

(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)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/092394 A2

(51) **Internationale Patentklassifikation:**
H01L 35/30 (2006.01)

(21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/075443

(22) **Internationales Anmeldedatum:**
13. Dezember 2012 (13.12.2012)

(25) **Einreichungssprache:** Deutsch

(26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch

(30) **Angaben zur Priorität:**
10 201 1 056 877.8
22. Dezember 2011 (22.12.2011) DE

(71) **Anmelder:** WIND PLUS SONNE GMBH [DE/DE];
Dakelsberg 16, 48599 Gronau (DE).

(72) **Erfinder:** HOUWMAN, Evert; Krommenhoek 8, NL-
5439 NE Linden (NL). LÜTHE, Gregor; Dakelsberg 16,
48599 Gronau (DE). STAHL, Tobias; Stroevenkamp 7,
49824 Emlichheim (DE).

(74) **Anwalt:** MÜNCH, Volker; Waldstr. 14, 55452 Dorsheim
(DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

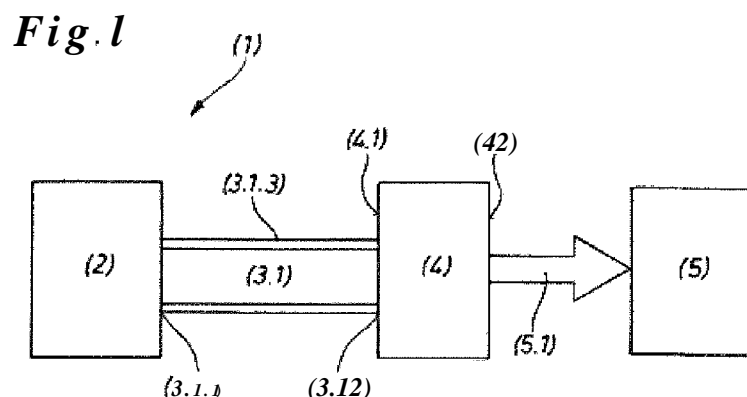
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,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

Veröffentlicht:

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

(54) **Title:** DEVICE FOR DIRECTLY GENERATING ELECTRICAL ENERGY FROM THERMAL ENERGY

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR DIREKTEN ERZEUGUNG VON ELEKTRISCHER ENERGIE
AUS THERMISCHER ENERGIE



(57) **Abstract:** The invention relates to a device (1) as per figure 1 for directly generating electrical energy from thermal energy, comprising at least one source of thermal energy (2), at least one heat pipe (3.1), at least one thermoelectric element (4), and at least one heat-dissipating device (5), wherein the heat pipe (3.1) is in thermally conductive contact with the source of thermal energy (2) at one end (3.1.1) of the heat pipe and is in electrically insulating, thermally conductive contact with the hot side (4.1) of the thermoelectric element (4) at the other end (3.1.2) of the heat pipe, and wherein the cold side (4.2) of the thermoelectric element (4) opposite the hot side (4.1) is in electrically insulating, thermally conductive contact (5.1) with the heat-dissipating device (5). The invention further relates to a method for directly generating electrical energy from thermal energy.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/092394 A2

Vorrichtung (1) gemäß Figur 1 zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie, umfassend mindestens eine Quelle thermischer Energie (2), mindestens ein Wärmerohr (3.1), mindestens ein thermoelektrisches Element (4) und mindestens eine wärmeableitende Vorrichtung (5) umfasst, wobei das Wärmerohr (3.1) mit seinem einen Ende (3.1.1) in wärmeleitendem Kontakt mit der Quelle thermischer Energie (2) und mit seinem anderen Ende (3.1.2) in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt mit der heißen Seite (4.1) des thermoelektrischen Elements (4) steht und wobei die der heißen Seite (4.1) gegenüberliegende kalte Seite (4.2) des thermoelektrischen Elements (4) in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt (5.1) mit der wärmeableitenden Vorrichtung (5) steht; sowie Verfahren zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie.

Vorrichtung und Verfahren zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie

Die vorliegende Erfindung betrifft eine neue Vorrichtung und ein neues Verfahren zur
5 direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie.

Stand der Technik

Verfahren und Vorrichtungen zur direkten Erzeugung elektrischer Energie aus
10 thermischer Energie unter Nutzung eines Temperaturgradienten (Seebeck-Effekt) sowie
geeignete Materialien für die Herstellung solcher Vorrichtungen sind z.B. aus dem
amerikanischen Patent US 5,610,366, der amerikanischen Patentanmeldung US
2010/0229991 ¶ A 1, der internationalen Patentanmeldung WO 97/44993, der deutschen
Patentanmeldung DE 101 12 383 A 1 oder der Firmenschrift von Hi-Z Technology Inc.,
15 "Use, Application and Testing of Hi-Z Thermoelectric Modules", Autoren: F. A. Levitt, N. B.
Eisner und J. C. Bass, bekannt.

Diese Vorrichtungen weisen bekanntermaßen so genannte Peltier-Elemente oder
thermoelektrische Elemente (TEE) auf. Grundsätzlich enthält ein TEE zwei Beine (legs)
20 aus verschiedenen thermoelektrischen Materialien mit unterschiedlichen Seebeck-
Koeffizienten, die an einer Kontaktstelle oder in einem Kontaktbereich elektrisch leitend
miteinander verbunden sind. Eine im Vergleich zur Temperatur der anderen Enden der
Beine erhöhte Temperatur im Kontaktbereich bewirkt aufgrund des thermoelektrischen
Effekts eine elektrische Spannung (Thermospannung) zwischen den beiden
25 thermoelektrischen Materialien. Bei geschlossenem Stromkreis fließt dann ein elektrischer
Strom. Ein TEE kann aus mehreren solcher Peltier-Elemente aufgebaut sein, die in Serie
und/oder parallel geschaltet sein können, um eine höhere Thermospannung oder
einen höheren Strom zu erzielen. In den meisten Fällen wird eine Kombination von beiden
Verschaltungen verwendet. Bei der Serienschaltung befindet sich an beiden Seiten der
30 Beine ein Kontaktbereich, der von den anderen Beinen elektrisch isoliert sein muss.

Die bekannten Vorrichtungen zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie umfassen
daher im Allgemeinen mindestens ein TEE, das in seinem Kontaktbereich in thermischem
Kontakt mit einer Quelle thermischer Energie und mit der gegenüberliegenden Seite in
35 thermischem Kontakt mit einer wärmeabsorbierenden Vorrichtung steht, die die
zufließende thermische Energie abtransportiert oder anderweitig nutzt.

Diese Konfiguration "Quelle thermischer Energie/TEE/wärmeabsorbierende Vorrichtung" gestattet wegen der hohen Anzahl von Wärmequellen einerseits und wärmeabsorbierenden Vorrichtungen andererseits eine Vielzahl von
5 Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere als autarke, von einem elektrischen Verteiler unabhängige Quellen elektrischer Energie.

Dabei kommen als Quelle thermischer Energie so unterschiedliche Vorrichtungen wie

10 - durch die Sofarthermie erhitze photovoltaische Zellen oder Solarzellen; im Allgemeinen weisen die betreffenden Vorrichtungen die Konfiguration

"Solarzelle/elektrisch isolierende, wärmeleitende Schicht/TEE/elektrisch isolierende, wärmeleitende Schicht/wärmeabsorbierende Vorrichtung"

15

auf (vgl. die amerikanischen Patentanmeldungen US 201 1/0048488 A1 und US 201 1/0048489 A1 oder die amerikanischen Patentschriften US 7,875,795 B2, US 4,106,952 und US 3,956,017),

20 - die Abwärme von Motorblöcken, Auspuffanlagen, Rauchrohren, Abgaskaminen, Öfen oder Behältern mit Materialien, die bei Phasenumwandlungen thermische Energie liefern (vgl. die deutsche Patentanmeldung DE 199 46 806 A1, die internationalen Patentanmeldungen WO 99/36735 und WO 01/80325 A1, die amerikanische Patentanmeldung US 2006/0266404 A1 oder die amerikanischen
25 Patente US 6,232,545 B1, US 6,624,349 B1, US6,527,548 B1 und US 6,053,163) oder

- Sonnenkollektoren, insbesondere Flachkollektoren (vgl. die amerikanische Patentanmeldung US20 10/0300504 A1, die europäische Patentanmeldung EP 2
30 239 187 A1 oder die deutschen Patentanmeldung DE 10 208 009 979 A1, DE 36 19 127 A1 und DE 37 04 559 A1)

in Betracht.

35 Ebenso vielfältig sind die wärmeabsorbierenden Vorrichtungen. Sie reichen von Flusswasser, Meerwasser oder anderen Flüssigkeiten, Luft oder anderen Gasen,

Salzschmelzen, Kühlrippen oder Wärmetauschern bis hin zu Rohrkühlkörpern (vgl. die vorstehend zitierten Patentschriften).

Diese bekannten Vorrichtungen zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie weisen den Nachteil auf, dass die Leitung der thermischen Energie von ihrer Quelle zu der "heißen" Seite des TEEs und ihre Ableitung von der "kalten" Seite des TEEs zur wärmeabsorbierenden Vorrichtung (Wärmesenke) vergleichsweise ineffektiv sein kann, was den Wirkungsgrad der bekannten Vorrichtungen verringert.

Die obere Grenze des Wirkungsgrades eines thermoelektrisches Element, dass Strom erzeugt ist nämlich durch die Gleichung I gegeben in der Gleichung I bedeuten die Variablen T_m , T_c und T_H die mittlere Temperatur des TEEs, die Temperaturen der heißen Seite und die Temperatur an der kalten Seite.

Gleichung I

$$\eta = \frac{\text{erzeugter elektrischer Energy}}{\text{Waerme Energie absorbiert an der heissen Seite}} = \eta_c \frac{\sqrt{1 + ZT_m} - 1}{\sqrt{1 + ZT_m} + T_c / T_H}$$

Der Carnot- Wirkungsgrad η_c ist durch die Gleichung II gegeben:

Gleichung II

$$\eta_c = \frac{T_H - T_c}{T_H}$$

Der Wirkungsgrad wird ausserdem stark beeinträchtigt von dem thermischen Widerstand zwischen der heißen TEE-Elektrode und der Wärmequelle mit der Temperatur T_{HH} , und dem Widerstand zwischen der kalte TEE-Elektrode und der Wärmeableitung bei der Temperatur T_{cc} . Bei gleichem thermischen Widerstaend R_1 wird der gesamte thermische

Widerstand durch die Gleichung Iii angegeben, worin R_{TEE} = thermischer Widerstand des TEEs.

Gleichung III

$$R_{\text{gesamt}} = 2R_1 + R_{\text{TEE}}$$

Dadurch wird der Wärmestrom durch das TEE gemäß den Gleichungen IV und V reduziert von

5

Gleichung IV

$$Q = (T_{\text{HH}} - T_{\text{CC}}) / R_{\text{TEE}}$$

auf

10

Gleichung V

$$Q' = (T_{\text{HH}} - T_{\text{CC}}) / (2R_1 + R_{\text{TEE}}).$$

Dadurch reduziert sich der Temperaturabfall über das TEE gemäß den Gleichungen VI und

15 VII von

Gleichung VI

$$\Delta T = T_{\text{HH}} - T_{\text{CC}}$$

20 auf

Gleichung VII

$$\Delta T' = (T_{\text{HH}} - T_{\text{CC}}) R_{\text{TEE}} / (R_{\text{TEE}} + 2R_1).$$

25 Der wichtigste Einflussfaktor auf den Wirkungsgrad des TEE ist gemäß Gleichung VII] der Carnot-Wirkungsgrad. Dieser ändert sich deshalb von Gleichung II auf

Gleichung VIII

$$\eta_c = (T_{\text{HH}} - T_{\text{CC}}) / T_{\text{HH}} \text{ auf } \eta_c' = [1 / (1 + 2R_1 / R_{\text{TEE}})] [(T_{\text{HH}} - T_{\text{CC}}) / T_{\text{HH}}].$$

30

So ist für $2R_1 = 0,5 R_{\text{TEE}}$ η_c um 31% reduziert und für $2R_1 = R_{\text{TEE}}$ sogar um 47%.

Der thermische Widerstand R_1 setzt sich gemäß Gleichung IX aus dem Kontakt- oder Übergangswiderstand R_{h1} zwischen dem TEE und dem thermischen Leiter an einem

35 Ende, dem Kontakt- oder Übergangswiderstand R_{h2} zwischen dem Wärmeleiter und der

Wärmequelle am anderen Ende und dem Wärmewiderstand R_L des Wärmeleiters selbst zusammen.

Gleichung IX

$$5 \quad R_L, R_1 = R_{h1} + R_{h2} + R_L.$$

Die einfachsten thermischen Leiter sind metallische Leiter mit großem Querschnitt A_L , damit der Leitungswiderstand gemäß Gleichung X klein bleibt. In der Gleichung XI steht k_L für die Wärmeleitfähigkeit des metallischen Leiters und L für dessen Länge.

10

Gleichung X

$$R_L = k_L / A_L.$$

15 Übliche, kostengünstige Materialien mit hohen k_L -Werten sind Cu oder Al. Damit der Leitungswiderstand R_L klein genug bleibt, sollte der Querschnitt A_L gross sein.

Der thermische Kontaktwiderstand zwischen Festkörpern wird gemäß Gleichung XI vom engen Kontakt zwischen den Materialen der beiden Seiten des Kontakts bestimmt, wobei alle Einflüsse in dem thermischen Kontaktkoeffizienten h_c zusammengefasst werden, und
20 der Fläche A des Kontakts.

Gleichung XI

$$R_h = 1 / h_c A.$$

25 Der thermische Kontakt wird generell verbessert, d.h. h_c wird größer, mit der Anzahl der Berührungspunkte zwischen den zwei Kontaktflächen. Dazu kann mit hohem Druck durch Zusammenpressen der Kontaktflächen der thermische Kontakt erhöht werden. Auch eine verringerte Oberflächenrauigkeit, die Reinigung der Kontaktflächen und eine Oberfläche hoher Güte und Planarität führen zu einer gewissen Verbesserung. Häufig wird eine
30 thermisch gut leitende Paste auf der Basis von Polymeren, die metallhaltige Partikel enthalten, verwendet, um auch die verbleibenden "Wärmeleitlöcher" im Kontakt aufzufüllen.

Der thermische Kontaktwiderstand R_h zwischen Festkörpern und Flüssigkeiten oder
35 Gasen wird von der Ausführung des Kühlkörpers, den Eigenschaften der Gase und

Flüssigkeiten sowie den Strömungseigenschaften (forcierte Strömung, Konvektionsströmung oder turbulente oder laminare Strömung) bestimmt.

Die Nachteile der Anwendung von Druck sind zahlreich.

5

So ist ein aufwändiger mechanischer Aufbau notwendig, um dauerhaft ausreichenden Druck zu erzielen. Im Fall des TEEs besteht dann die gesamte Anordnung aus vergleichsweise schweren metallischen thermischen Kontakten und dem TEE selbst, das überwiegend aus keramischen Teilen aufgebaut ist. Beim Erhitzen der heißen Seite des
10 TEEs ändern sich, bedingt durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der metallischen und keramischen Materialien, die mechanische Spannungen. Dies kann zum Bruch des TEEs führen; auf jeden Fall führen die mechanischen Spannungen zur Materialermüdung. Ausserdem ändert sich der thermische Kontakt während der Erwärmung, weil sich der Druck ändert. Die Anwendung
15 einer thermisch leitenden Paste kann dieses Problem nur teilweise beheben.

Der Kontaktwiderstand R_h wird auch erniedrigt, indem man das TEE und den Wärmeleiter direkt mittels einer Löt- oder Schweissverbindung miteinander verbindet. Durch die direkte metallische Verbindung ist der h_c Wert sehr groß und damit ist R_h klein. R_h kann
20 nicht durch Vergrößerung der Kontaktfläche verringert werden, weil diese durch die Dimensionen des TEEs begrenzt wird. Während des Schweißens oder Lötens entstehen hohe Temperaturen, die zu Spannungen innerhalb des Materials bei niedriger Betriebstemperatur führen. Ebenso können sich die verschweißten oder gelöteten Teile nicht mehr durch relative Bewegungen gegeneinander entspannen. Ausserdem kann
25 man das System nicht mehr ohne weiteres zerlegen, z.B. für eine Reparatur oder ein späteres Recycling.

In der amerikanischen Patentanmeldung US 2010/0300504 A1 wird ein Flachkollektor vorgeschlagen, der eine der Sonne zugewandten vorderen Teil mit einem
30 Sonnenkollektor, d.h. einem Absorber von Solarenergie, einen mittleren Teil mit TEE und einen rückwärtigen Teil mit Kühlelementen aufweist. Der Sonnenkollektor kann aus so unterschiedlichen Materialien wie Metall, Zement, Beton, Ziegeln, Porzellan, Keramik oder Kunststoff bestehen. Außerdem kann der Sonnenkollektor noch mit einem transparenten Material bedeckt sein, um den Treibhauseffekt zu nutzen. Um die Leitung der thermischen
35 Energie zu und von den einzelnen Teilen zu verbessern, werden sie unter Druck durch Befestigungselemente zusammengefügt.

Bekanntermaßen treten aber bei solchen Sonnenkollektoren Temperaturunterschiede zwischen der Vorderseite und der rückwärtigen Seite von bis zu 400°C auf. Da bei den aus US 2010/0300504 A1 bekannten Sonnenkollektoren aber Materialien unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten sozusagen unter Zwang 5 zusammengefügt werden sollen, besteht in hohem Maße die Gefahr, dass die durch die hohen Temperaturdifferenzen und die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hervorgerufenen mechanischen Spannungen früher oder später zu einer Schädigung der Sonnenkollektoren führen können, was ein wesentlicher 10 Nachteil ist.

Um die Nachteile, die mit der Anwendung von Druck verbunden sind, zu beheben, wird in dem amerikanischen Patent US 6,32,545 B1 eine schindeiförmige elektrische Netzwerkanordnung vorgeschlagen, die ein terrassenförmiges Substrat, einen 15 isolierenden Film, eine Metallschicht aus Kupfer und thermophotovoltaische Zellen umfasst, die mit der Kupferschicht verbunden sind. Um durch unterschiedliche thermischer Ausdehnungskoeffizienten hervorgerufene mechanischen Spannungen zu vermeiden, werden für die einzelnen Komponenten der Netzwerkanordnung Materialien mit ähnlichen Ausdehnungskoeffizienten verwendet. So werden beispielsweise im Falle 20 von GaSb-Zellen Cu/Invar/Cu-Lamine oder AlSiC als Substratmaterial verwendet. Nachteilig ist hierbei die eingeschränkte Auswahl der Materialien.

Ein Wärmerohr (heatpipe) ist ein gasdicht verschlossenes Bauteil, mit dem thermische Energie oder Wärme sehr effizient von einem Ort zu einem anderen transportiert werden 25 kann. Es kann eine 100 bis 1000 mal höhere Wärmeenergie transportieren als ein Bauteil gleicher geometrischer Abmessungen aus massivem Kupfer. Das Wärmerohr nutzt den physikalischen Effekt, dass beim Verdampfen und Kondensieren einer Flüssigkeit sehr hohe Energiemengen umgesetzt werden. Das Wärmerohr ist innen hohl und mit einer kleinen Menge Flüssigkeit, der "arbeitenden" Flüssigkeit, gefüllt. Diese steht unter ihrem 30 Dampfdruck, der bei niedrigen Temperaturen deutlich unter dem atmosphärischen Druck liegen kann. Die Innenwand des Wärmerohres kann mit einer Kapillarstruktur - vergleichbar mit einem Docht - bedeckt sein. Diese Kapillarstruktur ist mit einem flüssigen Wärmetransportmittel, der "arbeitenden" Flüssigkeit, gesättigt.

35 Wird an einer Stelle des Wärmerohres Energie zugeführt, verdampft dort die "arbeitende" Flüssigkeit aus der Kapillarstruktur. Der Dampf strömt in Richtung des Temperaturgefälles

und kondensiert überall dort unter Abgabe der Verdampfungswärme, wo Energie abgeführt wird. Das Kondensat, das verflüssigte Wärmetransportmittel, wird von der Kapillarstruktur aufgesaugt, fließt zurück, um erneut zu verdampfen. Es schließt sich ein Kreislauf, der sehnst! zirkulierend sehr effektiv thermische Energie transportiert.

5

Die Temperaturdifferenz zwischen der Verdampfungs- und Kondensationszone im Wärmerohr ist sehr gering, so dass die Wärmeleitung isotherm erfolgen kann.

Je nachdem, in welchem Temperaturbereich gearbeitet wird, werden unterschiedliche
10 "arbeitende" Flüssigkeiten verwendet, wie zum Beispiel Wasser im Temperaturbereich von etwa 170 bis 600°K, Ammoniak im Temperaturbereich von etwa 150 bis 170°K, Quecksilber im Temperaturbereich von 400 bis 800°K oder Lithium oder Silber in einem Temperaturbereich oberhalb 1000°K.

15 Wärmerohre können beispielsweise in Peltierelement/Heat pipe-Kühlsystemen verwendet werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung

20 Der vorliegenden Erfindung lag die Aufgabe zu Grunde, eine neue Vorrichtung und neues Verfahren zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie vorzuschlagen, die die Nachteile des Standes der Technik nicht mehr länger aufweisen, sondern die einen besonders effizienten Transport der thermischen Energie von der Energiequelle zu einem thermoelektrischen Element (TEE) sowie die effiziente Ableitung
25 der zugeführten thermischen Energie von dem TEE zu einer wärmeabsorbierenden Vorrichtung gestatten. Dabei soll die Auswahl der zum Aufbau der neuen Vorrichtung verwendeten Materialien im Hinblick auf ihre thermischen Ausdehnungskoeffizienten weniger oder keinen Einschränkungen unterliegen. Dennoch sollen in der neuen Vorrichtung und bei dem neuen Verfahren keine oder nur vernachlässigbar geringe, durch
30 unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten hervorgerufene thermische Spannungen auftreten. insgesamt sollen die neue Vorrichtung und das neue Verfahren einen höheren Wirkungsgrad als die Vorrichtungen und Verfahren des Standes der Technik aufweisen,

35 **Die erfindungsgemäße Lösung**

Demgemäß wurde die neue Vorrichtung (1) zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie gefunden, die

- 5 - mindestens eine Quelle thermischer Energie (2),
- mindestens ein Wärmerohr (3.1),
- mindestens ein thermoelektrisches Element (4) und
- 10 - mindestens eine wärmeableitende Vorrichtung (5) umfasst, wobei
- das Wärmerohr (3.1) mit seinem einen Ende (3.1.1) in wärmeleitendem Kontakt mit der Quelle thermischer Energie (2) und mit seinem anderen Ende (3.1.2) in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt mit der heißen Seite (4.1) des thermoelektrischen Elements (4) steht und wobei
- 15 - die der heißen Seite (4.1) gegenüberliegende kalte Seite (4.2) des thermoelektrischen Elements (4) in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt (5.1) mit der wärmeableitenden Vorrichtung (5) steht.

20

Im Folgenden wird die neue Vorrichtung zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie als »erfindungsgemäße Vorrichtung« bezeichnet.

Außerdem wurde das neue Verfahren zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie
25 aus thermischer Energie gefunden, bei dem die von mindestens einer Quelle der thermischen Energie (2) gelieferte thermische Energie mithilfe mindestens eines Wärmerohrs (3.1) zu der heißen Seite (4.1) mindestens eines thermoelektrischen Elements (4) transportiert wird, durch die zugeführte thermische Energie in dem mindestens einen thermoelektrischen Element (4) eine elektrische Spannung erzeugt wird
30 und die restliche zugeführte thermische Energie von der der heißen Seite (4.1) gegenüberliegenden kalten Seite (4.2) des mindestens einen thermoelektrischen Elements (4) über einen elektrisch isolierenden, thermisch leitenden Kontakt (5.1) einer wärmeableitenden Vorrichtung (5) zugeführt wird.

35 im Folgenden wird das neue Verfahren zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie als "erfindungsgemäßes Verfahren" bezeichnet.

Vorteile der Erfindung

Im Hinblick auf den Stand der Technik war es überraschend und für den Fachmann nicht
5 vorhersehbar, dass die Aufgabe, die der vorliegenden Erfindung zu Grunde lag, mithilfe
der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens gelöst
werden konnte.

Insbesondere war es überraschend, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung und das
10 erfindungsgemäße Verfahren die Nachteile des Standes der Technik nicht mehr länger
aufwiesen, sondern einen besonders effizienten Transport der thermischen Energie von
der Energiequelle zu einem thermoelektrischen Element (TEE), sowie die effiziente
Ableitung der restlichen zugeführten thermischen Energie von dem TEE zu einer
wärmeabsorbierenden Vorrichtung gestatteten. Dabei war die Auswahl der zum Aufbau
15 der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendeten Materialien im Hinblick auf ihre
thermischen Ausdehnungskoeffizienten weniger oder keinen Einschränkungen
unterworfen. Dennoch traten in der erfindungsgemäßen Vorrichtung und bei dem
erfindungsgemäßen Verfahren keine oder nur vernachlässigbar geringe, durch
unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten hervorgerufene thermische
20 Spannungen auf.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung entfielen auch die Probleme der thermischen
Kontaktterung zwischen der Quelle der thermischen Energie und der heißen Oberfläche
des TEEs sowie zwischen der kalten Oberfläche des TEEs und der wärmeabsorbierenden
25 Vorrichtung. So war bei Vorrichtungen des Standes der Technik ein effektiver thermischer
Kontakt nur durch mechanischen Druck gewährleistet. Dadurch bestand aber die Gefahr,
dass die bekannten Vorrichtungen bereits beim Zusammenbau oder im Laufe ihrer
Verwendung mechanisch geschädigt wurden. Außerdem mussten an die Güte und
Pianarität der betreffenden Kontaktflächen hohe Anforderungen gestellt werden, weil
30 ansonsten insbesondere der Temperaturabfall zwischen der Quelle der thermischen
Energie und der heißen Seite des TEEs zu hoch wurde und dadurch der Wirkungsgrad
der Stromerzeugung erniedrigt wurde.

Insgesamt wiesen die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße
35 Verfahren einen höheren Wirkungsgrad als die Vorrichtungen und Verfahren des Standes
der Technik auf.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wies darüber hinaus den wesentlichen Vorteil auf, dass ihre Bauteile in den unterschiedlichsten räumlichen Anordnungen miteinander kombiniert werden konnten. Dadurch konnte die erfindungsgemäße Vorrichtung den unterschiedlichsten räumlichen und/oder thermischen Gegebenheiten in besonders flexibler Weise angepasst werden. Insbesondere konnte das TEE als elektrisches Bauteil getrennt von wärmeableitenden Vorrichtungen, die Wasser oder brennbaren Flüssigkeiten enthalten, angeordnet werden, was die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren besonders sicher machte.

10

Darüber hinaus gestatteten es die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren, die thermische Energie auf wenige TEE zu konzentrieren, so dass gewährleistet war, dass die Temperatur der heißen Seite der TEE stets im oder nahe dem optimalen Bereich lag und damit der Wirkungsgrad der Stromerzeugung hoch blieb. Somit kann die thermische Energie, die auf einer großen Fläche erzeugt wird, auf ein oder einige wenige TEE konzentriert und danach wieder auf eine großen Fläche verteilt werden.

20

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient der direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie mithilfe des Seebeck-Effekts in thermoelektrischen Elementen (TEE).

Bei der thermischen Energie kann es sich um Wärme aus unterschiedlichen Quellen handeln, worin sie gezielt erzeugt wird oder als Abfallwärme anfällt, die nicht genutzt wird oder nicht genutzt werden kann.

Somit kommen als Quellen thermischer Energie so unterschiedliche Vorrichtungen wie Flachkollektoren, Vakuumröhrenkollektoren, photovoltaische Zellen, Solarzellen, Heizkörper, Bestandteile von Öfen wie Feuerräume, Stahlelemente, Natursteine, Schamottsteine, Ofendächer, Hypokaustenzüge, Ofenkacheln oder Rauchabzüge, Fußbodenheizungen, Stromwandler, die Unterseite von Automobilen, Motorblöcke, Auspuffanlagen, Rauchrohre, Abgaskamine, Behälter mit Materialien, die bei Phasenumwandlungen thermische Energie liefern, elektrische Widerstände, Warmwassertaschen, Biogasanlagen, menschliche und tierische Körper oder

Sonnenkonzentratoren, wie sie beispielsweise in der Konzentrationphotovoltaik eingesetzt werden (vgl. die Zeitschrift photovoltaik, 11, 2011, Seiten 58 bis 67) in Betracht.

- 5 Vorzugsweise umfassen die Flachkollektoren für die Soiarthermie eine transparente Abdeckung, insbesondere aus Glas, einen Absorber für die Solarenergie, insbesondere aus Kupfer, und wärmeableitende Vorrichtungen, insbesondere Rohrkühler. Das Ende des Wärmerohrs steht in wärmeleitendem Kontakt mit der Rückseite des Absorbers.
- 10 Vorzugsweise umfassen die Vakuumröhrenkollektoren eine transparente isolierende Vakuumröhre als äußere Umhüllung, eine schwarze Absorberschicht auf der Innenseite der Vakuumröhre, ein Wärmerohr, insbesondere aus Kupfer, das durch wärmeleitfähige Zentrierungsvorrichtungen sowie durch eine Verschlusskappe fixiert wird, einen über die Verschlusskappe hinaus ragenden Teil des Wärmerohrs, an dessen Ende die arbeitende
- 15 Flüssigkeit kondensiert und die thermische Energie auf wärmeableitende Vorrichtungen überträgt. Es sind aber auch Kondensatorsysteme bekannt, die mit einer hindurch strömenden Flüssigkeit, die erwärmt wird, arbeiten.

Der prinzipielle Aufbau von photovoltaischen Zellen oder Solarzellen zur Umwandlung von

20 Licht in Strom ist allgemein bekannt und braucht hier nicht näher erläutert zu werden. Inzwischen stehen sie in den unterschiedlichsten Konfigurationen zur Verfügung. Bekanntermaßen können sie auf der Basis von anorganischen und organischen halbleitenden Materialien hergestellt werden.

25 Bei der Bestrahlung mit Sonnenlicht erhitzen sich die Solarzellen, weswegen sie auch als Quelle thermischer Energie genutzt werden können. Dies rührt daher, dass die Umwandlung der Strahlungsenergie in elektrischen Strom, d.h. Energieumsatz, nicht 100% effizient ist und die Restenergie in thermische Energie umgesetzt wird.

30 Die Quellen thermischer Energie stehen über mindestens ein Wärmerohr in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt mit der heißen Seite mindestens eines thermoelektrischen Elements.

Das Funktionsprinzip ist bereits eingangs beschrieben worden.

Wesentlich ist, dass je nachdem, in welchem Temperaturbereich (niedrig, mittel, hoch) gearbeitet wird, unterschiedliche arbeitende Flüssigkeiten verwendet werden können, wie zum Beispiel Wasser oder Salzlösungen im Temperaturbereich von etwa 170 bis 600°K, Ammoniak im Temperaturbereich von etwa 150 bis 170°K, Quecksilber im
5 Temperaturbereich von 400 bis 800°K oder Lithium oder Silber in einem Temperaturbereich oberhalb 1000°K.

Die Wandungen der Wärmerohre können aus den unterschiedlichsten Materialien aufgebaut seien. Zum Aufbau können auch flexible Materialien verwendet werden.
10 Außerdem können die Wärmerohre integraler Bestandteil von flexiblen Kunststofffolien sein.

Beispiele geeigneter Materialien sind Metalle wie Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob, Tantal, Chrom, Molybän, Wolfram, Mangan, Rhenium, Eisen, Rhenium, Osmium,
15 Kobalt, Rhodium, Iridium, Nickel, Palladium, Platin, Kupfer, Silber, Gold, Zink, Kadmium, Aluminium, Gallium, Indium, Silicium, Germanium, Zinn und Blei sowie ihre Legierungen miteinander und/oder mit anderen Metallen und/oder Nichtmetallen, nichtmetallische anorganische Materialien wie Keramiken und Kunststoffe wie hoch temperaturbeständige Kunststoffe.

20

Die Materialien, aus denen die Wärmerohre aufgebaut sind, müssen indes in dem durch die Quelle der thermischen Energie vorgegebenen Temperaturbereich gasdicht, sowohl gegenüber der arbeitenden Flüssigkeit als auch gegenüber der äußeren Atmosphäre chemisch stabil, mechanisch und thermisch stabil sowie verformungsstabil sein.
25 Außerdem sollten die Materialien vorzugsweise, zumindest in den Bereichen, in denen die thermische Energie aufgenommen oder abgegeben wird, eine hohe Wärmeleitfähigkeit haben, damit die thermische Energie der Quelle effektiv aufgenommen und effektiv an die heiße Seite des thermoetekthischen Elements abgegeben werden kann. Die anderen Bereiche der Wärmerohre brauchen nicht wärmeleitend zu sein, sondern können
30 thermisch isolierend sein.

Die Wärmerohre können die unterschiedlichsten Längen aufweisen, die sich insbesondere nach ihrem Verwendungszweck und den Dimensionen der erfindungsgemäßen Vorrichtungen richten. Somit können die Längen im Bereich weniger
35 Mikrometer bis hin zu mehreren Metern und mehr liegen.

Die Wärmerohre können unterschiedliche Querschnitte wie Quadrate, Rechtecke und Dreiecke, die abgerundete Ecken und/oder Seiten aufweisen können, Ellipsen, Ovale oder Kreise aufweisen. Auch die Größe der Querschnitte koennen breit variieren und richtet sich ebenfalls nach dem Verwendungszweck der Wärmerohre und den
5 Dimensionen der erfindungsgemäßen Vorrichtungen. Demgemäß können die Querschnitte im Bereich weniger Mikrometer bis hin zu mehreren Zentimetern liegen.

Außerdem können die Wärmerohre in Längsrichtung unterschiedliche Formen aufweisen. So können sie geradlinig, in der Ebene einfach oder mehrfach gebogen, räumlich
10 mehrfach gebogen, mäanderförmig oder spiralförmig verlaufen.

Die Wärmerohre können nach der Formgebung noch beschichtet werden, um sie vor mechanischer, chemischer und/oder thermische Einwirkung zu schützen. Beispiele geeigneter Beschichtungsstoffe sind thermisch und/oder mit aktinischer Strahlung wie UV-
15 Strahlung oder Elektronenstrahlung härtbare, pigmentierte oder nicht pigmentierte Pulverlacke oder Flüssiglacke auf Wasserbasis oder auf Basis organischer Lösemitte).

Die Kapillarstruktur mit Dochtwirkung auf der Innenseite der Wandungen kann ebenfalls aus den unterschiedlichsten Materialien bestehen. Wesentlich für deren Auswahl sind der
20 durch die Quelle der thermischen Energie vorgegebenen Temperaturbereich und die Stabilität gegenüber der arbeitenden Flüssigkeit. Außerdem darf es durch den Kontakt zwischen der Kapillarstruktur und den Wandungen unter dem Einfluss der arbeitenden Flüssigkeit nicht zur Korrosion kommen. Der Fachmann kann daher die Materialien aufgrund der ihm bekannten Eigenschaftsprofile auswählen.

25 Die Kapiliarstruktur kann aus Nanopartikeln, Fasermaterialien oder nano- oder mikroporösen Materialien mit entsprechend dimensionierten Porengrößen aufgebaut sein. Außerdem kann die Dochtwirkung durch Drahtgeflechte, z.B. Kupferdrahtgeflechte oder elektrisch nicht leitende Drahtgeflechte und Faserbündel, z.B. aus Keramik, Glas oder
30 hoch temperaturbeständigen Kunststoffen, im Inneren der Wärmerohre erzeugt werden. Des Weiteren kann die Dochtwirkung auch durch Oberflächenstrukturen aus Erhebungen und Vertiefungen wie z.B. Rillen, Säulen, Kugeln oder Näpfchen auf den Innenwände der Wärmerohre erzeugt werden.

35 Die Kapiliarstruktur mit Dochtwirkung kann auch nachträglich eingebracht werden. Beispiele geeigneter Methoden sind das Auskristallisieren oder das Ausfällen

mesoporöser Materialien wie Zeolithe Dies ist für die nachstehend beschriebene "offene Ausführungsform" von besonderem Vorteil, weil so in einem Schritt eine direkte Verbindung mit einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden, strukturierten Oberfläche auf dem TEE, auf der die Arbeitsflüssigkeit auskondensiert, bewerkstelligt werden kann.

5

Das Ende des Wärmerohrs, das in wärmeleitendem Kontakt mit der Quelle thermischer Energie steht braucht nicht notwendigerweise elektrisch isoliert hiervon zu sein.

Beispielsweise kann der wärmeleitende Kontakt zwischen dem Ende des Wärmerohrs und der Quelle der thermischen Energie durch Lötkontakte, Schweißkontakte, Flanschkontakte, elektrische und thermisch leitende, Metallpartikel enthaltende Kiebschichten, Schraub-, Steck- und Klemmkontakte, bei denen das Ende des Wärmerohrs in die Quelle oder an die Quelle der thermischen Energie ein- oder angeschraubt, eingesteckt oder ein- oder angeklemt wird, Druckkontakte, bei denen das
10 Ende des Wärmerohrs mittels geeigneter Vorrichtungen an die Quelle der thermischen Energie angeedrückt wird, hergestellt. Der wärmeleitende Kontakt kann außerdem durch
15 gegebenenfalls Metallpartikel enthaltende Wärmeleitpasten weiter verbessert werden.

Im Falle von Quellen thermischer Energie, die elektrischen Strom erzeugen oder nutzen wie photovoltaische Zellen oder Solarzellen, Generatoren, Elektromotoren und
20 Widerstände empfiehlt sich, dass der Kontakt zwischen dem Ende des Wärmerohrs und der Quelle thermischer Energie auch elektrisch isolierend ist. Eine solche Isolierung kann beispielsweise mithilfe von wärmeleitfähigen Keramikschichten, Kunststoffschichten oder Schichten aus Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid oder Siliziumnitrid gewährleistet
25 werden. Diese Schichten können auf die betreffenden zu konvertierenden Oberflächen beispielsweise durch Sputtern, aufgebracht oder als Wafer aufgelegt werden. Im Falle der flächenförmigen photovoltaischen Zellen oder Solarzellen werden diese wärmeleitfähigen Schichten auf der der Sonne abgewandten Seite der Zellen angebracht.

30 Es ist dagegen zwingend, dass der Kontakt des anderen Endes des Wärmerohrs mit der heißen Seite des thermoelektrischen Elements elektrisch isolierend ist. Unter der heißen Seite eines thermoelektrischen Elements, ist diejenige Seite zu verstehen, die die thermische Energie aufnimmt.

35 An beiden Seiten des TEE befindet sich auch der Kontaktbereich, in dem die beiden unterschiedlichen thermoelektrischen Materialien des thermoelektrischen Elements

elektrisch leitend miteinander verbunden sind. Das TEE kann mit mindestens einem weiteren TEE elektrisch leitend verbunden sein. Es können aber auch 100 und mehr solcher TEE parallel und/oder in Serie geschaltet sein.

- 5 Der Kontakt des Wärmerohrs mit der heißen Seite des fhermoelektrischen Elements wird durch eine geeignete Kontaktvorrichtung hergestellt. Die die Auswahl der Materialien für den Aufbau der Kontaktvorrichtung richtet sich insbesondere nach dem durch die Quelle der thermischen Energie vorgegebenen Temperaturbereich.
- 10 Vorzugsweise umfasst die Kontaktvorrichtung wärmeleitende Lötkontakte, Schweißkontakte, Fianschkontakte, Klebschichten, Schraub-, Steck- und Klemmkontakte, bei denen das Ende des Wärmerohrs in oder an auf der heißen Seite befindliche entsprechende Verrichtungen ein- oder angeschraubt, eingesteckt oder ein- oder angeklemt wird. Die Wärmeleitfähigkeit kann durch die Anwendung von
- 15 Wärmeleitpasten, z.B. Wärmeleitpasten auf der Basis von Silikonen, weiter verbessert werden.

Sofern diese Kontaktvorrichtung noch elektrisch leitend sind, umfasst die Kontaktvorrichtung die vorstehend beschriebenen elektrisch isolierenden, wärmeleitenden

20 Schichten. Diese Schichten befinden sich unmittelbar auf der heißen Seite der TEE. Im Allgemeinen brauchen sie nur wenige Atomanlagen stark zu sein. Um das Löten und Schweißen zu ermöglichen, sind die wärmeleitfähigen isolierenden Schichten auf ihrer Außenseite mit einer dünnen Metallschicht bedeckt.

- 25 Eine besonders vorteilhafte Anordnung dieser Art, kann durch Aufbringen einer Metaloxidschicht, die allmählich in eine Metallschicht übergeht, hergestellt werden.

Der elektrisch isolierende, wärmeleitende Kontakt kann auch so ausgestaltet werden, dass die heiße Seite in direktem Kontakt mit dem Inneren des Wärmerohrs steht, so dass

30 die arbeitende Flüssigkeit unmittelbar auf der heißen Seite kondensiert und die thermische Energie direkt übertragen wird. Im folgenden wird dieser Ausführungsform als "offene Ausführungsform" bezeichnet. Bei dieser offenen Ausführungsform bildet das TEE selbst den Abschluss des Wärmerohrs.

- 35 In der offenen Ausführungsform kann die Kondensatton der arbeitenden Flüssigkeit und die Übertragung der thermischen Energie mithilfe einer strukturierten Oberfläche auf der

heißen Seite, die in direktem Kontakt mit dem Inneren des Wärmerohrs steht, weiter verbessert werden. Die strukturierte Oberfläche kann aus nanoporösen oder mikroporösen Materialien, Nanopartikeln, Rillenstrukturen, Pyramiden, Säulen, Näpfchen, Kugeln etc. aufgebaut sein. Sofern die strukturierte Oberfläche noch elektrisch leitend ist, ist sie von der heißen Seite des TEEs durch eine der vorstehend beschriebenen elektrisch isolierenden, wärmeleitfähigen Schichten elektrisch isoliert.

Der Rücklauf der kondensierten arbeitenden Flüssigkeit zum anderen Ende, d.h. dem mit der Quelle der thermischen Energie in Kontakt stehenden Ende, des Wärmerohrs kann durch Gravitation erfolgen. Dazu muss das Wärmerohr mit einer Neigung oder senkrecht angeordnet werden.

Der Rücklauf kann aber auch aufgrund der Dochtwirkung von eingelegten Drahtgeflechten und Faserbündeln, wie sie vorstehend beschrieben werden, erfolgen. Diese Drahtgeflechte und Faserbündel sind so angeordnet, dass sie in direkten Kontakt mit der kondensierten arbeitenden Flüssigkeit stehen. Bei dieser Ausführungsform kann das Wärmerohr beliebig räumlich angeordnet werden.

Bei der offenen Ausführungsform umfasst die Kontaktvorrichtung außerdem eine gasdichte, haftfeste, elektrisch isolierende Verbindung zwischen der Wandung der Wärmerohre und der heißen Seite der TEE. Diese Verbindung muss nicht wärmeleitend sein. Vorzugsweise handelt es sich bei den Verbindungen um Lötkontakte oder Schweißkontakte, die zur heißen Seite hin in der vorstehend beschriebenen Weise elektrisch isoliert sind, oder um elektrisch isolierende, hoch temperaturbeständige Klebschichten.

Diese Verbindungen können je nach Anordnung der Wärmerohre und je nach der äußeren Form der TEE unterschiedliche Formen haben.

Vorzugsweise sind die Verbindungen rechteckig, quadratisch oder mehreckig, beispielsweise sechseckig, wenn die TEE eine rechteckige, quadratische oder mehreckige Oberfläche aufweisen. Vorzugsweise sind die Verbindungen rund oder oval, beispielsweise elliptisch, wenn die TEE eine runde oder ovale Oberfläche haben. Außerdem kann die Verbindung der Planarität der Oberfläche des TEE angepasst sein, wenn diese beispielsweise nach außen oder nach innen gebogen ist und/oder eine regelmäßige oder nicht regelmäßige Rauigkeit aufweist. Dadurch kann gewährleistet

werden, dass nahezu die gesamte Oberfläche der TEE für die Übertragung der thermischen Energie genutzt wird.

Das vorstehend Gesagte gilt sinngemäß auch für die elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Verbindungen bei den Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei denen geschlossene Wärmerohre verwendet werden.

Im Allgemeinen unterscheidet man drei Temperaturbereiche bei dem Betrieb von TEE

- 10 - Niedertemperaturbereich, d.h. Temperaturen bis zu 250°C,
- Mitteltemperaturbereich, d.h. Temperaturen bis zu 600°C und
- Hochtemperaturbereich, d.h. Temperaturen bis zu 1000°C.

Je nachdem in welchem Temperaturbereich gearbeitet wird, werden unterschiedliche Materialien in der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendet. Die Auswahl kann der Fachmann anhand der bekannten chemischen und physikalischen Eigenschaften der Materialien treffen.

Die Beine der TEE, die in elektrisch leitenden Kontakt miteinander gebracht werden, werden anhand ihrer figure-of-merit gemäß Gleichung XII ausgewählt.

Gleichung XII

$$Z = \sigma \alpha^2 / \lambda.$$

25

In der Gleichung XII steht α für den Seebeck-Koeffizienten, σ die elektrische Leitfähigkeit und λ für die thermische Leitfähigkeit des betreffenden Materials.

Vorzugsweise werden p- und n- dotierte Halbleitermaterialien verwendet.

30

Beispiele gut geeigneter Halbleitermaterialien für den Niedertemperaturbereich sind Bismuttellurid-Legierungen (Bi_2Te_3).

Ein Beispiel für ein gut geeignetes Halbleitermaterialien für den Mitteltemperaturbereich ist Bleitellurid (PbTe).

35

Beispiele gut geeigneter Halbleitermaterialien für den Hochtemperaturbereich sind Silicium-Germanium-Legierungen und Zintl-Legierungen.

Weitere Beispiele geeigneter halbleitender Materialien sind aus der amerikanischen
5 Patentanmeldung US 2010/02291 1 A 1, Seite 1, Absätze [0003] bis [0011], oder aus dem amerikanischen Patent US 5,610,366, Spalte 2, Seite 27, bis Spalte 3, Seite 32, bekannt.

In den erfindungsgemäßen Vorrichtungen können übliche und bekannte, kommerziell erhältliche TEE verwendet werden. Der Begriff "thermoelektrisches Element" umfasst
10 dabei ein einzelnes TEE oder eine Anordnung mehrerer in Reihe oder parallel geschalteter TEE in der Form einer so genannten Thermosäule.

Beispiele geeigneter TEE werden im Detail in dem amerikanischen Patent US 5,610,366, der amerikanischen Patentanmeldung US 2010/0229991 1 A 1, der internationalen
15 Patentanmeldung WO 97/44993, der deutschen Patentanmeldung DE 101 12 383 A 1 oder der Firmenschrift von Hi-Z Technology Inc., "Use, Application and Testing of Hi-Z Thermoelectric Modules", Autoren: F. A. Levitt, N. B. Eisner und J. C. Bass, beschrieben.

Beispielsweise werden thermoelektrische Module in "eggcrate"-Konfiguration (Eierkarton-
20 Konfiguration) verwendet, wie sie beispielsweise in der internationalen Patentanmeldung WO 97/44993, Seite 2, letzter Absatz, bis Seite 15, letzter Absatz, in Verbindung mit den Figuren 1A bis 14 und 27 beschrieben werden.

Es kommen indes auch andere Konfigurationen in Betracht, wie beispielsweise
25 rohrförmige TEE mit einer heißen Außenseite und einer kalten Innenseite.

Dabei können in der erfindungsgemäßen Vorrichtung einzelne oder mehrere TEE gleichzeitig thermisch kontaktiert werden.

30 In den erfindungsgemäßen Vorrichtungen steht die der heißen Seite gegenüberliegende kalte Seite der TEE in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt mit einer wärmeableitenden Vorrichtung. Diese dient der Abführung sowie gegebenenfalls der Nutzung der restlichen zugeführten thermischen Energie. Solche wärmeableitenden Vorrichtungen werden häufig auch als "Wärmesenken" bezeichnet.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird dieser Kontakt durch mindestens ein weiteres Wärmerohr bewerkstelligt, im Folgenden wird das weitere Wärmerohr als "zweites Wärmerohr" bezeichnet.

- 5 Das zweite Wärmerohr steht mit seinem einen Ende in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt mit der kalten Seite der TEE und mit seinem anderen Ende in wärmeleitendem Kontakt mit der wärmeableitenden Vorrichtung.

Vorzugsweise werden die vorstehend beschriebenen Wärmerohre und
10 Kontaktvorrichtungen verwendet. Da die Wärmerohre und Kontaktvorrichtungen der kalten Seite der TEE niedrigeren Temperaturen ausgesetzt sind als diejenigen der heißen Seite der TEE, können gegebenenfalls andere Materialien als auf der heißen Seite verwendet werden.

- 15 Die wärmeableitenden Vorrichtungen können von unterschiedlichster Natur und von unterschiedlichem Aufbau sein.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können anorganische und organische Gase wie Luft, Stickstoff, Sauerstoff, Edelgase, gasförmiges Kohlendioxid, gasförmiges Ammoniak,
20 Schwefelhexafluorid, Kohlenwasserstoffe, fluorierte, chlorierte und/oder bromierte Kohlenwasserstoffe oder Amine; anorganische und organische Flüssigkeiten wie Wasser, Salzlösungen, Ammoniak, Salzschmelzen, ionische Flüssigkeiten, flüssiges Ammoniak, flüssige Metalle und Metallegierungen, flüssige Kohlenwasserstoffe oder flüssige fluorierte, chlorierte und/oder bromierte Kohlenwasserstoffe sowie anorganische und
25 organische sublimierbare Festkörper wie Sublimat, festes Kohlendioxid, p-Dichlorbenzoi, Naphthalin oder Campher wärmeableitende Vorrichtungen im Sinne der Erfindung sein. Vorzugsweise wird dabei die restliche zugeführte thermische Energie über Kühlrippen auf die Kühlmitteln übertragen. Demgemäß sind auch Kühlrippen wärmeableitende Vorrichtungen im Sinne der Erfindung.

30

Vorzugsweise handelt es sich aber bei den wärmeableitenden Vorrichtungen um Vorrichtungen, die die Nutzung der restlichen zugeführten thermischen Energie gestatten. Besonders bevorzugt handelt es sich dabei um Wärmetauscher, Rohrkühlkörper, insbesondere Rohrkühlkörper für Solarthermieanlagen, Motoren, Turbinen oder Anlagen
35 zur Durchführung des Rankine-Zyklus, insbesondere des organischen Rankine-Zyklus,

bei dem vergleichsweise niedrigsiedende organische Flüssigkeiten als Arbeitsmittel verwendet werden.

Außerdem kommen Hitze abstrahlende Radiatoren und große Flächenheizungen, die
5 unter Wänden, Decken oder Fußböden im Innen- und Außenbereich von Gebäuden
angebracht werden können, als wärmeabieitende Vorrichtungen in Betracht.
Erfindungsgemäße Vorrichtungen, die in dieser Weise aufgebaut sind, können ihre
Energie verzehrende Wasserkreisläufe und Umwälzpumpen selbst betreiben oder in
ihrem Betrieb unterstützen.

10

Der von den TEE der erfindungsgemäßen Vorrichtungen erzeugte elektrische Strom kann
für die unterschiedlichsten Zwecke verwendet werden. So kann er den Betrieb der
erfindungsgemäßen Vorrichtungen selbst unterstützen, beispielsweise um die
Steuer Elektronik zu betreiben oder zu unterstützen.

15

Desgleichen kann der Strom den Betrieb der wärmeabieitenden Vorrichtungen, die die
restliche zugeführte thermische Energie nutzen, sowie den Betrieb ihrer Peripherie
unterstützen. Als Beispiele seien elektrisch betriebene Pumpen, Kühlaggregate, die die
Queilen thermischer Energie vor Überhitzung schützen, und Motoren genannt. Ebenso
20 kann der Strom zum Aufladen von elektrischen Speichern wie Batterien, Akkumulatoren
und elektrischen Speicherheizungen dienen. Insgesamt ergeben sich durch die Nutzung
der Abfallwärme in dieser Weise signifikante Energieeinsparungen.

Der Strom kann aber auch zum Betrieb externer elektrischer Geräte der
25 unterschiedlichsten Art wie etwa Beleuchtungsanlagen, Kühf- und Gefriergeräte,
Klimaanlagen, Wärmepumpen, Umwälzpumpen, Unterhaltungselektronik,
Kommunikationsgeräte wie Telefone oder Mobiltelefone, Computer, Laptops oder iPads
genutzt werden

30 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie
aus thermische Energie wird die von mindestens einer Quelle der thermischen Energie
gelieferte thermische Energie mithilfe mindestens eines Wärmerohrs zu der heißen Seite
mindestens eines TEEs transportiert, wobei in dem TEE eine elektrische Spannung
erzeugt wird. Die restliche zugeführte thermische Energie wird von der kalten Seite des
35 TEEs über einen elektrisch isolierenden, thermisch leitenden Kontakt einer
wärmeabieitenden Vorrichtung zugeführt wird.

Es ist ein ganz besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass sie auch "umgekehrt" betrieben werden können. So kann die wärmeableitende Vorrichtung, beispielsweise ein Wasser enthaltender
5 Rohrkühler oder ein Wärmespeicher, thermische Energie an das TEE übertragen, d.h., die kalte Seite fungiert nun als heiße Seite. Die ursprünglich heiße Seite des TEEs gibt nunmehr als kalte Seite die thermische Energie an das Wärmerohr oder die Wärmeröhre ab. Mithilfe dieser Betriebsweise können im Winter z.B. Dächer beheizt werden, um sie von Schneelasten zu befreien. Die Wärmeröhre dienen dann als Heizelemente.

10

Vorzugsweise werden für das erfindungsgemäße Verfahren die vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtungen verwendet.

Im Folgenden wird die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 anhand der Figuren 1 bis 16
15 beispielhaft erläutert. Bei den Figuren 1 bis 16 handelt es sich um schematische Darstellungen, die das Prinzip der Erfindung veranschaulichen sollen. Die Größenverhältnisse müssen daher auch nicht den in der Praxis angewandten Größenverhältnissen entsprechen.

20 Die Figur 1 zeigt das Fließschema einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin die Quelle thermischer Energie über ein Wärmerohr mit der heißen Seite eines thermoelektrischen Element verbunden ist und die kalte Seite des TEEs in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt mit einer wärmeableitenden Vorrichtung steht.

25 Die Figur 2 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin das eine Ende des Wärmerohrrohrs über eine erste Ausführungsform einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der heißen Seite eines TEEs in Kontakt steht.

30 Die Figur 3 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin das eine Ende des Wärmerohrrohrs über eine zweite Ausführungsform einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der heißen Seite eines TEEs in Kontakt steht.

35 Die Figur 4 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin das eine Ende des Wärmerohrrohrs über eine dritte Ausführungsform einer elektrisch

isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der heißen Seite eines TEEs in Kontakt steht.

Die Figur 5 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin das
5 eine Ende des Wärmerohrrohrs über eine vierte Ausführungsform einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der heißen Seite zweier thermoelektrischer Elemente in Kontakt steht.

Die Figur 6 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin das
10 eine Ende des Wärmerohrrohrs über eine fünfte Ausführungsform einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der heißen Seite zweier thermoelektrischer Elemente in Kontakt steht.

Die Figur 7 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1, worin die kalte Seite eines TEEs
15 mittels eines zweiten Wärmerohrrohrs mit einer wärmeableitenden Vorrichtung in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt (5.1) steht.

Die Figur 8 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin das
20 eine Ende des zweiten Wärmerohrrohrs über eine erste Ausführungsform einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der kalten Seite eines thermoelektrischen Elementes in Kontakt steht.

Die Figur 9 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin das
25 eine Ende des zweiten Wärmerohrrohrs über eine zweite Ausführungsform einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der kalten Seite eines TEEs in Kontakt steht.

Die Figur 10 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin
30 das eine Ende des zweiten Wärmerohrrohrs über eine dritte Ausführungsform einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der kalten Seite eines TEEs in Kontakt steht.

Die Figur 11 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin
35 das eine Ende des zweiten Wärmerohrrohrs über eine vierte Ausführungsform einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der kalten Seite zweier thermoelektrischer Elemente in Kontakt steht.

Die Figur 12 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin das eine Ende des zweiten Wärmerohrrohrs über eine fünfte Ausführungsform einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung mit der kalten Seite zweier
5 thermoelektrischer Elemente in Kontakt steht.

Die Figur 13 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 in perspektivischer Ansicht.

10 Die Figur 13a zeigt die Schnittebenen, die durch die Figur 13 für die Ansichten der Figuren 13b, 13c und 13d gelegt werden.

Die Figur 13b zeigt den Längsschnitt durch die Seitenansicht des Ausschnitts der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß der Figur 13.

15

Die Figur 13c zeigt den Querschnitt durch den Ausschnitt der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß der Figur 13.

Die Figur 13d zeigt den Längsschnitt durch die Ansicht von oben auf den Ausschnitt der
20 erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß der Figur 13.

Die Figur 14 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zur vertikalen Anordnung.

25 Die Figur 15 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin die Quelle thermischer Energie ein Vakuumröhrenkoilektor ist.

Die Figur 16 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1, worin die Quellen thermischer Energie Ofenkacheln sind,

30

In den Figuren 1 bis 16 haben die Bezugszeichen die folgende Bedeutung.

1 Erfindungsgemäße Vorrichtung

35 2 Quelle thermischer Energie

2.1 Vakuumröhre

- 2.2 Absorberschicht
- 2.3 wärmeleitende Zentrierungsvorrichtungen für das Wärmerohr 3.1
- 2.4 Verschlusskappe

- 5 3.1 Wärmerohr
 - 3.1.1 erstes Ende des Wärmerohrs 3.1
 - 3.1.2 zweites Ende des Wärmerohrs 3.1
 - 3.1.3 Wandung des Wärmerohrs 3.1
 - 3.1.4 Kapillarstruktur mit Dochtwirkung
- 10 3.2 zweites Wärmerohr
 - 3.2.1 erstes Ende des Wärmerohrs 3.2
 - 3.2.2 zweites Ende des Wärmerohrs 3.2
 - 3.2.3 Wandung des Wärmerohrs 3.2
- 15 3.2.4 Kapillarstruktur mit Dochtwirkung

- 4 thermoelektrisches Element
 - 4.1 heiße Seite des thermoelektrischen Elements 4
 - 4.1.1 elektrisch isolierende, wärmeleitende Kontaktvorrichtung
 - 20 4.1.1.1 elektrisch isolierende, wärmeleitende Verteilerschicht
 - 4.1.4.2 Metallschicht
 - 4.1.4.3 Löt- oder Schweißkontakt
 - 4.1.2 strukturierte Oberfläche

- 25 4.2 kalte Seite des thermoelektrischen Elements 4
 - 4.2.1 elektrisch isolierende, wärmeleitende Kontaktvorrichtung
 - 4.2.2 strukturierte Oberfläche

- 5 wärmeableitende Vorrichtung
- 30 5.1 elektrisch isolierender, wärmeleitender Kontakt zwischen der kalten Seite 4.2 des TEEs 4 und der wärmeableitenden Vorrichtung 5

- A-B-A'-B' Ebene des Längsschnitts durch die Seitenansicht des Ausschnitts aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß Figur 13
- 35 C-D-C'-D' Ebene des Querschnitts durch den Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß Figur 13

E-F-E'-F' Ebene des Schnitts durch die Ansicht von oben des Ausschnitts aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß Figur 13

G Gravitation

h.v Solarenergie

5

Die Figur 1 zeigt ein Fließschema, die das Funktionsprinzip der Vorrichtung 1 verdeutlicht.

Eine Quelle thermischer Energie 2 wurde über ein im Längsschnitt dargestelltes Wärmerohr 3.1 mit dem Wandungen 3.1.3 elektrisch isolierend, wärmeleitend mit der heißen Seite 4.1 eines TEEs 4 verbunden. Dazu wurde das Ende 3.1.1 des Wärmerohrs wärmeleitend mit der Quelle der thermischen Energie 2 verbunden. Das andere Ende 3.1.2 des Wärmerohrs 3.1 wurde wärmeleitend und elektrisch isolierend mit der heißen Seite 4.1 verbunden. In dem TEE 4 wurde durch die zugeführte thermische Energie eine elektrische Spannung erzeugt, mit deren Hilfe Strom erzeugt werden konnte. Die restliche zugeführte thermische Energie wurde über die kalte Seite 4.2 des TEE 4 mittels eines elektrisch isolierenden, wärmeleitendem Kontakts 5.1 einer wärmeableitenden Vorrichtung 5 zugeführt.

Bei der Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 2 (gezeigt ist der interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) wurde das Ende 3.1.2 eines Wärmerohrrohrs 3.1 (im Längsschnitt dargestellt), dessen Wandung 3.1.3 aus Kupfer bestand, über eine eine elektrisch isolierende, wärmeleitende Keramik umfassende, dem Ende 3.1.3 angepasste Vorrichtung 4.1.1 wärmeleitend mit der heißen Seite 4.1 des TEE 4 verbunden. Als arbeitende Flüssigkeit wurde im Wärmerohr 3.1 Wasser einer Temperatur von maximal 250°C verwendet. Das Ende 3.1.2 wurde mit der Vorrichtung 4.1.1 mittels einer hoch temperaturbeständigen Klebschicht (nicht eingezeichnet) haftfest verbunden. Die restliche zugeführte thermische Energie wurde über den Kontakt 5.1 der wärmeableitenden Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet) zugeführt.

Bei der Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 3 (gezeigt ist der interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) bestand ein direkter Kontakt zwischen der heißen Seite 4.1 des TEEs 4 und dem Inneren des Wärmerohrs 3.1 mit der Wandung 3.1.3 aus Kupfer. Als arbeitende Flüssigkeit wurde im Wärmerohr 3.1 Wasser einer Temperatur von maximal 250°C verwendet. Das Ende 3.1.2 des Wärmerohrs 3.1 war über eine eine rechteckige, elektrisch isolierende, wärmeleitende Keramik umfassende, Vorrichtung 4.1.1 wärmeleitend mit der heißen Seite 4.1 des TEE 4 verbunden. Dabei

umfasste die rechteckige Vorrichtung 4.1.1 auf ihrer Oberseite noch eine haftfest verbundene Metaltschicht, an die das Ende 3.1.2 haftfest und gasdicht angeiötet worden war. Bei dieser offenen Ausführungsform konnte die arbeitende Flüssigkeit direkt auf der heißen Seite 4.1 kondensieren, wodurch die Wärmeübertragung auf das TEE 4
5 besonders effektiv war. Außerdem konnte wegen der rechteckigen Konfiguration der Vorrichtung 4.1.1 nahezu die gesamte Oberfläche des TEE für die Übertragung der thermischen Energie genutzt werden. Die restliche zugeführte thermische Energie wurde auch hier über die kalte Seite 4.2 über einen elektrisch isolierenden, wärmeleitendem Kontakt 5.1 der wärmeableitenden Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet) zugeführt.

10

Die Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 4 (gezeigt ist der interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) entsprach der Ausführungsform gemäß der Figur 3, nur dass auf der heißen Seite 4.1 noch eine strukturierte Oberfläche 4.1.2 angeordnet war. Die strukturierte Oberfläche 4.1.2 wurde durch wärmeleitende Rillen aus Kupfer gebildet.
15 Die wärmeleitenden Rillen waren von der heißen Seite 4.1 durch eine wenige Atomlagen starke isolierende Oxidschicht (nicht eingezeichnet) elektrisch isoliert.

20

Die Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 5 (gezeigt ist der interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) wies ein Wärmerohr 3.1 (im Längsschnitt dargestellt)
20 mit einer Wandung 3.1.3 aus Kupfer und mit Wasser einer maximalen Temperatur von 250°C als arbeitender Flüssigkeit auf. Sein Ende 3.1.2 war wie bei der offenen Ausführungsform gemäß der Figur 3 mit einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung 4.1.1 in der Form einer Platte aus wärmeleitfähiger Keramik haftfest und gasdicht verbunden. Die Platte 4.1.1 aus wärmeleitfähiger Keramik stand auf ihrer
25 gegenüber liegenden Seite in wärmeleitendem Kontakt mit der heißen Seite mindestens zweier TEE 4, In dieser Weise konnte die durch das Wärmerohr 3.1 zugeführte thermische Energie effizient auf mehrere TEE 4 verteilt werden. Die restliche zugeführte thermische Energie wurde auch hier über die kalte Seite 4.2 der TEE über elektrisch isolierende, wärmeleitenden Kontakte 5.1 der wärmeableitenden Vorrichtung 5 (nicht
30 eingezeichnet) zugeführt.

35

Die Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 6 (gezeigt ist der interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) entspricht der Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 5, nur dass auf der Oberfläche der Platte 4.1.1 aus wärmeleitfähiger
35 Keramik noch eine strukturierte Oberfläche 4.1.2 angeordnet war. Die strukturierte

Oberfläche 4.1.2 wurde durch wärmeleitende Rillen aus Kupfer gebildet. Hierdurch konnte die Effizienz der Wärmeübertragung weiter gesteigert werden.

Die Figur 7 zeigt ein Fließschema, die das Funktionsprinzip einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung 1 verdeutlicht.

Eine Quelle thermischer Energie 2 wurde über ein im Längsschnitt dargestelltes Wärmerohr 3.1 mit der Wandung 3.1.3 elektrisch isolierend, wärmeleitend mit der heißen Seite 4.1 eines TEEs 4 verbunden. Dazu wurde das Ende 3.1.1 des Wärmerohrs wärmeleitend und gegebenenfalls elektrisch isolierend mit der Quelle der thermischen Energie 2 verbunden. Das andere Ende 3.1.2 des Wärmerohrs 3.1 wurde elektrisch isolierend mit der heißen Seite 4.1 verbunden. In dem TEE 4 wurde durch die zugeführte thermische Energie eine elektrische Spannung erzeugt, mit deren Hilfe Strom erzeugt werden konnte. Die restliche zugeführte thermische Energie wurde über die kalte Seite 4.2 des TEEs 4 mittels eines zweiten Wärmerohrs 3.2 mit der Wandung 3.2.3 als elektrisch isolierenden, wärmeleitendem Kontakt 5.1 mit einer wärmeableitenden Vorrichtung 5 verbunden. Dabei war das Ende 3.2.1 des Wärmerohrs mit der kalten Seite 4.2 elektrisch isolierend, wärmeleitend verbunden, und das Ende 3.2.2 war mit der wärmeableitenden Vorrichtung 5 wärmeleitend sowie gegebenenfalls elektrisch isolierend verbunden. Die arbeitende Flüssigkeit des Wärmerohrs 3.2 wurde an seinem Ende 3.2.1 durch die von der kalten Seite 4.2 übertragene restliche zugeführte thermische Energie verdampft und an dem Ende 3.2.2 wieder kondensiert, wodurch der elektrisch isolierende, wärmeleitende Kontakt 5.1 mit der wärmeableitenden Vorrichtung 5 geschlossen wurde und die restliche zugeführte thermische Energie auf die Vorrichtung 5 zur weiteren Nutzung übertragen wurde.

Bei der Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 8 (gezeigt ist der interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung) wurde das Ende 3.2.1 des Wärmerohrs 3.2 (im Längsschnitt dargestellt), dessen Wandung 3.2.3 aus Kupfer bestand, über eine elektrisch isolierende, wärmeleitende Keramik umfassende, dem Ende 3.2.1 angepasste Vorrichtung 4.2.1 wärmeleitend mit der kalten Seite 4.2 des TEEs 4 verbunden. Als arbeitende Flüssigkeit wurde im Wärmerohr 3.2 Wasser einer Temperatur von maximal 250°C verwendet. Das Ende 3.2.1 wurde mit der Vorrichtung 4.2.1 mittels einer hoch temperaturbeständigen Klebschicht (nicht eingezeichnet) haftfest verbunden. Das Wärmerohr 3.1 konnte mit der heißen Seite 4.1 des TEE 4 in der bei den

vorstehend beschriebenen Ausführungsformen gemäß den Figuren 2, 3 oder 4 aufgezeigten Weise verbunden werden.

Bei der Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 9 (gezeigt ist der
5 interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) bestand ein direkter Kontakt zwischen
der kalten Seite 4.2 des TEEs 4 und dem Inneren des Wärmerohrs 3.2 mit der Wandung
3.2.3 aus Kupfer. Als arbeitende Flüssigkeit wurde im Wärmerohr 3.2 Wasser einer
Temperatur von maximal 250°C verwendet. Das Ende 3.2.1 des Wärmerohrs 3.2 war
über eine eine ringförmige, elektrisch isolierende, wärmeleitende Keramik umfassende,
10 Vorrichtung 4.2.1 wärmeleitend mit der kalten Seite 4.2 des TEEs 4 verbunden. Dabei
umfasste die ringförmige Vorrichtung 4.2.1 auf ihrer Oberseite noch eine haftfest
verbundene Metallschicht (nicht eingezeichnet), an die das Ende 3.2.1 haftfest und
gasdicht angelötet worden war. Bei dieser offenen Ausführungsform konnte die
arbeitende Flüssigkeit direkt auf der kalten Seite 4.2 Verdampfern, wodurch die
15 Wärmeübertragung auf die wärmeableitende Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet)
besonders effektiv war. Die restliche zugeführte thermische Energie wurde der
wärmeableitenden Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet) zugeführt. Das Wärmerohr 3.1
konnte mit der heißen Seite 4.1 des TEEs 4 in der bei den vorstehend beschriebenen
Ausführungsformen gemäß den Figuren 2, 3 oder 4 aufgezeigten Weise verbunden
20 werden.

Die Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 10 (gezeigt ist der
interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) entsprach der Ausführungsform gemäß
der Figur 9, nur dass auf der kalten Seite 4.2 noch eine strukturierte Oberfläche 4.2.2
25 angeordnet war, Die strukturierte Oberfläche 4.2.2 wurde durch wärmeleitende Rillen aus
Kupfer gebildet. Die wärmeleitenden Rillen 4.2.2 waren von der kalten Seite 4.2 durch
eine wenige Atomlagen starke isolierende Oxidschicht (nicht eingezeichnet) elektrisch
isoliert. Durch die wärmeleitenden Rillen 4.2,2 konnte die Verdampfungsrate der
arbeitenden Flüssigkeit und damit die Effizienz der Übertragung der restlichen
30 zugeführten thermischen Energie auf die wärmeableitenden Vorrichtung 5 (nicht
eingezeichnet) weiter gesteigert werden.

Die Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 11 (gezeigt ist der
interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) wies ein Wärmerohr 3.2 (im
35 Längsschnitt dargestellt) mit einer Wandung 3.2.3 aus Kupfer und mit Wasser einer
maximalen Temperatur von 250°C als arbeitender Flüssigkeit auf. Sein Ende 3.2.1 war

wie bei der offenen Ausführungsform gemäß der Figur 9 mit einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung 4.2.1 in der Form einer Platte aus wärmeleitfähiger Keramik haftfest und gasdicht verbunden. Die Platte 4.2.1 aus wärmeleitfähiger Keramik stand auf ihrer gegenüber liegenden Seite in wärmeleitendem Kontakt mit der kalten Seite
5 4.2 mindestens zweier TEE 4. In dieser Weise konnte die restliche zugeführte thermische Energie mehrerer TEE 4 über das Wärmerohr 3.2 der wärmeableitenden Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet) zugeführt werden. Die Zufuhr der thermischen Energie von der Quelle 2 zu den heißen Seite 4.1 der TEE erfolgte mithilfe der Ausführungsform gemäß der Figur 5.

10

Die Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 12 (gezeigt ist der interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) entsprach der Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 11, nur dass noch eine strukturierte Oberfläche 4.2.2 auf der Oberfläche der Platte 4.2.1 aus wärmeleitfähiger Keramik angeordnet war. Die
15 strukturierte Oberfläche 4.2.2 wurde durch wärmeleitende Rillen aus Kupfer gebildet. In dieser Weise konnte die Verdampfungsrate der arbeitenden Flüssigkeit weiter erhöht und die Effizienz der Übertragung der restlichen zugeführten thermischen Energie auf die wärmeableitende Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet) weiter gesteigert werden.

20

Die Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 13 (gezeigt ist der interessierende Ausschnitt aus der Vorrichtung 1) wies ein Wärmerohr 3.1 mit einer Wandung aus Kupfer 3.1.3 und Wasser einer maximalen Temperatur von 250°C als arbeitender Flüssigkeit auf. Die Wandung 3.1.3 war im Inneren des Wärmerohrs 3.1 mit einer Kapillarstruktur 3.1.4 mit Dochtwirkung, die aus einem nanoporösen Material
25 aufgebaut war, beschichtet. Die Kapillarstruktur 3.1.4 diente dem Rücktransport der am Ende 3.1.2 des Wärmerohrs 3.1 kondensierten arbeitenden Flüssigkeit zu ihrem Ende 3.1.1 (nicht eingezeichnet), wo sie durch die von der Quelle thermische Energie 2 (nicht eingezeichnet) zugeführte thermische Energie erneut verdampft wurde. Im Bereich ihres Endes 3.1.2 lag das Wärmerohr 3.1 horizontal mit der heißen Seite 4.1 eines TEE 4 über
30 die Kontaktvorrichtung 4.1.1 elektrisch isolierend und thermisch leitend sowie haftfest und gasdicht verbunden. Die Kontaktvorrichtung 4.1.1 umfasste einen flächenförmigen Lötkontakt (nicht eingezeichnet), der von der heißen Seite 4.1 durch eine wenige Atomlagen starke elektrisch isolierende Oxidschicht (nicht eingezeichnet) isoliert war.

Die Figur 13a zeigt die Schnittebenen A-B-A'-B', C-D-C'-D' und E-F-E'-F', die durch die Vorrichtung 1 gemäß der Figur 13 zur Erzeugung der Figuren 13b, 13c und 13d. Dabei bedeuten die Schnittebenen

- 5 - A-B-A'-B' die Ebene des Längsschnitts durch die Seitenansicht des Ausschnitts aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß Figur 13,
- die Ebene des Querschnitts durch den Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß Figur 13 und
- 10 - die Ebene des Schnitts durch die Ansicht von oben des Ausschnitts aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß Figur 13.

Die Schnitte A-B-A'-B' gemäß der Figur 13b, C-D-C'-D' gemäß der Figur 13c und E-F-E'-F' gemäß der Figur 13d zeigen, dass es sich bei der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 13 um eine offene Ausführungsform handelte, bei der die heiße Seite 4.1 des TEEs 4 in direktem
15 Kontakt mit dem inneren des Wärmerohrs 3.1 stand (offene Ausführungsform). Das Wärmerohr 3.1 wies eine Wandung 3.1.3 aus Kupfer, eine Kapillarstruktur 3.1.4 mit Dochtwirkung und Wasser einer maximalen Temperatur von 250°C als arbeitender Flüssigkeit auf. Im Bereich der Öffnung des Wärmerohrs 3.1 befand sich auf der heißen Seite 4.1 eine strukturierte Oberfläche 4.1.2, die von Rillen aus wärmeleitender Keramik
20 gebildet wurde. Sofern die heiße Seite des TEEs noch elektrisch leitfähige Strukturen enthielt, erstreckte sich die elektrisch isolierende, wärmeleitenden Kontaktvorrichtung 4.1.1 auch unter die strukturierte Oberfläche 4.1.2. Dadurch konnte die Verdampfungsrate der kondensierten arbeitenden Flüssigkeit erhöht und die Effizienz der Übertragung der von der Quelle der thermischen Energie 2 (nicht eingezeichnet) gelieferte thermische
25 Energie gesteigert werden. Der elektrisch isolierende, thermisch leitende Kontakt 5.1 der kalten Seite 4.2 des TEE 4 mit der wärmeableitenden Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet) konnte wie bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen gemäß den Figuren 8, 9 und 10 beschrieben, hergestellt werden.

30 Da die Rillen 4.1.2 aus wärmeleitender Keramik nicht in direktem Kontakt mit der Kapillarstruktur 3.1.4 mit Dochtwirkung standen, so dass die kondensierte arbeitende Flüssigkeit nicht durch Kapillarkräfte vom Ende 3.1.2 des Wärmerohrs 3.1 zur erneuten Verdampfung zum Ende 3.1.1 (nicht eingezeichnet) wegtransportiert werden konnte, konnte die Vorrichtung 1 gemäß Figur 13 nur in geneigter oder vertikaler Ausrichtung
35 betrieben werden, so dass der Rücktransport der kondensierten arbeitenden Flüssigkeit durch die Gravitation erfolgte.

indes war es möglich, anstelle einer an der Innenseite der Wandung 3.13 des Wärmerohrs 3.1 angebrachte Kapillarstruktur 3.1.4, das gesamte Innere des Wärmerohrs 3.1 mit einer aus elektrisch isolierenden Keramikfasern gebildeten Kapillarstruktur 3.1.4 aufzufüllen, so dass ein direkter Kontakt zwischen den Rillen 4.1.2 und der Kapillarstruktur 3.1.4 bestand. Dadurch konnte die kondensierte arbeitende Flüssigkeit durch Kapillarkräfte wegtransportiert werden, weswegen diese Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 13 in beliebiger räumlicher Anordnung betrieben werden konnte.

10

Die Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 14 (gezeigt ist nur der interessierende Ausschnitt) wies auf der heißen Seite 4.1 des TEEs 4 ein Wärmerohr 3.1 auf, das, wie bei der offenen Ausführungsform der Figuren 13 und 13b, 13c und 13d beschrieben, in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt mit der heißen Seite 4.1 stand. Wie bei der Ausführungsform gemäß der Figur 13 diente das Wärmerohr 3.1 der Übertragung der von der Quelle der thermischen Energie 2 (nicht eingezeichnet) gelieferten thermischen Energie auf das TEE 4. Der elektrisch isolierende, wärmeleitende Kontakt 5.1 zwischen der kalten Seite 4.2 des TEEs 4 und der wärmeableitenden Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet) wurde von dem Wärmerohr 3.2 mit der Wandung 3.2.3 aus Kupfer und Wasser einer maximalen Temperatur von 250°C als arbeitender Flüssigkeit übernommen. Das Wärmerohr 3.2 war im Bereich seines Endes 3.2.1 mit der kalten Seite 4.2 über die Kontaktvorrichtung 4.2.1 elektrisch isolierend und wärmeleitend verbunden. Die Ausführungsform des Wärmerohrs 3.2 und seines Kontakts mit der kalten Seite 4.2 entsprach genau der offenen Ausführungsform der Figuren 13 und 13b, 13c und 13d. Dies kann in einfacher Weise verdeutlicht werden, wenn man in der Figur 13b die auf das Wärmerohr 3.1 und die auf die heiße Seite 4.1 bezogenen Bezugszeichen durch die auf das Wärmerohr 3.2 und auf die kalte Seite 4.2 bezogenen Bezugszeichen ersetzt. Dabei entsprechen die Bezugszeichen einander wie folgt:

30 3.1 = 3.2,

3.1.2 = 3.2.1,

3.1.3 = 3.2.3,

3.1.4 = 3.2.4,

4.1 = 4.2,

35 4.1.1 = 4.2.1 und

4.1.2 = 4.2.2.

Bei der offenen Ausführungsform gemäß der Figur 14 standen die Rillen 4.1.2 und 4.2.2 aus wärmeleitender Keramik nicht in direktem Kontakt mit der Kapillarstrukturen 3.1.4 und 3.2.4 mit Dochtwirkung. Deswegen konnte die kondensierte arbeitende Flüssigkeit nicht
5 durch Kapillarkräfte vom Ende 3.1.2 des Wärmerohrs 3.1 zur erneuten Verdampfung zum Ende 3.1.1 (nicht eingezeichnet) wegtransportiert werden. Die Vorrichtung 1 gemäß Figur 14 konnte daher nur in vertikaler Ausrichtung betrieben werden, so dass der Rücktransport der kondensierten arbeitenden Flüssigkeit im Wärmerohr 3.1 durch die Gravitation erfolgte.

10

Im Gegensatz dazu konnte die am Ende 3.2.2 des Wärmerohrs 3.2 (nicht eingezeichnet) kondensierte arbeitende Flüssigkeit über die Kapillarstruktur 3.2.4 wieder zum Verdampfen zum Ende 3.2.1 zurücktransportiert werden, so dass das Wärmerohr 3.2 räumlich beliebig ausgerichtet werden konnte.

15

Indes war es auch bei der Ausführungsform gemäß der Abbildung 14 möglich, anstelle einer an der Innenseite der Wandung 3.1.3 des Wärmerohrs 3.1 angebrachte Kapillarstruktur 3.1.4 das gesamte Innere des Wärmerohrs 3.1 mit einer aus elektrisch isolierenden Keramikfasern gebildeten Kapillarstruktur 3.1.4 aufzufüllen, so dass ein
20 direkter Kontakt zwischen den Rillen 4.1.2 und der Kapillarstruktur 3.1.4 bestand. Dadurch konnte die kondensierte arbeitende Flüssigkeit durch Kapillarkräfte wegtransportiert werden, weswegen diese Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 14 in beliebiger räumlicher Anordnung betrieben werden konnte.

25 Die Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Figur 15 wies einen Vakuumröhrenkollektor als Quelle der thermischen Energie 2 auf. Der Vakuumröhrenkollektor 2 umfasste eine Vakuumröhre 2.1 als thermisch isolierenden Mantel. Auf ihre Innenseite war eine schwarze Absorberschicht 2.2 für die Solarenergie $h\nu$ angebracht. Die Absorberschicht 2.2 war über wärmeleitenden Zentrierungsvorrichtungen
30 2.3 mit dem Wärmerohr 3.1 thermisch und mechanisch verbunden. Der Innenraum des Vakuumröhrenkollektors 2 war durch die Verschlusskappe 2.4 verschlossen. Das Wärmerohr 3.1 wies eine Wandung 3.1.3 aus Kupfer, auf der Innenseite der Wandung 3.1.3 eine Kapillarstruktur 3.1.4 mit Dochtwirkung und Wasser einer maximalen Temperatur von 250°C als arbeitende Flüssigkeit auf. Der über die Verschlusskappe 2.4
35 hinausragende Teil des Wärmerohrs 3.1 war mittels der Kontaktvorrichtung 4.1.1 mit der heißen Seite 4.1 des TEEs elektrisch isolierend und wärmeleitend verbunden. Die

Kontaktvorrichtung 4.1.1 umfasste eine Lötkontakt 4.1.1.3, eine Metallschicht 4.1.1.2 sowie eine elektrisch isolierende, wärmeleitende Verteilerschicht 4.1.1.1 aus Keramik. Die Metallschicht 4.1.1.2 war haftfest mit der Verteilerschicht 4.1.1.1 verbunden. Der elektrisch isolierende, thermisch leitende Kontakt 5.1 der kalten Seite 4.2 des TEE 4 mit
5 der wärmeabfeitetenden Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet) konnte, wie bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen gemäß den Figuren 8 bis 12 beschrieben, hergestellt werden.

Bei der Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 gemäß der Figur 16
10 (gezeigt ist nur der interessierende Ausschnitt) umfasste die Quelle der thermischen Energie 2 mehrere (hier vier) Ofenkacheln. Diese wiesen auf ihrer Rückseite jeweils ein mäanderförmiges Wärmerohr 3.1 mit den Enden 3.1.1 und 3.1.2 auf. Die Wärmerohre 3.1 waren an ihren Enden 3.1.2 mit der heißen Seite 4.1 eines TEEs elektrisch isolierend und wärmeleitend verbunden. Der Kontakt konnte, wie bei den Ausführungsformen gemäß
15 den Figuren 2 bis 6 beschrieben, hergestellt werden. Der elektrisch isolierende, thermisch leitende Kontakt 5.1 der kalten Seite 4.2 des TEEs 4 mit der wärmeableitenden Vorrichtung 5 (nicht eingezeichnet) konnte, wie bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen gemäß den Figuren 8 bis 12 beschrieben, hergestellt werden.

20 Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen, insbesondere die Vorrichtungen 1 gemäß den Figuren 1 bis 16, wiesen zahlreiche überraschende Vorteile auf.

So erfolgte der Temperaturabfall in einer Vorrichtung 1 praktisch vollständig über das TEE 4. D.h., die Temperatur der heißen Seite 4.1 des TEEs 4 war gleich oder nahezu gleich
25 der Temperatur der Wärmequelle bzw. der Quelle der thermischen Energie 2, so dass die Bedingung $T_H = T_{HH}$ erfüllt war. Gleiches galt für die kalte Seite 4.2, so dass die Bedingung $T_C = T_{CC}$ ebenfalls erfüllt war. Der Leitungswiderstand R_L war gleich oder nahezu gleich 0. Damit stand die gesamte thermische Energie zur Umwandlung in elektrischen Strom zur Verfügung. Dies erhöhte die Ausbeute an elektrischer Energie, weil der Carnot-
30 Wirkungsgrad η_c maximal war (vgl. Gleichung II).

Statt einen konventionellen massiven metallischen Wärmeleiter auf die TEE 4 klemmen zu müssen, konnten die TEE nun direkt mit thermisch hoch leitfähigen, strukturierten Oberflächen 4.1.2 wie Schichten aus Nanopartikeln oder rillenartige Wärmetauscher
35 versehen werden, an denen an der heißen Seite 4.1 der TEE 4 die Kondensation und an der kalten Seite 4.2 der TEE 4 die Verdampfung der arbeitenden Flüssigkeit stattfanden.

Weil die Rippen oder die Nanopartikel 4.1.2 kein massives System darstellten, gab es auch keine Probleme mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten. Da die Gehäuse der Wärmerohre 3.1 und 3.2 hohl waren, konnten sie so geformt werden, dass sie nur geringe mechanische Kräfte auf die TEE 4 ausübten, weswegen die resultierenden mechanischen Spannungen und damit die Materialermüdung minimiert werden konnten.

Darüber hinaus konnten rippenartigen Wärmetauscher 4.1.2 aus Metall direkt an die Oberflächen 4.1 und 4.2 der TEE 4 gelötet werden, wodurch der Kontaktwiderstand weiter erniedrigt werden konnte. Hierdurch eröffneten sich weitere neuartige Möglichkeiten für die Optimierung der erfindungsgemäßen Vorrichtungen.

Da der Leitungswiderstand R_L der Wärmerohre 3.1 und 3.2 praktisch vernachlässigt werden konnte, war man nicht mehr auf die unmittelbare räumliche Nähe von den Quellen der thermischen Energie 2 und TEE 4 einerseits und den wärmeableitenden Vorrichtungen 5 und TEE 4 andererseits angewiesen, sondern die TEE 4 konnten in den Vorrichtungen 1 an konstruktionstechnisch günstigen Stellen angebracht werden. Somit konnten die TEE 4 als elektrische Komponenten viel besser von gegebenenfalls in den wärmeableitenden Vorrichtungen 5 vorhandenen Flüssigkeiten getrennt werden. Dadurch konnte die Sicherheit der Vorrichtungen 1 signifikant erhöht werden. Dies war insbesondere im Falle von elektrisch leitenden Flüssigkeiten wie Wasser wichtig, um eine Erdung der Vorrichtung 1 zu vermeiden. Außerdem vereinfachte sich die Wartung und Reinigung der Flüssigkeitskanäle solcher wärmeableitenden Vorrichtungen 5 sowie der damit verbundenen elektrischen Systeme.

Weitere Vorteile und neuartige Konstruktionsmöglichkeiten ergeben sich für die Vorrichtungen 1 durch die Verwendung flexibler Wärmerohre 3.1 und 3.2. Insbesondere konnten die Wärmerohre nach ihrer Formgebung noch mit geeigneten Beschichtungstoffen beschichtet werden.

Wegen der hervorragenden Wärmeleitfähigkeit der Wärmerohre 3.1 und 3.2 konnten die Vorrichtungen 1 sehr viel leichter und kleiner und damit preiswerter ausgeführt werden als Vorrichtungen des Standes der Technik mit vergleichbarer thermischer und elektrischer Leistung.

Auch die thermische Isolierung der Bauteile der Vorrichtungen 1 sowie der Vorrichtungen 1 insgesamt konnten wegen all dieser Vorteile signifikant vereinfacht werden.

Nicht zuletzt konnte durch die Verwendung von hohlen Bauteilen wie den Wärmerohren und 3.1 und 3.2 das Auftreten thermischer Spannungen in der Vorrichtung 1 vermieden werden.

5

Insgesamt brachte die Anwendung von Wärmerohren 3.1 und 3.2 in den Vorrichtungen 1 zahlreiche technische und damit finanzielle Vorteile mit sich, die den höheren Kostenaufwand für die Wärmerohre 3.1 und 3.2 bei weitem kompensierten. Darüber hinaus waren und sind die verschiedensten Größen und Modelle von Wärmerohren 3.1
10 und 3.2 kommerziell erhältlich, was die Realisierung der Vorrichtungen 1 vereinfacht.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie, umfassend
- 5
- mindestens eine Quelle thermischer Energie (2),
 - mindestens ein Wärmerohr (3.1),
 - 10 - mindestens ein thermoelektrisches Element (4) und
 - mindestens eine wärmeableitende Vorrichtung (5), wobei
 - das Wärmerohr (3.1) mit seinem einen Ende (3.1.1) in wärmeleitendem Kontakt mit der Quelle thermischer Energie (2) und mit seinem anderen Ende (3.1.2) in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt mit der heißen Seite (4.1) des thermoelektrischen Elements (4) steht und wobei
 - 15 - die der heißen Seite (4.1) gegenüberliegende kalte Seite (4.2) des thermoelektrischen Elements (4) in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt (5.1) mit der wärmeableitenden Vorrichtung (5) steht.
 - 20
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie
- 25
- mindestens ein zweites Wärmerohr (3.2) umfasst, wobei
 - das zweite Wärmerohr (3.2) mit seinem einen Ende (3.2.1) in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt mit der der heißen Seite (4.1) gegenüberliegenden kalten Seite (4.2) des thermoelektrischen Elements (4) und mit seinem anderen Ende (3.2.2) in wärmeleitendem Kontakt mit der Wärme ableitenden Vorrichtung (5) steht, so dass der Kontakt (5.1) bewerkstelligt ist.
 - 30
- 35 3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Quellen thermischer Energie (2) Flachkollektoren, Vakuumröhrenkollektoren,

- photovoltaische Zellen, Solarzellen, Heizkörper, Bestandteile von Öfen
Fußbodenheizungen, Stromwandler, die Unterseite von Automobilen, Motorblöcke,
Auspuffanlagen, Rauchrohre, Abgaskamine, Behälter mit Materialien, die bei
Phasenumwandlungen thermische Energie liefern, elektrische Widerstände,
5 Warmwassertaschen, Biogasanlagen, menschliche und tierische Körper oder
Sonnenkonzentratoren sind.
4. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass
das Ende (3.1.2) des Wärmerohrs (3.1) über eine elektrisch isolierende,
10 wärmeleitende Kontaktvorrichtung (4.1.1) mit der heißen Seite (4.1) des
thermoelektrischen Elements (4) in Kontakt steht.
5. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich im Bereich
der Kontaktvorrichtung (4.1.1) auf der Oberfläche der heißen Seite (4.1) oder der
15 Kontaktvorrichtung (4.1.1) selbst eine strukturierte Oberfläche (4.1.2) befindet, die
mit dem Inneren des Wärmerohrs (3.1) und dessen arbeitender Flüssigkeit in
direktem Kontakt steht.
6. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass
20 das Ende (3.1.2) des Wärmerohrs (3.1) über eine Kontaktvorrichtung (4.1.1) mit
der heißen Seite mindestens zweier thermoelektrischer Elemente (4) in elektrisch
isolierendem, wärmeleitendem Kontakt steht.
7. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass
25 mindestens zwei thermoelektrische Elemente (4) zu einer Thermosäule
zusammengefügt sind.
8. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass
30 die wärmeableitenden Vorrichtungen (5) anorganische und organische Gase,
anorganische und organische Flüssigkesten, anorganische und organische
sublimierbare Festkörper, Kühlrippen, Wärmetauscher, Rohrkühlkörper, Motoren,
Turbinen, Vorrichtungen zur Durchführung des Rankine-Zyklus, Hitze
abstrahlende Radiatoren und große Flächenheizungen sind.
- 35 9. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass
die anorganischen und organischen Gase Luft, Stickstoff, Sauerstoff, Edelgase,

Kohlendioxid, gasförmiges Ammoniak, Schwefelhexafluorid, Kohlenwasserstoffe, fluorierte, chlorierte und/oder bromierte Kohlenwasserstoffe oder Amine; die anorganischen und organischen Flüssigkeiten, Wasser, Salzlösungen, Saizschmelzen, ionische Flüssigkeiten, flüssiges Ammoniak, flüssige Metalle und Metallegierungen, flüssige Kohlenwasserstoffe oder flüssige fluorierte, chlorierte und/oder bromierte Kohlenwasserstoffe und die anorganischen und organischen sublimierbaren Festkörper Sublimat, festes Kohlendioxid, p-Dichlorbenzol, Naphthalin oder Campher sind; und dass die Bestandteile von Öfen Feuerräume, Stahlelemente, Natursteine, Schamottstetne, Ofendächer, Hypokaustenzüge, Ofenkacheln oder Rauchabzüge sind.

10. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 9 , dadurch gekennzeichnet, dass das Ende (3.2.1) des Wärmerohrs (3.2) über eine elektrisch isolierende, wärmeleitende Kontaktvorrichtung (4.2.1) mit der kalten Seite (4.2) des thermoelektrischen Elements in Kontakt steht,

11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sich auf der Oberfläche der kalten Seite (4.2) oder der Kontaktvorrichtung (4.2.1) eine strukturierte Oberfläche (4.2.2) befindet, die mit dem Inneren des Wärmerohrs (3.2) und dessen arbeitender Flüssigkeit in direktem Kontakt steht.

12. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Ende (3.2.1) des Wärmerohrs (3.2) über eine Kontaktvorrichtung (4.1 .1) mit der kalten Seite mindestens zweier thermoelektrischer Elemente (4) in elektrisch isolierendem, wärmeleitendem Kontakt steht.

13. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei thermoelektrische Elemente (4) zu einer Thermosäule zusammengefügt sind.

14. Verfahren zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie aus thermischer Energie, dadurch gekennzeichnet, dass die von mindestens einer Quelle der thermischen Energie (2) gelieferte thermische Energie mithilfe mindestens eines Wärmerohrs (3.1) zu der heißen Seite (4.1) mindestens eines thermoelektrischen Elements (4) transportiert wird, durch die zugeführte thermische Energie in dem mindestens einen thermoelektrischen Element (4) eine elektrische Spannung

erzeugt wird und die restliche zugeführte thermische Energie von der der heißen Seite gegenüberliegenden kalten Seite (4.2) des mindestens einen thermoelektrischen Elements (4) über einen elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Kontakt (5.1) Vorrichtung (5) zugeführt wird.

5

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 verwendet wird.

Fig.1

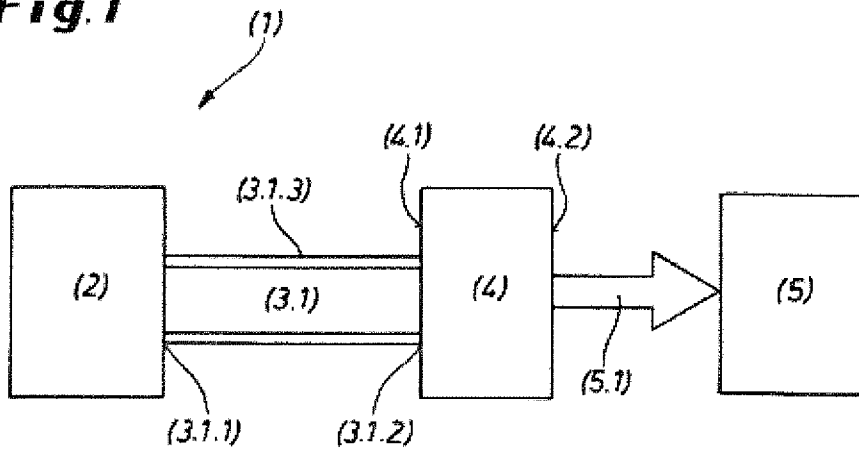


Fig.2

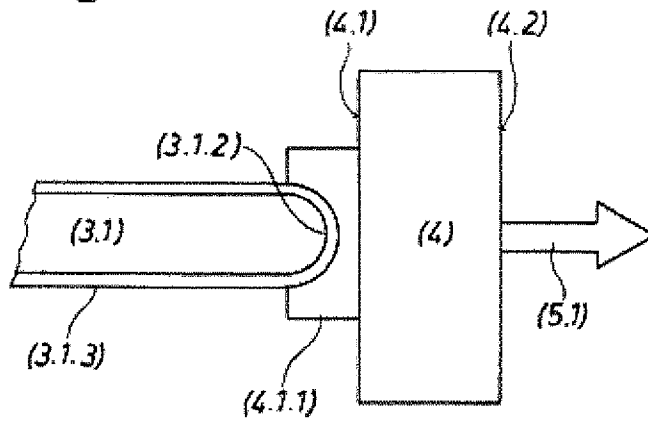


Fig.3

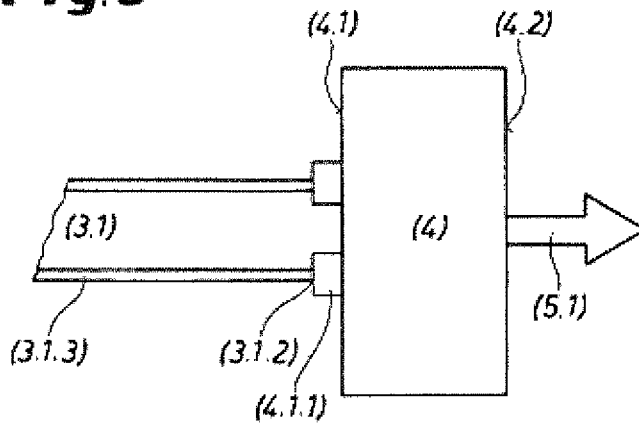
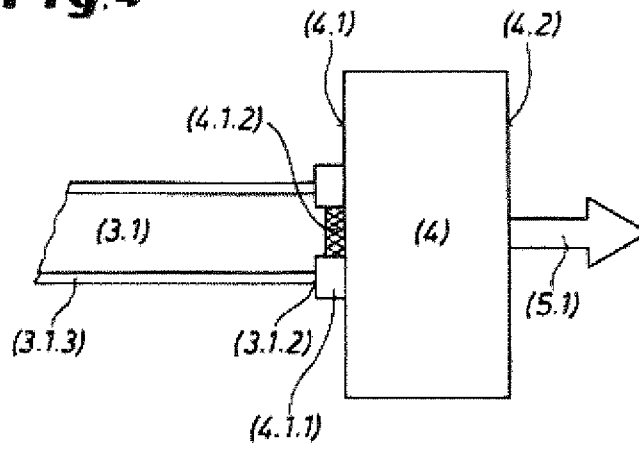


Fig.4



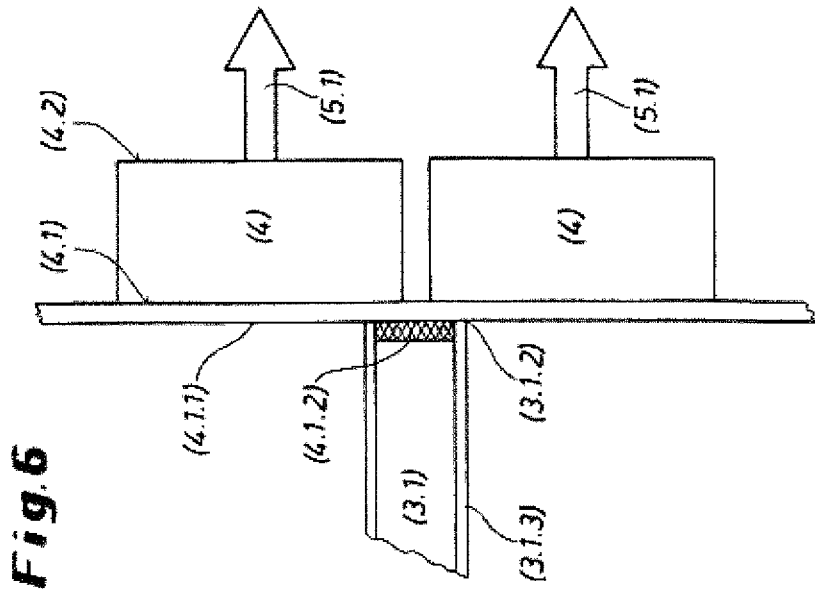


Fig. 6

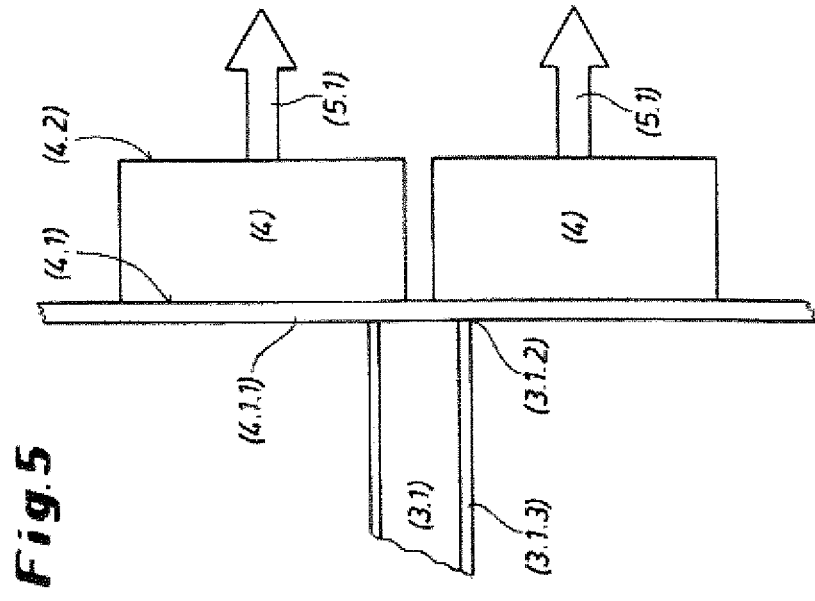


Fig. 5

Fig. 7

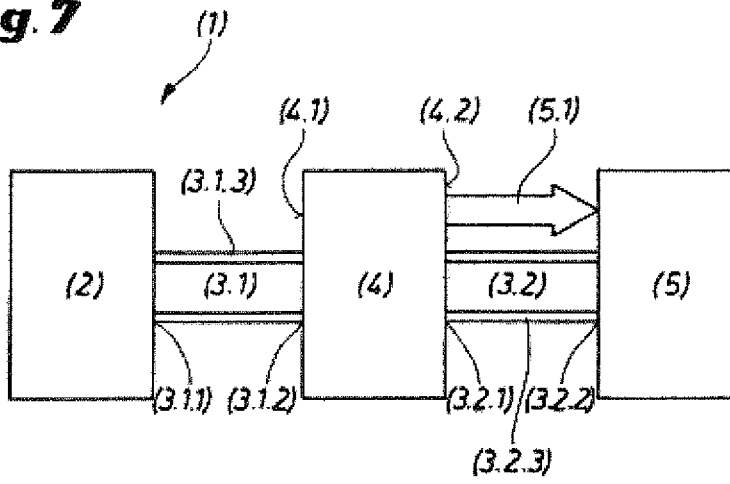


Fig. 8

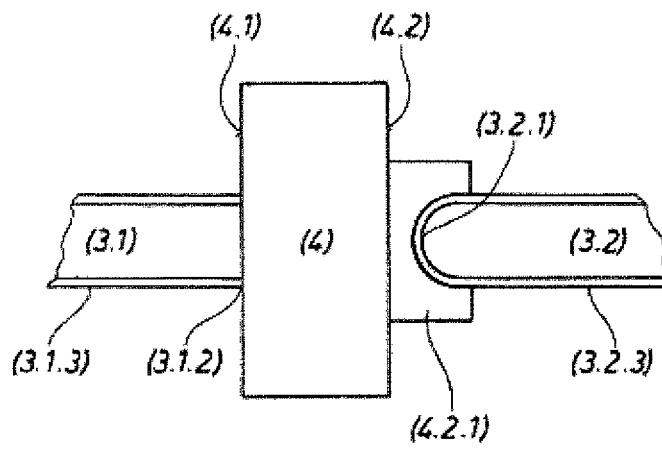


Fig.9

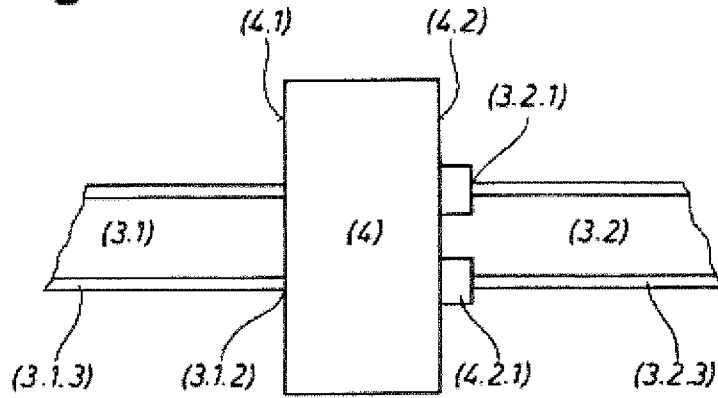


Fig.10

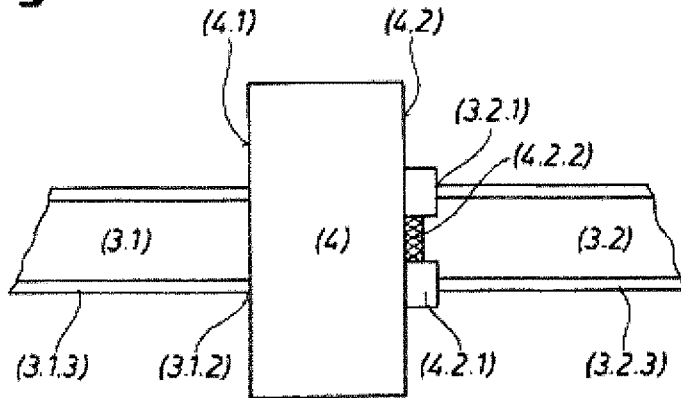


Fig.11

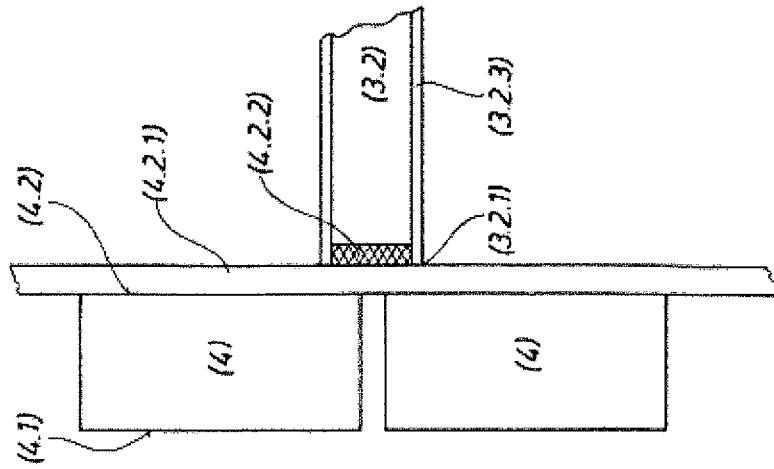


Fig.12

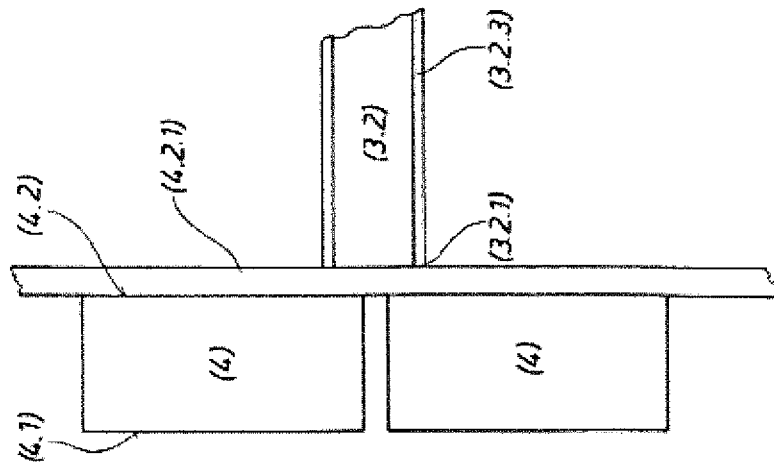


Fig.13

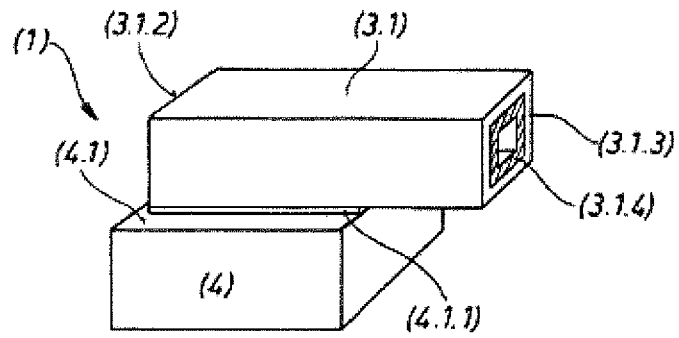
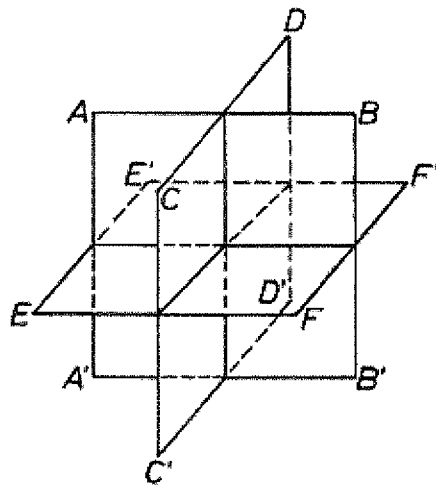


Fig.13a



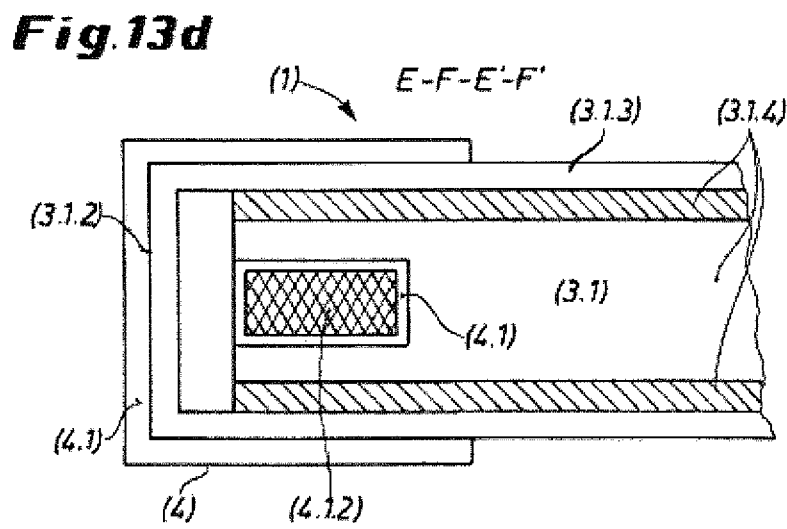
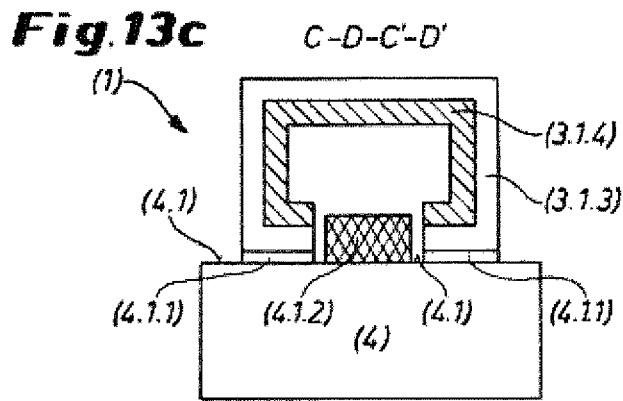
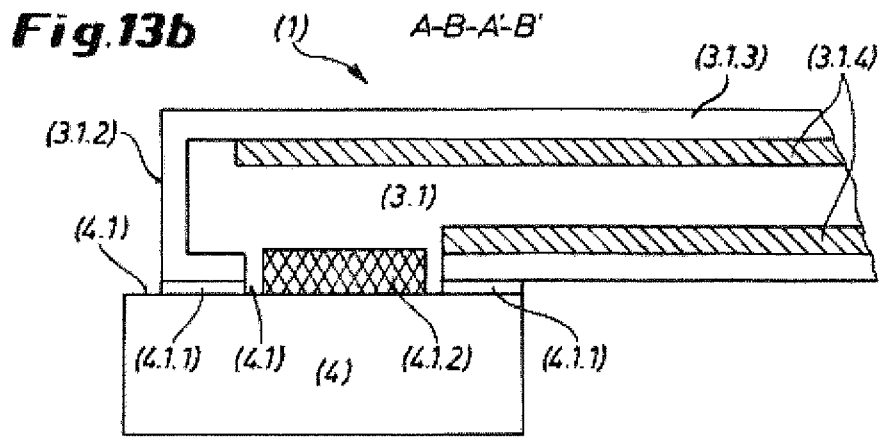


Fig.14

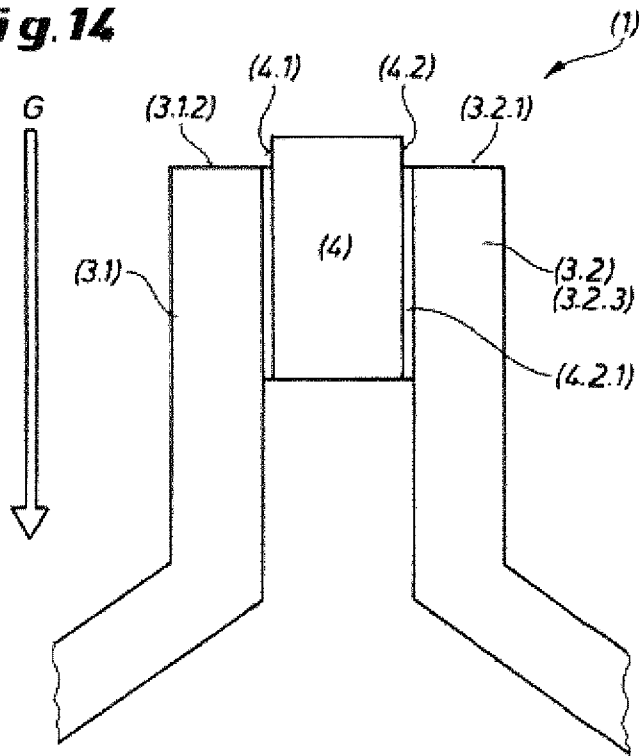


Fig.15

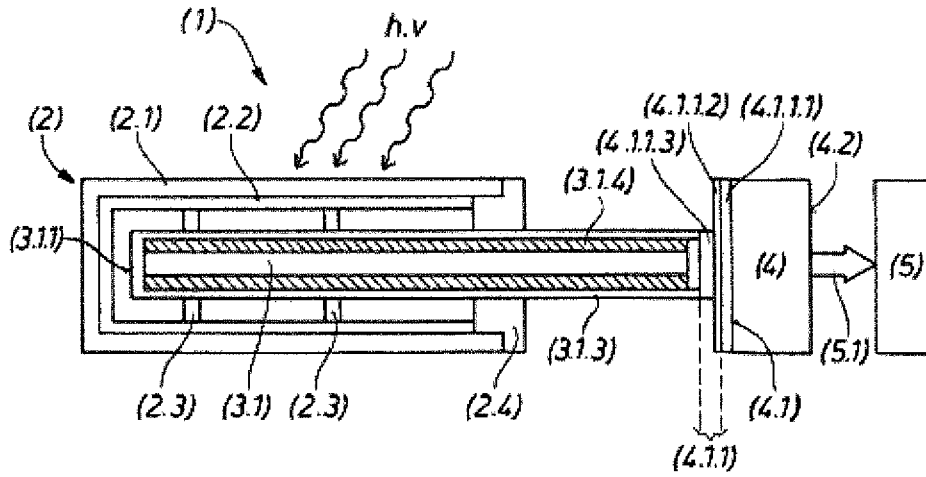


Fig.16

