo-Elektrische-Element mittels einer Haftverbindung an dem Fotovoltaik-Element angeordnet ist. Dies kann bspw. durch eine Klebeverbindung oder durch Laminiere erfolgen, wobei eine gute thermische Verbindung zwischen dem Fotovoltaischen-Element und dem TEE gegeben sein muss.

25 Zur Verringerung des Wärmeübergangswiderstands und/oder zum Ausgleich von Ungenauigkeiten der Oberfläche des Fotovoltaischen-Elements, auf welchem das TEE angeordnet wird, ist es von Vorteil, wenn zwischen der Grundfläche und der Trägerlage ein Wärmeleitmittel angeordnet ist.

30 Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in stark schematisch vereinfachter Darstellung:

Fig.1. eine Ausführungsform des gegenständlichen Thermo-Elektrischen-Elements;

5 Fig.2. eine weitere mögliche Ausführungsform des gegenständlichen Thermo-
elektrischen-Elements ;

Fig.3. eine Anordnung des gegenständlichen Thermo-Elektrischen-Elements auf einem
Fotovoltaik- Element;

10

Fig.4. eine mögliche Weiterbildung des TEEs zur Erhöhung der Energieausbeute durch
einen Stackaufbau.

Fig. 1 zeigt eine Ausführung des gegenständlichen Thermo-Elektrischen-Elements 1, bei dem
15 das aktive Element 2 auf der Trägerlage 3 aufgebracht ist und wobei auf dem aktiven Element
2 die Decklage 4 angeordnet ist. Das aktive Element 2 weist einen n-Halbleiter 5 und einen p-
Halbleiter 6 auf, welche an einem p-n-Übergang 7 aneinander angrenzen.

Die Trägerlage 3 und die Decklage 4 bilden gleichzeitig die Ableitungselektroden, wobei es
20 beim Einwirken thermischer Energie 8, beispielsweise auf die Flachseite 9 der Decklage 4, im
Inneren des Thermo-Elektrischen-Elements 1, insbesondere im aktiven Element 2, zu einem
Temperaturgradienten 10 kommt. Vergleichbar mit dem Seebeck-Effekt bildet sich im aktiven
Element eine Ladungsträgerverschiebung aus, welche als elektrische Spannung 11 über die
Ableitungselektroden abgegriffen und einem Verbraucher 12 zugeführt werden kann. Durch
25 den über den Verbraucher 12 geschlossenen Stromkreis wird bei Einwirken thermischer
Energie 8 vom Thermo-Elektrischen-Element 1 elektrische Energie abgegeben, sodass es zu
einem Stromfluss 13 im Stromkreis kommt und der elektrische Verbraucher 12 durch Um-
wandlung thermischer Energie 8 betrieben werden kann.

30 Bei bekannten Thermo-Elektrischen-Elementen sind Halbleiterblöcke nebeneinander ange-
ordnet, jeweils zwei Halbleiterblöcke sind stirnseitig über eine Kontaktbrücke zur Bildung
einer Serienschaltung miteinander verbunden. Der Aufbau eines Peltier-Elements wird hierin
als bekannt angenommen, insbesondere ist bekannt, dass ein Peltier-Element eine warme und

- 11 -

eine kalte Flachseite aufweist, wobei die Festlegung der warmen bzw. kalten Flachseite mit der Polarität der elektrischen Spannung an den Anschlusselektroden korrespondiert. Da ein Halbleiter einen geringen elektrischen Widerstand und insbesondere auch einen geringen thermischen Widerstand aufweist, kommt es bei einer Erwärmung der warmen Flachseite zu einem thermischen Energieausgleich über dem Peltier-Element. Ohne aufwändige Zusatzmaßnahmen, insbesondere ohne entsprechende Kühlung der kalten Flachseite, wird sich die Temperatur der kalten Flachseite an die der warmen angleichen, wodurch die Energieumwandlung zum Erliegen kommt. Beim gegenständlichen TEE ist nun das aktive Element 2 in einer sogenannten crossplane Anordnung ausgebildet, es befindet sich also der p-n-Übergang 7 im Pfad des Temperaturgradienten 10. Diese Anordnung erhöht zwar den elektrischen Widerstand des aktiven Elements 2, von besonderem Vorteil ist jedoch, dass dadurch der thermische Widerstand deutlich ansteigt. Dies bedeutet unmittelbar, dass die thermischen Ausgleichsströme im aktiven Element 2 wesentlich eingeschränkt werden, sodass für das gegenständliche TEE eine Kühlung der kalten Flachseite 14 nicht erforderlich ist.

15 Zum Schutz des gesamten Thermo-Elektrischen-Elements 1, insbesondere aber dem aktiven Element 2, kann optional vorgesehen sein, dass das TEE 1 mit einer Schutzschicht 15 umgeben ist, wobei die Schutzschicht 15 zumindest in jenen Abschnitten angeordnet ist, in denen das aktive Element 2 nicht von der Träger- 3 bzw. Decklage 4 gegen die Umgebung geschützt angeordnet ist. Gemäß einer Weiterbildung kann die Träger- 3 bzw. Decklage 4 auch durch eine Gitterelektrode gebildet sein, sodass dann bevorzugt auch auf den Ableitungselektroden 3, 4 die Schutzschicht 15 angeordnet sein wird. Gerade der Schutz des aktiven Elements 2 ist von Bedeutung, da die Halbleiter 5, 6 bei Kontakt mit Luftsauerstoff und/oder mit Umgebungsfeuchtigkeit chemisch reagieren können, wodurch die gewünschten Materialeigenschaften gegebenenfalls verloren gehen können. Die Schutzschicht kann beispielsweise durch Glas, eine Kunststofffolie welche zur Verringerung der Feuchtigkeits- und Sauerstoffdurchlässigkeit ggf. mit Aluminium- oder Bornitrit beschichtet sein kann, oder durch eine metallisierte Folie gebildet sein. Dieses Material bildet einerseits einen guten mechanischen Schutz des Thermo-Elektrischen-Elements, stört andererseits aber den Eintrag der thermischen Energie 8 in die warme Flachseite 9 nicht oder nur sehr gering.

Der n-Halbleiter 5 des gegenständlichen Thermo-Elektrischen-Elements ist aus der Gruppe der Cyanoferrate gebildet, bevorzugt durch Eisen(III)-Hexacyanoferrat(II/III). Dieses Material

- 12 -

ist als Farbstoff Preußisch Blau bekannt, wobei sich in überraschender Weise bei Verwendung dieses Materials als n-Halbleiter in einem p-n-Übergang, ein dem Seeback-Effekt vergleichbarer Effekt einstellt, nämlich dass eine Temperatureinwirkung auf diese Materialkombination eine Abgabe elektrischer Energie über die Ableitungselektroden 26 ergibt. Materialien aus der Gruppe der Cyanoferrate sind einerseits sehr kostengünstig und lassen sich insbesondere sehr einfach verarbeiten, beispielsweise mit all jenen Verfahren die geeignet sind, eine Farbe auf einen Untergrund aufzutragen. Für den p-Halbleiter 6 gibt es kaum Einschränkungen, da dieser lediglich als Akzeptor dienen muss. Bevorzugt wird der p-Halbleiter aus einem Material gebildet sein, welches sich ähnlich dem n-Halbleiter 5 einfach verarbeiten lässt und hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften an die der Träger- 4 bzw. Decklage 3 und dem n-Halbleiter 5 angepasst ist.

Fig. 2 zeigt eine weitere mögliche Ausbildung des gegenständlichen Thermo-Elektrischen Elements 1. Zur Ausbildung der Trägerlage 3 als Ableitungselektrode ist auf einer Flachseite 16 der Trägerlage 3 eine elektrisch leitfähige Elektrode 17 angeordnet, auf welcher Elektrode 17 das aktive Element 2 angeordnet ist. Bevorzugt ist auf der Elektrode 17 der p-Halbleiter 6 und darauf der n-Halbleiter 5 angeordnet, auf dem n-Halbleiter 5 ist die Decklage 4 als Ableitungselektrode angeordnet. Gleichbedeutend ist es jedoch auch möglich, dass der n-Halbleiter auf der Trägerlage, darauf der n-Halbleiter und darauf die Decklage angeordnet sind. Diese Ausbildung hat beispielsweise den Vorteil, dass die Trägerlage 3 aus einem elektrisch isolierenden Material gebildet sein kann, beispielsweise aus einer Kunststoffolie oder Glas, sodass dieses TEE mit der Trägerlage 3 direkt an einer thermischen Energiequelle angeordnet sein kann, ohne dass sich der Anwender Gedanken um die elektrische Isolierung des TEEs 1 gegenüber der thermischen Energiequelle machen muss. Diese Ausführung hat den weiteren Vorteil, dass die Trägerlage 3 als Stützlage für den anschließend aufgebrachten Schichtaufbau 2 dienen kann. Insbesondere da die Dicke des aktiven Elements 2 bevorzugt unter 1 mm beträgt, birgt ein derart dünnes Element, auch mit den darauf aufgebrachten Ableitungselektroden, für die weitere Verarbeitung bzw. Anordnung an thermischen Energiequellen das Problem, dass ein derart dünnes Element sehr leicht beschädigt werden kann. Durch Ausbildung einer entsprechend dicken und damit mechanisch stabilen Trägerlage kann der darauf angeordnete Schichtaufbau zuverlässig gegen mechanische Belastungen geschützt werden. Auch bei dieser Ausführung ist es optional möglich, den Schichtaufbau aus Träger 3 und Decklage 4 und dem aktiven Element 2 mit einer Schutzschicht 15 zu umgeben, um somit wiederum

eine zuverlässige Abschottung, insbesondere des aktiven Elements 2 gegenüber Umwelteinflüssen zu gewährleisten.

Fig. 3 zeigt eine mögliche Verwendung des gegenständlichen, Thermo-Elektrischen-Elements 1 in Kombination mit einem Fotovoltaik-Element 18. Das Fotovoltaik-Element 18 weist eine Lichteintrittsseite 19 auf, welche bevorzugt unter einem optimalen Winkel zur Sonne ausgerichtet ist. Von der Sonne trifft Licht 20 als Mischung unterschiedlicher Wellenlängen auf der Lichteintrittsseite 19 ein. Für Fotovoltaik-Elemente 18 ist bekannt, dass diese nur einen Teilbereich des einfallenden Lichtspektrums 20 in elektrischer Energie umwandeln können. Fotovoltaik-Elemente aus polykristallinem oder monokristallinem Silizium erreichen im Vergleich zu anderen Materialien bzw. Fotovoltaik-Technologien zwar den höchsten Wirkungsgrad, sind vom nutzbaren Spektralbereich jedoch auf Wellenlängen kleiner $1400\mu\text{m}$ beschränkt. Ein großer Teil der einfallenden thermischen Infrarotstrahlung geht für die Energiegewinnung verloren, führt aber zu einer sehr starken Erwärmung des Fotovoltaik-Elements, wobei Temperaturen deutlich über 100°C erreicht werden können. Eine derart starke Erwärmung kann jedoch dazu führen, dass sich die Umwandlungseffizienz des Fotovoltaik-Elements verschlechtert, da mit steigender Temperatur auch der elektrische Widerstand jedes einzelnen fotovoltaischen Wandlerelements steigt.

Durch die Anordnung des gegenständlichen Thermo-Elektrischen-Elements 1, bevorzugt auf der Rückseite 21 des Fotovoltaik-Elements 18 wird die Abwärme des Fotovoltaik-Elements 18 genutzt und in elektrische Energie umgewandelt. Damit lässt sich eine Steigerung des Gesamtwirkungsgrades des Energie-Umwandlungselements 22 um zumindest 1 % steigern, wobei auch Steigerungen bis zumindest 2 % möglich sind. Im Vergleich zu dem Aufwand der erforderlich ist, um für ein Fotovoltaik-Element 18 eine Steigerung des Wirkungsgrades im 10tel Prozentbereich zu erreichen, wird mit der gegenständlichen Ausbildung eine bedeutende Steigerung des Gesamtwirkungsgrads erreicht, allerdings zu einem Bruchteil der Kosten die eine Wirkungsgradsteigerung eines Fotovoltaik-Elements 18 erforderlich machen. Neben der zusätzlichen Energiegewinnung hat die Anordnung des gegenständlichen, Thermo-Elektrischen-Elements 1 auf einem Fotovoltaik-Elements 18 noch den weiteren Vorteil, dass durch die Energieumwandlung das Fotovoltaik-Element 18 gekühlt wird, was für die Betriebsparameter und damit die Umwandlungseffizienz der einzelnen fotovoltaischen Wandler von Vorteil ist.

- 14 -

Für einen Anwender ist es von Vorteil, wenn ein Energie-Umwandlungselement 22 seine Energie an einem einzigen Anschlusspunkt bereitstellt. Da sich jedoch die generierten Spannungen und vor allem der Umfang der bereitgestellten Energie zwischen dem Fotovoltaik-Element 18 und dem Thermo-Elektrischen-Element 1 unterscheiden, sich die beiden Energieabgabeanschlüsse nicht direkt zusammenschalten lassen ist es von Vorteil, wenn am Energieumwandlungselement 22 ein Spannungswandler 23 vorhanden ist. Dieser ist mit den Ableitungselektroden 24 des fotovoltaischen Elements 18 und mit den Ableitungselektroden 26 des Thermo-Elektrischen-Elements 1 verbunden. Ein Spannungswandler 23 ist in bekannter Weise in der Lage, die elektrischen Energieniveaus unterschiedlicher elektrischer Energiequellen zusammenzuführen und an einem gemeinsamen Energieabgabeabschnitt 25 bereitzustellen.

Aus Darstellungsgründen sind in der Figur die Schichtdicken des Thermo-Elektrischen-Elements 1, insbesondere die Dickenverhältnisse der Träger- 3 und Decklage 4 sowie des aktiven Elements 2 übertrieben dargestellt. Eine gegebenenfalls über dem Schichtaufbau angeordnete Schutzschicht ist ebenfalls aus Darstellungsgründen in der Figur nicht dargestellt. Das Thermo-Elektrische-Element 1 wird bevorzugt mit seiner Trägerlage durch Aufkleben bzw. Laminieren an der Rückseite 21 des Fotovoltaik- Element 18 angebracht, wobei bei einer Klebeverbindung der Klebstoff eine gute Wärmeleitung aufweisen muss, um eine gute thermische Ankopplung des TEEs an das Fotovoltaik-Element 18 zu gewährleisten. Ebenso kann vorgesehen sein, dass zwischen der Trägerlage 3 und der Rückseite 21 des Fotovoltaik-Elements 18 ein Wärmeleitmittel vorhanden ist, um einerseits den Temperaturtransport zu verbessern und gegebenenfalls vorhandene, kleine Unebenheiten der Rückseite 21 auszugleichen und ein gutes Anliegen der Trägerlage 3 auf der Rückseite 21 zu gewährleisten.

Im dargestellten Fall ist das gegenständliche Thermo-Elektrische-Element 1 mit seiner Trägerlage an der Rückseite der thermischen Energiequelle, hier dem Fotovoltaik-Element 18, angeordnet. Gleichbedeutend ist jedoch auch möglich, dass das TEE mit seiner Decklage 4 an der Rückseite angeordnet ist. Im dargestellten Fall ist die Trägerlage 3 als elektrisch nicht leitendes Substrat ausgebildet, auf welchem eine Elektrode 17 angeordnet ist, um somit die Ableitungselektrode zu bilden. Wird das TEE mit seiner elektrisch leitenden Decklage 4 auf der Rückseite des Fotovoltaik-Elements 18 angebracht, sind Vorkehrungen zu treffen, dass es

- 15 -

zu keinem Kurzschluss bzw. zu einer gegenseitigen, elektrischen Beeinträchtigung zwischen TEE 1 und Fotovoltaik-Element 18 kommt.

5 Insbesondere ist durch den Einsatz von Druckverfahren eine sehr kostengünstige Möglichkeit gegeben, individuelle Ausführungen von TEEs bis zu einer Losgröße von 1 zu erzeugen. Beispielsweise kann das fertig konfektionierte Fotovoltaik-Element in einer Druckvorrichtung, bspw. einem Tintenstrahldrucker, angeordnet werden und anschließend direkt das Thermo-Elektrische-Element aufgedruckt werden. Dabei werden mit einem Druckkopf, welcher über den zu bedruckenden Abschnitt geführt wird, die einzelnen Schichten aufgetragen. Mögliche 10 ist ein schichtweiser Auftrag, mit einem jeweils zwischengelagerten Trockenschritt. Durch entsprechende Ausgestaltung des Druckkopfs mit einer Trocknungsvorrichtung kann der gesamte Schichtaufbau mit den Ableitungselektroden in einem Durchgang aufgebracht werden.

Ein Fotovoltaik-Element 18, insbesondere jedes einzelne fotovoltaische Wandlerelement ist in 15 bekannter Weise zumeist schichtartig aufgebaut, wobei das Basissubstrat meist eine der beiden Ableitungselektroden bildet. Eine mögliche Weiterbildung kann auch darin bestehen, dass die Ableitungselektrode der fotovoltaischen Wandlerelemente des Fotovoltaik-Elements 18 durch die elektrisch leitende Träger- 3 oder Decklage 4 gebildet ist. In dieser Ausführung wird einerseits eine Ableitungselektrode eingespart und ferner ein besonders kompakter Aufbau mit einer sehr guten Wärmekopplung von den fotovoltaischen Wandlerelementen auf das 20 Thermo-Elektrische-Element 1 erreicht.

Der besondere Vorteil des gegenständlichen Thermo-Elektrischen-Elements liegt zusammenfassend darin, dass mit einem sehr kostengünstigen Material, welches sich sehr einfach verarbeiten lässt, ein Halbleiterelement gebildet werden kann, welches bei Temperatureinwirkung 25 elektrische Energie abgibt. Das überraschende daran ist, dass Materialien aus der Gruppe der Cyanoferrate diesen, dem Seebeck-Effekt ähnlichen Effekt zeigen, insbesondere dass das bevorzugte Eisen(III)-Hexacyanoferrat(II/III) welches allgemein als Farbstoff bekannt ist, diesen Effekt zeigt. In Kombination mit meinem Fotovoltaik-Element wird einerseits die Gesamteffizienz durch die zusätzliche Energiegewinnung aus der Abwärme deutlich gesteigert 30 und andererseits die Betriebsparameter des Fotovoltaik-Elements stabilisiert.

- 16 -

Figur 4 zeigt eine mögliche weitere Ausführung des gegenständlichen Thermo-Elektrischen-Elements als Stackaufbau 27, bei dem mehrere TEEs 1 übereinander angeordnet sind. In der Figur ist dargestellt, dass auf der Decklage 4 des unteren TEEs, ein weiteres TEE 1 mit seiner Trägerlage angeordnet ist. Da die Träger- 3 und Decklage 4 jeweils auch die Ableitungselektroden bilden kann vorgesehen sein, dass zwischen den beiden Lagen eine elektrisch isolierenden Schicht 28 angeordnet sein. Damit werden völlig eigenständige TEEs geschaffen, die zwar aufeinander angeordnet sind und sich damit im selben thermischen Energiestrom befinden, hinsichtlich ihrer elektrischen Beschaltung jedoch völlig frei sind. In der Figur 4 ist ein elektrisches VerSchaltungsnetzwerk 29 dargestellt, welches jeweils zwei TEEs in Serie schaltet, um eine höhere Ausgangsspannung zu erzielen. Die Serienschaltungen sind parallel geschaltet, um so den Ausgangsstrom zu erhöhen. Dadurch mehrfaches übereinander Anordnen kann die Energieausbeute deutlich gesteigert werden. Da ein einzelnes TEE eine elektrische Spannung von bis zu 1,2V und einen Strom von bis zu 3A/m² abgeben kann, ist eine Serien- bzw. Parallelschaltung insbesondere dann von Vorteil, wenn auf einfachem Weg die elektrischen Ausgangsparameter angepasst werden können. Beispielsweise um direkt einen Verbraucher betreiben zu können, oder ggf. in einem nachgelagerten Spannungskonverter die Ausgangsspannung anzupassen.

Eine Weiterbildung kann darin bestehen, dass keine Isolierschicht 28 vorhanden ist, die Decklage 4 des unteren und die Trägerlage 3 des darauf angeordneten TEEs somit in elektrischem Kontakt stehen. In diesem Fall könnte eine der beiden Lagen weggelassen werden, so dass die Decklage des unteren, die Trägerlage des darauf angeordneten Elements bildet. In diesem Fall ist der gesamte Stackaufbau 27 in Serie geschaltet, die Ausgangsspannung wird dann an der Trägerlage 3 des untersten Elements 1 und an der Decklage 4 des obersten Elements 1 abgegriffen.

Abschließend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch

Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

5 Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mitumfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 10
10 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Thermo-Elektrischen-Generators, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse
15 Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutz-
20 umfang mit umfasst.

In den Fig. 2 bis 4 ist jeweils eine weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsform des Thermo-Elektrischen-Generators gezeigt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Figuren verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Figuren hingewiesen bzw. Bezug genommen.
25

Der Ordnung halber sei abschließend daraufhingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Thermo-Elektrischen-Generators dieser bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.
30

Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Vor allem können die einzelnen in den Fig. 1-3 gezeigten Ausführungen den Gegenstand von eigenständigen, erfindungsgemäßen Lösungen bilden. Die diesbezüglichen, erfindungsgemäßen Aufgaben und Lösungen sind den Detailbeschreibungen dieser Figuren zu entnehmen.

5

10

15

20

25

30

Bezugszeichenaufstellung

- 1 Thermo-Elektrisches-Element (TEE)
- 2 Aktives Element
- 3 Trägerlage, Ableitungselektrode
- 4 Decklage, Ableitungselektrode
- 5 n-Halbleiter

- 6 p-Halbleiter
- 7 p-n-Übergang
- 8 Thermische Energie
- 9 Flachseite, warm
- 10 Temperaturgradient

- 11 Elektrische Spannung
- 12 Verbraucher
- 13 Elektrischer Strom
- 14 Flachseite, kalt
- 15 Schutzschicht

- 16 Flachseite
- 17 Elektrode
- 18 Fotovoltaik-Element
- 19 Licht-Eintrittsseite
- 20 Licht

- 21 Grundfläche, Rückseite
- 22 Energie-Umwandlungselement
- 23 Spannungswandler
- 24 Ableitungselektroden des Fotovoltaik-Elements
- 25 Energieabgabeabschnitt

- 26 Ableitungselektroden des Thermo-Elektrischen-Elements
- 27 Steckaufbau
- 28 Isolierschicht
- 29 Elektrisches Verschaltungsnetzwerk

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Thermo-Elektrisches-Element (1), umfassend eine elektrisch leitende Trägerlage (3), ein aktives Element (2), eine elektrisch leitende Decklage (4), wobei die Trägerlage (3) und die Decklage (4) die Ableitungselektroden bilden, wobei ferner das aktive Element (2) einen p-n-Übergang (7) von einem n-Halbleiter (5) auf einen p-Halbleiter (6) aufweist und wobei das aktive Element (2) zwischen der Trägerlage (3) und der Decklage (4) und mit diesen elektrisch leitend verbunden angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der n-Halbleiter (5) aus der Gruppe der Cyanoferrate gebildet ist.
2. Thermo-Elektrisches-Element nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das aktive Element (2) auf der Trägerlage (3) angeordnet ist und auf dem aktiven Element (2) die Decklage (4) angeordnet ist.
3. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerlage (3) und die Decklage (4) im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet angeordnet sind.
4. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das aktive Element (2) als Schichtaufbau ausgebildet ist.
5. Thermo-Elektrisches-Element nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der p-Halbleiter (6) auf der Trägerlage (3) angeordnet ist.
6. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der n-Halbleiter (5) durch Hexacyanoferrat gebildet ist.
7. Thermo-Elektrisches-Element nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der n-Halbleiter (5) durch Eisen(III)-Hexacyanoferrat(II/III) gebildet ist.
8. Thermo-Elektrisches-Element nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der n-Halbleiter (5) mit zumindest einem Stoff aus der Gruppe der Metalloxide dotiert ist, beispielsweise mit TiO_2 , Si-P, GaAs, InSb, CdS, ZnSe, Ge, Te, Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

9. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der p-Halbleiter (6) aus einem der Gruppe PEDOT:PSS, GaSb/PEDOT und Si gebildet ist.
- 5 10. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerlage (3) durch ein transparentes Substrat gebildet ist, auf welchem eine transparente Elektrode aufgebracht ist.
- 10 11. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerlage (3) durch ein elastisch rückstellbares Substrat gebildet ist.
12. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerlage (3) und/oder die Decklage (4) durch einen metallischen Leiter gebildet ist.
- 15 13. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerlage (3) durch eine Kollektorschicht gebildet ist.
- 20 14. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerlage (3) und/oder die Decklage (4) durch eine elektrisch leitende Gitterstruktur gebildet ist.
- 25 15. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass über den Abschnitten des aktiven Elements (2), welche nicht durch die Trägerlage (3) und die Decklage (4) abgedeckt sind, eine Schutzschicht (15) aufgebracht ist.
- 30 16. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass auf der dem aktiven Element (2) jeweils abgewandten Seite der Trägerlage (3) und/oder der Decklage (4) eine Schutzschicht (15) aufgebracht ist.
17. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das aktive Element (2) eine Dicke im Bereich von $10\mu\text{m}$ bis 1mm aufweist, bevorzugt im Bereich von $10\mu\text{m}$ bis 50mm .

18. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Decklage (4) zumindest ein weiteres aktives Element (2) mit einer Decklage angeordnet ist.
- 5 19. Thermo-Elektrisches-Element nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass übereinander angeordnet, ein wiederholter Aufbau aus Trägerlage, aktivem Element und Decklage vorhanden ist.
- 10 20. Energie-Umwandlungselement (22) umfassend ein Fotovoltaisches-Element (18) und ein Thermo-Elektrisches-Element (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei das Fotovoltaische-Element (18) eine Eintrittsseite (19) für optische Energie (20) und eine dieser gegenüberliegende Grundfläche (21) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Thermo-Elektrische-Element (1) mit seiner Trägerlage (3) thermisch kontaktierend auf der Grundfläche (21) angeordnet ist.
- 15 21. Energie-Umwandlungselement nach Anspruch 20, wobei das Fotovoltaische-Element (18) seine generierte elektrische Energie über Ableitungselektroden (24) abgibt, dadurch gekennzeichnet, dass die Ableitungselektroden (24) des Fotovoltaik-Elements (18) und die Ableitungselektroden (26) des Thermo-Elektrischen-Elements (1) über einen Spannungswandler (23) mit einem elektrischen Kontaktabschnitt (25) verbunden sind.
- 20 22. Energie-Umwandlungselement nach einem der Ansprüche 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Thermo-Elektrische-Element (1) mittels einer Spannvorrichtung oder einer Klemmvorrichtung an dem Fotovoltaik-Element (18) angeordnet ist.
- 25 23. Energie-Umwandlungselement nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Thermo-Elektrische-Element (1) mittels einer Haftverbindung am Fotovoltaik-Element (18) angeordnet ist.
- 30 24. Energie-Umwandlungselement nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Grundfläche (21) und der Trägerlage (3) ein Wärmeleitmittel angeordnet ist.

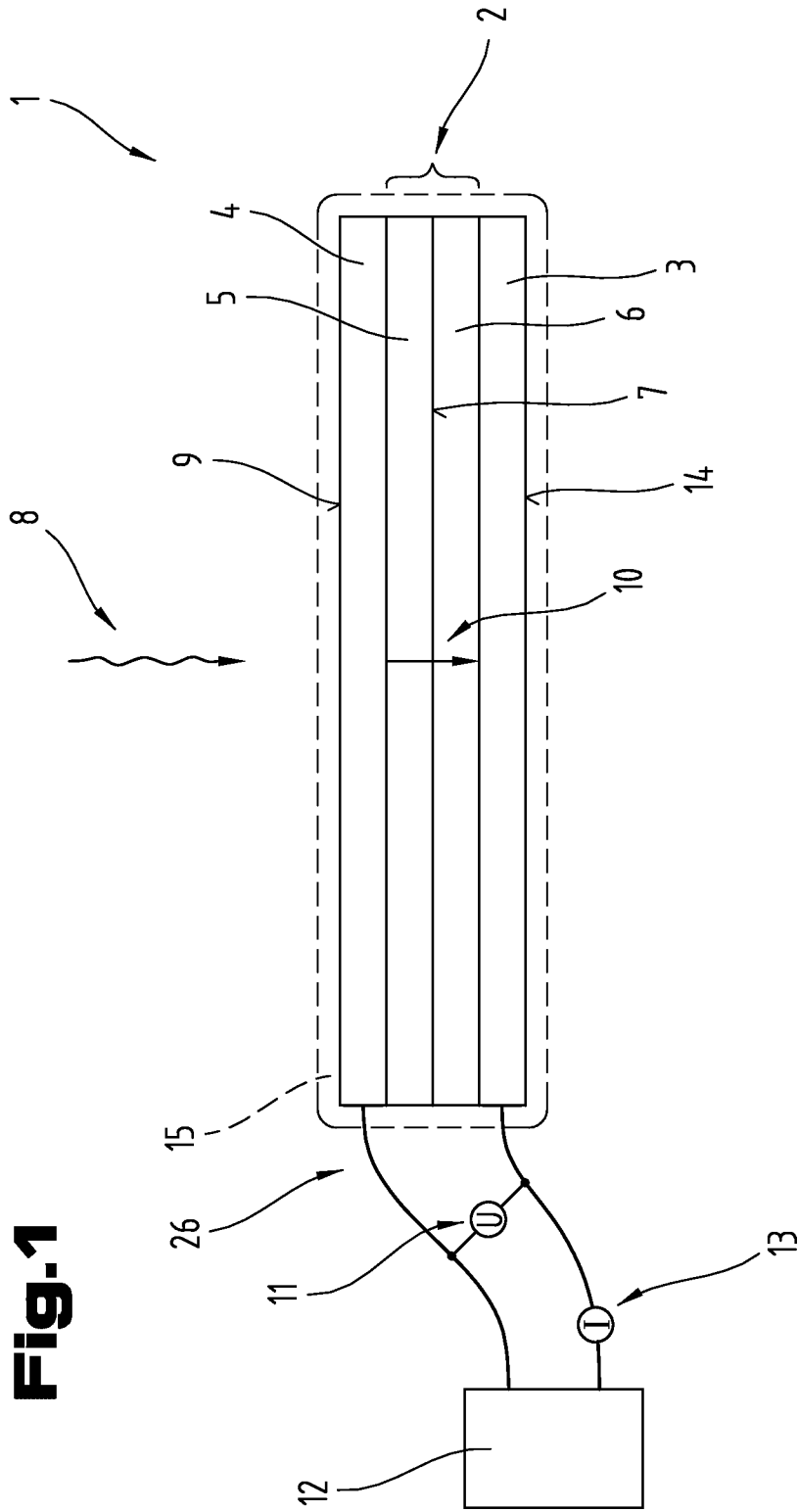


Fig. 1

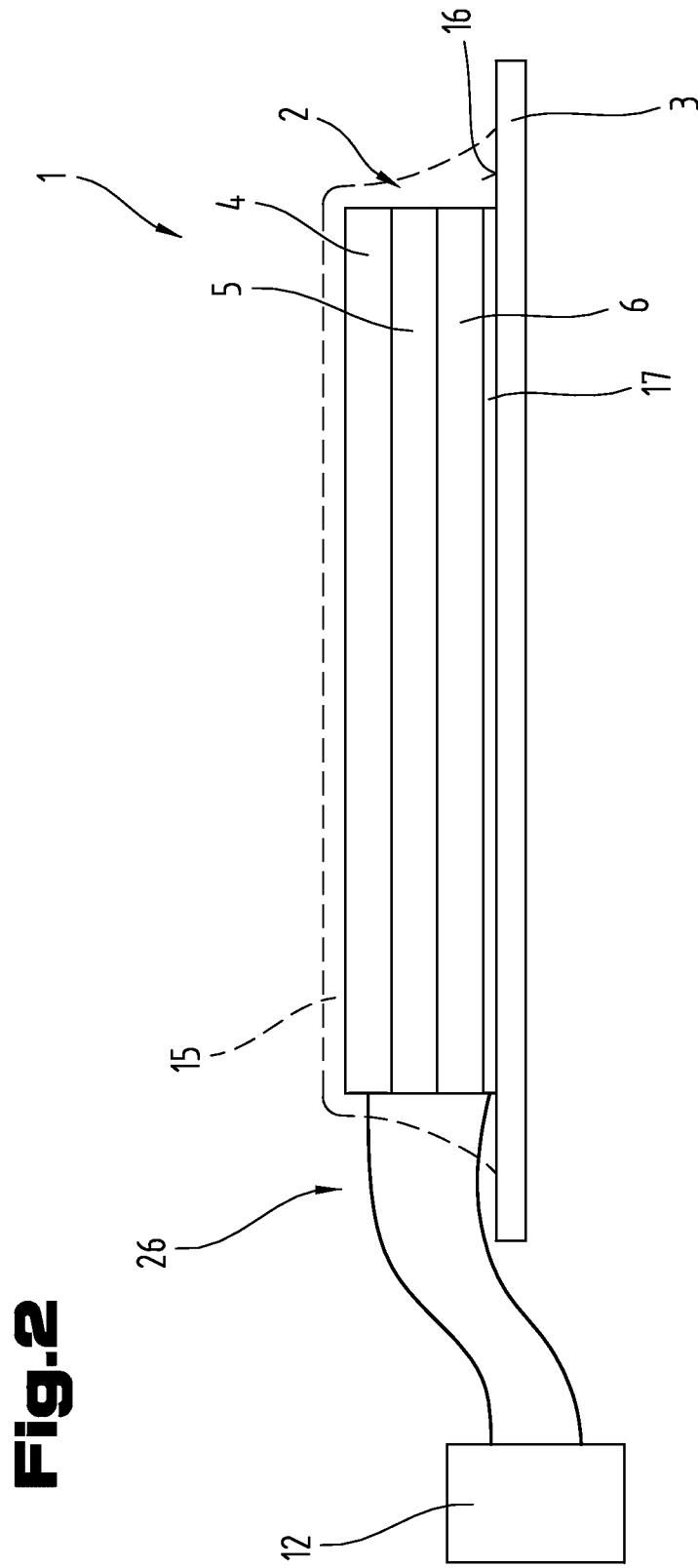


Fig. 2

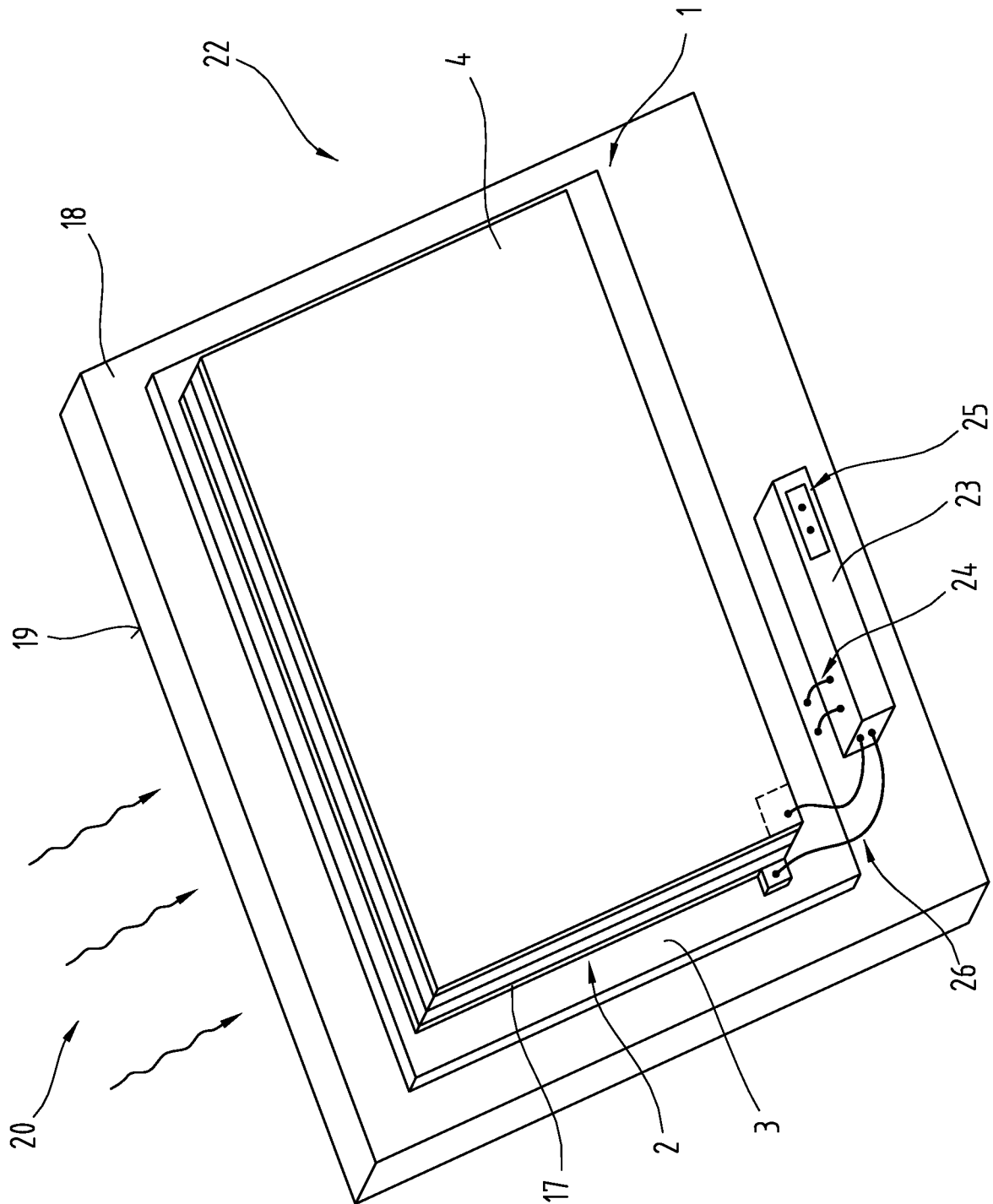


Fig. 3

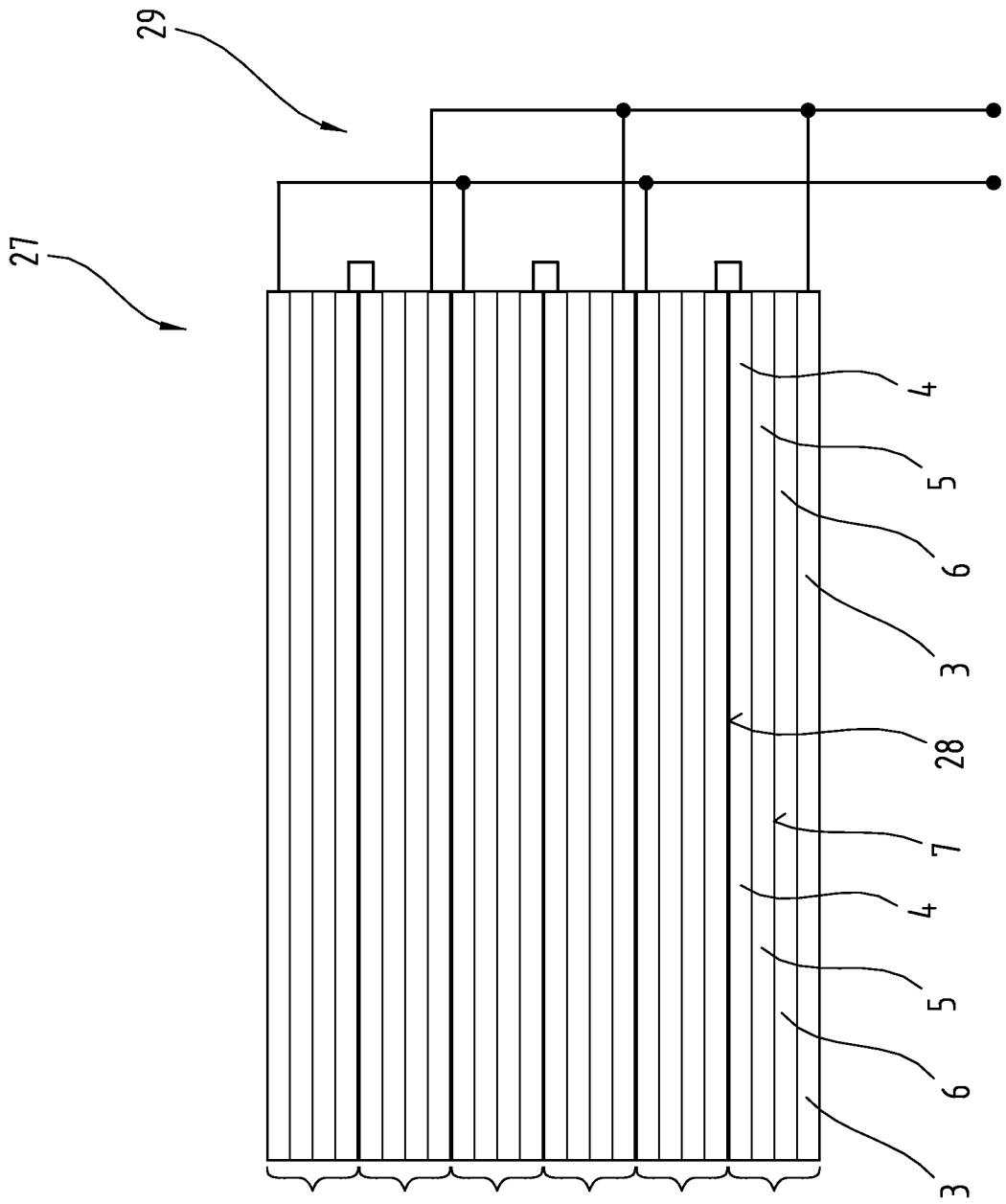


Fig.4