
Octroiraad



⑫A **Terinzagelegging** ⑪ **8801093**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Thermo-electrische inrichting.**
⑤1 Int.Cl⁴: H01L 35/04.
⑦1 Aanvrager: Theodorus Bijvoets te Waalre.
⑦4 Gem.: Ir. F.X. Noz c.s.
Algemeen Octrooibureau
Boschdijk 155
5612 HB Eindhoven.

-
- ⑳ Aanvraag Nr. 8801093.
㉑ Ingediend 27 april 1988.
㉒ --
㉓ --
㉔ --
㉕ --
㉖ --

-
- ㉗ Ter inzage gelegd 16 november 1989.

De aan dit blad gehechte afdruk van de beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en) bevat afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijk ingediende stukken; deze laatste kunnen bij de Octroiraad op verzoek worden ingezien.

Korte aanduiding: Thermo-electrische inrichting.

De uitvinding heeft betrekking op een thermo-electrische inrichting, omvattende een aantal electrisch in serie en thermisch parallel verbonden thermo-electrische elementen, die elk zijn voorzien van twee electrisch in serie en thermisch parallel verbonden elementhelften van tegengesteld geleidingstype.

Een dergelijke inrichting is bekend uit "Direct Energy Conversion" M. Ali Kettany, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, Verenigde Staten van Amerika, 1970, blz. 157.

Bij de bekende inrichting bestaan de elementhelften uit staven van halfgeleidend materiaal.

In de praktijk hoeven de thermo-electrische elementen niet in een rij te zijn gerangschikt, maar kunnen ze in een matrix zijn ingericht, terwijl verscheidene thermo-electrische inrichtingen thermisch in serie oftewel in cascade kunnen worden verbonden, teneinde de beoogde effecten, zoals koeling, te versterken.

De bekende inrichting bezit een aantal nadelen, waarvan er hieronder een paar zullen worden genoemd.

In het algemeen zijn de thermo-electrische elementen opgesloten tussen twee evenwijdige platen die op een betrekkelijk geringe afstand van elkaar zijn geplaatst. Wanneer de inrichting in bedrijf is, zal de ene plaat koud, en de andere warm worden. Afgezien van thermo-electrische effecten zullen de twee platen, die immers op geringe afstand van elkaar liggen, elkaar beïnvloeden, waardoor de warme plaat kouder en de koude plaat warmer wordt, wat het rendement van de thermo-electrische inrichting verlaagt.

De bij bedrijf van de inrichting vloeiende stroom veroorzaakt Joule-warmte in de elementhelften, waardoor eveneens het rendement wordt verlaagd.

Benadrukt wordt dat deze rendementsverlagingen optreden bij zowel thermisch gebruik van de inrichting, als bij electrisch gebruik van de inrichting.

Het eerstgenoemde nadeel zou kunnen worden verminderd door de elementhelften langer te maken, maar dit zou het tweede genoemde nadeel alleen maar versterken.

. 880 1093

De uitvinding beoogt nadelen van de bekende thermo-electrische inrichting op te heffen en voorziet daartoe in een inrichting van de in de aanhef genoemde soort, die het kenmerk heeft, dat elke elementhelft electricch in serie verbonden twee halfgeleidende eindstukken en een
5 electricch gleidend tussenstuk heeft.

De uitvinding berust op het inzicht dat thermo-electrische effecten in een halfgeleiderovergang in hoofdzaak plaats hebben in het verrijgings- en verwarmingsgebied van vrije elektronen, zodat in principe niet veel meer halfgeleidermateriaal is vereist dan ter grootte van dat
10 gebied, en dat de halfgeleiderovergangen door middel van geleiders, eventueel met een aantal vormen en doorsneden, met elkaar kunnen worden verbonden, die een ten opzichte van de halfgeleiderovergangen verwaar- loosbaar thermo-electrisch effect hebben, en omdat ze een verwaarloosbare weerstand hebben, nagenoeg geen Joule-warmte opwekken. Dit maakt het
15 mogelijk de eerder genoemde platen op een grotere afstand van elkaar te plaatsen. Deze plaatsing hoeft niet evenwijdig te zijn, aangezien de tussenstukken volgens de uitvinding flexibel kunnen zijn, waarbij de telkens bij één van de platen behorende eindstukken wel thermisch parallel blijven verbonden. Ook is het mogelijk door de keuze van de
20 lengte van de tussenstukken ten minste één van de platen een bepaald profiel of gewenste vorm te geven. Een temperatuursgradiënt kan over de platen worden aangebracht door passende keuze van het materiaal en de vorm van de tussenstukken, zo kunnen de tussenstukken van verschillend materiaal zijn.

25 Een geschikt materiaal voor het tussenstuk is koper, dat een goede electriche geleider is.

Theoretisch verdient een materiaal de voorkeur dat een groot electricch, maar een klein thermisch geleidingsvermogen heeft, maar benadrukt wordt, dat in de praktijk het voordeel dat wordt geboden door het
30 uitstekende electriche geleidingsvermogen, opweegt tegen het hebben van een hoog thermisch geleidingsvermogen, in plaats van het gewenste lage thermische geleidingsvermogen.

In dit verband is het nuttig op te merken dat het thermische geleidingsvermogen van metalen door een geringe dotering reeds in grote
35 mate is te verlagen. Zo doet een spoortje arseen in koper een thermische geleidingsvermogen met een factor 3 dalen.

. 880 1093

Volgens de uitvinding kan de lengte van het tussenstuk wezenlijk groter dat die van de eindstukken worden gekozen.

Opgemerkt wordt nog dat het op zichzelf uit EP-A-0 160'433 bekend is de elementhelften te plaatsen op steeds een voetstuk van een
5 materiaal met goede elektrische en thermische geleidingseigenschappen, zoals koper. In feite is bij deze bekende inrichting een deel van het halfgeleidermateriaal vervangen door geleidend materiaal, waardoor halfgeleidermateriaal wordt gespaard en de negatieve beïnvloeding van het rendement door de Joule-warmte net zoals bij de uitvinding wordt vermindert. Omdat echter het temperatuurverschil moet staan over het halfgeleidermateriaal van de elementhelften, moet de voetstukken een hoog thermisch geleidingsvermogen hebben. Met het afnemen van de door Joule-warmte veroorzaakte verliezen neemt de warmteweerstand tussen de koude en warme
10 zijde af aangezien deze rechtevenredig met de lengte van het halfgeleidergedeelte van de elementhelften is. Samenvattend wordt door deze bekende inrichting niet het eerste in de inleiding genoemde nadeel opgeheven.

Anders gezegd en samenvattend is volgens het onderhavige voorstel de gebruikelijke elementhelft van p- of n-type halfgeleidermateriaal vervangen door een eventueel langere halfgeleidende elementhelft
20 met een lagere effectieve weerstand en bij voorkeur een hoge warmteweerstand.

De uitvinding zal nu voorzover nodig verder worden toegelicht aan de hand van de tekening die bestaat uit een enkele figuur, waarin schematisch een uitvoeringsvorm van de inrichting volgens de uitvinding is weergegeven.

25 In de figuur is schematisch een deeldoorsnede door een thermo-electrische inrichting volgens de uitvinding aangegeven. De thermo-electrische elementen 4 zijn door middel van de bruggen 5 elektrisch met elkaar in serie verbonden. Voorts zijn de thermo-electrische elementen 4 thermisch parallel verbonden tussen twee platen 2 en 3 die bestaan uit
30 materiaal dat elektrisch isolerend en thermisch geleidend is.

Elk thermo-electrisch element 4 omvat naast de bruggen 5 twee elementhelften 6, respectievelijk 7. Elementhelft 6 bestaat in de figuur uit twee halfgeleidende eindstukken 8 van het p-geleidingstype en een daartussen verbonden tussenstuk 9 van een materiaal dat elektrisch goed
35 geleidend is en bij voorkeur een lage warmtegeleiding heeft. Elementhelft 7 bevat eveneens een tussenstuk 9 van elektrisch goed geleidend materiaal met bij voorkeur een lage warmtegeleiding, maar in dit geval twee halfge-

880 1093

leidende eindstukken 10 van het n-geleidingstype. Anders gezegd heeft elke elementhelft 6, 7 elektrisch in serie verbonden twee halfgeleidende eindstukken 8,8, 10,10 en een elektrisch geleidend tussenstuk 9,9.

Daar bij elke brug 5 steeds een p-geleidend eindstuk 8 en een n-geleidend eindstuk 10 is aangesloten, zal bij stroomdoorgan het hierbovengenoemde verrijgings- resp. verarmingsproces aan vrije elektronen zich in de bruggen 5 afspelen. Hierdoor ontstaan dan ook de thermo-electrische effecten in de bruggen 5.

Aan de tussenstukken 9 bevindt zich aan beide einden halfgeleidermateriaal van hetzelfde geleidingstype en zal althans in hoofdzaak geen verrijgings- resp. verarmingsproces optreden. Hierdoor ontstaan danook nauwelijks of geen thermo-electrische effecten in de tussenstukken 9.

Het constructieve verschil tussen de thermo-electrische inrichting volgens de uitvinding en de gebruikelijke is dat in het laatste 15 geval het tussenstuk 6, 7 van hetzelfde halfgeleidermateriaal als dat van de eindstukken 8,8, 10,10 is.

Voor het thermo-electrische effect kan worden geschreven:

$$W_1 = P \cdot I \quad (1),$$

waarin W_1 = hoeveelheid getransporteerde warmte;

P = Peltiercoëfficiënt; en

I = elektrische stroom door de thermo-electrische inrichting.

Voor de Joule-warmteverliezen kan worden geschreven:

$$W_2 = I^2 \cdot \rho \cdot L \cdot A^{-1} \quad (2),$$

waarin W_2 = Joule-warmte;

I = elektrische stroom door de thermo-electrische inrichting;

ρ = soortelijke weerstand elementhelft;

L = lengte van de elementhelften;

A = doorsnede van de elementhelften.

Voor de warmtegeleidingsverliezen kan worden geschreven:

$$W_3 = \Delta T \cdot K \cdot A \cdot L^{-1} \quad (3),$$

waarin W_3 = hoeveelheid getransporteerde warmte;

ΔT = temperatuurverschil over de thermo-electrische inrichting;

K = soortelijke warmtegeleiding van de elementhelften;

A = doorsnede van de elementhelften;

8801093

L = lengte van de elementhelften.

Uit vergelijking (1) blijkt dat, bij gebruik van de inrichting als koelinrichting, het temperatuurverschil ΔT over de inrichting recht-evenredig is met de Peltiercoëfficiënt P en met de elektrische stroom I door de inrichting, en bij gebruik van de inrichting als elektrische generator, de elektrische stroom I (kortsluitstroom) recht-evenredig met het temperatuurverschil ΔT over de inrichting is bij gegeven Peltiercoëfficiënt P .

Uit vergelijking (2) blijkt dat, bij gebruik van de inrichting als koelinrichting, de verliezen W_2 kwadratisch met de elektrische stroom I toenemen, zodat het rendement afneemt. Deze verliezen W_2 kunnen klein worden gemaakt door ervoor te zorgen dat de weerstand $R = \rho \cdot L \cdot A^{-1}$ klein is. Voor de gebruikelijke elementhelften wordt een halfgeleidermateriaal gebruikt vanwege de hoge Peltiercoëfficiënt P , zodat bij een gegeven opbouw de soortelijke weerstand ρ vastligt, zodat dan alleen nog de lengte L en doorsnede A van de elementhelften optimaal kunnen worden ingesteld.

Uit vergelijking (3) blijkt, dat bij gebruik van de inrichting als koelinrichting, de verliezen W_3 toenemen als functie van het temperatuurverschil ΔT over de inrichting. De soortelijke warmtegeleiding K ligt vast bij een eenmaal gekozen halfgeleidermateriaal, zodat alleen nog maar een optimum kan worden ingesteld door een geschikte keuze van de lengte L en doorsnede A van de elementhelften, waarbij wordt opgemerkt dat de voorwaarden voor optimalisatie van de verliezen W_2 en W_3 tegengesteld zijn.

Volgens de uitvinding worden echter tussenstukken 9 gebruikt, die zich afhankelijk van het geleidingstype van de eindstukken 8 of 10 gaan gedragen als P- of N-type materiaal. Het materiaal van de tussenstukken 9 wordt daarbij gekozen op grond van de soortelijke warmtegeleiding K en de soortelijke weerstand ρ , dus niet zoals volgens de stand van de techniek op basis van een hoge Peltiercoëfficiënt P .

De dikte van de eindstukken 8, 10 is in de orde van grootte van een aantal μm en ze kunnen bestaan uit het gebruikelijke halfgeleidermateriaal, zoals BiTe. De genoemde laagdikte is zo'n 0,1 % van de gebruikelijke elementhelftlengte, waardoor de Joule-warmteverliezen W_2 van het halfgeleidermateriaal in dezelfde orde van grootte worden gereduceerd.

.8801093

Het materiaal van de tussenstukken 9 moet worden geselecteerd op zo gunstig mogelijke waarden van de soortelijke weerstand ρ en de soortelijke warmtegeleiding K . In het volgende zullen de soortelijke weerstand en de soortelijke warmtegeleiding van het halfgeleidermateriaal 5 met ρ_h en K_h worden aangegeven en die van het materiaal van de tussenstukken 9 met ρ_t en K_t . Stel dat er een materiaal voor de tussenstukken 9 is, waarvoor geldt $\rho_t = r \cdot \rho_h$ ($r < 1$), dan geldt indien dezelfde verliezen W_2 in de inrichting bij elementhelften 6, 7 wordt toegestaan:

$$K_t = K_h \cdot r^{-1}, \text{ waaruit volgt}$$

$$10 \quad \rho_t \cdot K_t^{-1} = r \cdot \rho_h \cdot (K_h \cdot r^{-1})^{-1} = r^2 \cdot \rho_h \cdot K_h^{-1} \quad (4)$$

Uit vergelijking (4) blijkt dat des te kleiner de waarde van de verhouding tussen de soortelijke weerstand ρ en de soortelijke geleiding K van een materiaal is, des te meer de verliezen W_2 worden verkleind. De genoemde verhouding zal in het volgende Z-waarde worden genoemd.

15 Experimenten hebben aangetoond dat de Z-waarde voor BiTe gelijk is aan 1,46. De Z-waarden voor respectievelijk zilver, koper en een 90% platina en 10% indium bevattende legering zijn respectievelijk $1,7 \cdot 10^{-5}$, $1,7 \cdot 10^{-5}$ en $3,2 \cdot 10^{-4}$ ($\Omega \cdot s \cdot \text{cal}^{-1}$). De drie laatstgenoemde Z-waarden zijn dus tientallen keren beter dan die van BiTe. Hieruit volgt dat koper 20 en zilver de voorkeur verdienen, maar er zijn aanwijzingen dat bepaalde legeringen van koper een betere Z-waarde opleveren, terwijl nog moet worden onderzocht of er materialen zijn die een nog betere Z-waarde hebben. In ieder geval kan door koper in geringe mate met arseen te doteren de soortelijke warmtegeleiding K met een factor 3 worden verlaagd.

25 Ook kunnen de tussenstukken 9 twee of meer deelstukken van verschillend materiaal bezitten, b.v. aan de eindstukken 8,10 deelstukken van een materiaal met een hoge z-waarde en een korte lengte vanwege een hoge weerstand, zoals een nikkel-ijzerlegering en daartussen een deelstuk met grotere lengte en lage weerstand, maar lagere Z-waarde.

30 Voorbeeld I

Op provisorische wijze werd een prototype van de inrichting volgens de uitvinding gemaakt met koperen tussenstukken 9 en BiTe-eindstukken 8, 10, waarbij de eindstukken een lengte van circa 2,5 mm hadden en de tussenstukken een lengte van 15 mm. Bij dit prototype werd een 35 rendement gemeten dat drie keer zo hoog was als dat van een verbelijkbare standaard thermo-electrische inrichting bij een temperatuurverschil ΔT over de inrichting van 80K.

8801093

Voorbeeld II

Gelijk als Voorbeeld I, maar in plaats van koperen staafjes voor de tussenstukken 9 buigzame koperen draden met een lengte van circa 500 mm. Ook deze inrichting bevestigde de werking volgens de uitvinding.

Het verhogen van het rendement van de thermo-electrische in-
5 richting volgens de uitvinding maakt het mogelijk lagere temperaturen te bereiken dan voorheen mogelijk was, wanneer een aantal, bijvoorbeeld vijf, thermo-electrische inrichting in cascade worden geschakeld, waarbij in het genoemde geval bij een rendementsverbetering met een factor 3 per inrichting het totale rendement met een factor $3^5 = 243$ wordt verbeterd.

10 Om met de gebruikelijke thermo-electrische inrichting, die vaak Peltierelement wordt genoemd, bij een temperatuur van 150K 1 W aan warmte te transporteren is een cascadeschakeling van 8 Peltierelementen nodig en moet aan de schakeling een vermogen van 7 kW worden toegevoerd. Met de thermo-electrische inrichting volgens de uitvinding kan bijvoor-
15 beeld een cascadeschakeling van zes stuks worden toegepast, waarbij dan slechts een toegevoerd vermogen van $7 \cdot 10^3 \cdot 3^{-6} \approx 10$ W nodig zal zijn.

Samenvattend kan de onderhavige thermo-electrische inrichting worden toegepast bij Peltierelementen, ongeacht de toepassing als koel- of verwarmingselement, of als thermo-electrische generator. De tussen-
20 stukken 9 kunnen stijf of flexibel zijn en verschillende vormen en doorsneden hebben. Wanneer ze flexibel zijn hoeven de (warme en koude) platen 2, 3 niet evenwijdig aan elkaar te zijn.

De parameters waarop het materiaal van de tussenstukken 9 moeten worden geselecteerd zijn:

25 - een zo laag mogelijke elektrische soortelijke weerstand ρ ; en
- een zo laag mogelijke soortelijke warmtegeleiding K ; en
- een zo klein mogelijke Z-waarde, dat wil zeggen een verhouding tussen elektrische soortelijke weerstand ρ en soortelijke warmtegeleiding K .

30 De eindstukken 8, 10 kunnen zeer kort worden gemaakt.

Door het verhoogde rendement kunnen op aantrekkelijke wijze lage temperaturen worden gehaald, die tot nu toe niet met behulp van Peltierelementen konden worden verwezenlijkt. Te denken hierbij valt aan de koeling van germaniumdetectoren voor het meten van γ -straling, snelle
35 elektronische schakelingen, supergeleiders, infra-rood detectoren en koelkasten voor welke toepassingen dan ook.

Bij gebruik van de thermo-electrische inrichting als thermo-electrische generator levert de rendementsverbetering analoge voordelen op.

. 8801093

Conclusies.

1. Thermo-electrische inrichting, omvattende een aantal electrisch in serie en thermisch parallel verbonden thermo-electrische elementen, die elk zijn voorzien van twee electrisch in serie en thermisch parallel verbonden elementhelften van tegengesteld geleidingstype, met het kenmerk,
5 dat elke elementhelft electrisch in serie verbonden twee halfgeleidende eindstukken en een electrisch geleidend tussenstuk heeft.
2. Thermo-electrische inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het electrisch geleidende tussenstuk bestaat uit voor het verkleinen van het thermisch geleidingsvermogen gedoteerd metaal.
- 10 3. Thermo-electrische inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het tussenstuk thermisch isolerend is.
4. Thermo-electrische inrichting volgens één van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat de lengte van het tussenstuk wezenlijk groter is dan die van de eindstukken.
- 15 5. Thermo-electrische inrichting volgens één van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat het tussenstuk flexibel is.
6. Thermo-electrische inrichting volgens één van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat het tussenstuk ten minste twee deelstukken van verschillend materiaal bezit.
- 20 7. Thermo-electrische inrichting volgen één van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat deze tussenstukken met een bepaalde lengteverdeling heeft.
8. Thermo-electrische inrichting volgens één van de voorafgaande conclusies, met het kenmerk, dat deze tussenstukken van tenminste twee
25 verschillende materialen heeft.
9. Thermo-electrisch element zoals beschreven in een van de voorafgaande conclusies.

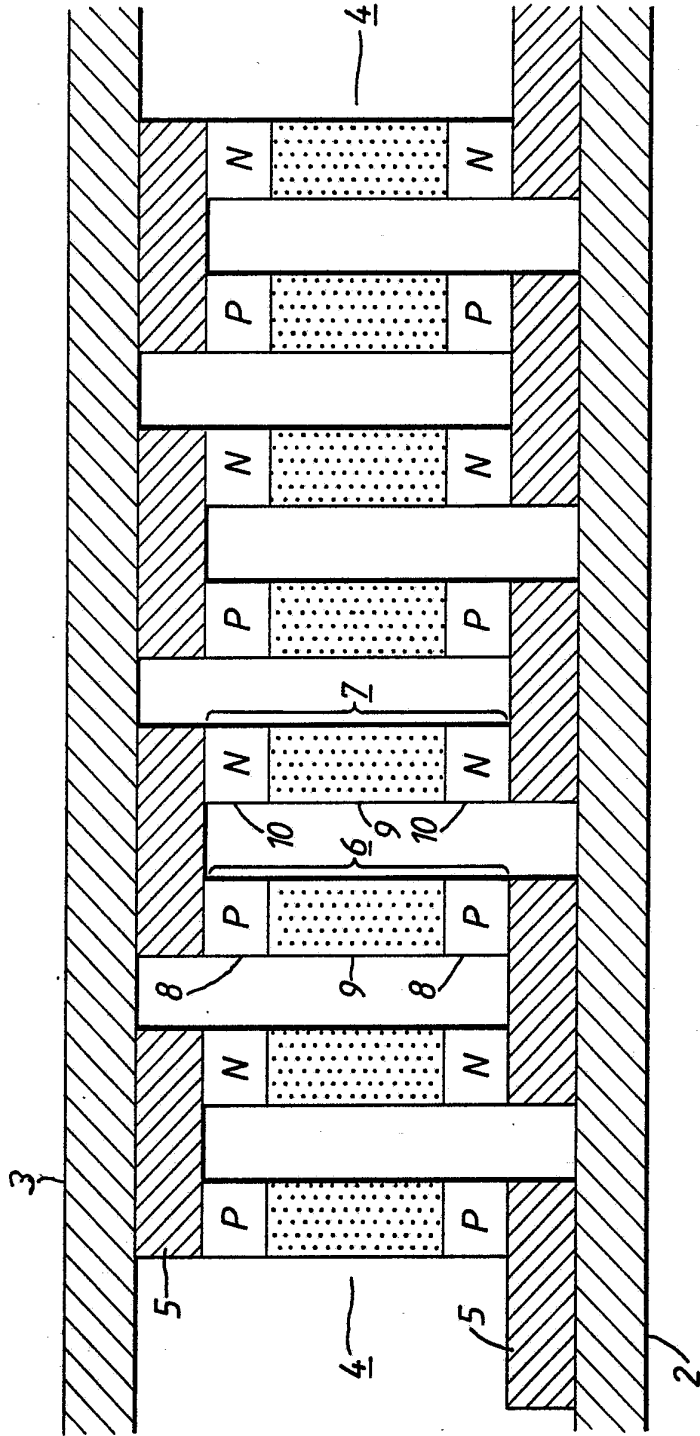
Eindhoven, april 1988.

. 880 1093

Bijlage voor octrooiaanvraag 8801093.

<u>pag.</u>	<u>regel</u>	<u>er staat</u>	<u>er moet staan</u>
2	5	gleidend	geleidend
2	8	verwarmingsgebied	verarmingsgebied
4	4	burg	brug
4	5	stroomdoorgan	stroomdoorgang
4	7	dan ook	danook
6	17	indium	irridium
7	1	voorbeel	voorbeeld
7	14	vogens	volgens
7	32	temperatueren	temperaturen
7	36	dan ook	danook
8	23	lengeteverdeling	lengteverdeling

8801093



.8801093