



SUOMI—FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

[B] (11) **KUULUTUSJULKAISU** 63848
UTLÄGKNINGSSKRIFT

C (45) Patentti ryhmittely 10 08 1985
Patenttiluokitus

(51) Kv.lk.³/Int.Cl.³ H 05 B 3/10

(21) Patenttihakemus — Patentansöknings	783067
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag	09.10.78
(23) Aikupäivä — Giltighetsdag	23.09.75
(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig	09.10.78
(44) Nähtävölkäpönon ja kuul.julkalsun pvm. — Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	29.04.83
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet	27.09.74
04.08.75 USA(US) 510036, 601638	

(71) Raychem Corporation, 300 Constitution Drive, Menlo Park, California
94025, USA(US)

(72) David August Horsma, Palo Alto, California, Bernard John Lyons,
Atherton, California, Robert Smith-Johannsen, Portola Valley,
California, USA(US)

(74) Berggren Oy Ab

(54) Kerrostettu sähköinen vastuselementti sekä sen käyttö alustapinnan
peittämiseksi - Skiktat elektriskt motståndselement samt användning
av detsamma för överdragning av en underlagsyta

(62) Jakamalla erotettu hakemuksesta 752667 - Avdelad från ansökan 752667
Esillä oleva keksintö kohdistuu erikoisesti sähkölämmitystä var-
ten tarkoitettuun patenttivaatimuksen 1 johdannon mukaiseen ker-
rostettuun sähköiseen vastuselementtiin.

Parannus sähkölämmityslaitteissa on viime vuosina ollut itsesäätä-
vien lämmityssysteemien käyttöönotto, joissa käytetään materiaaleja,
joilla on tietyn tyypin PTC-ominaisuuksia, nimittäin että kun
tietty lämpötila on saavutettu, tapahtuu huomattava vastuksen nousu.
Lämmittimissä, joissa käytetään PTC-materiaaleja, ilmoitetaan olevan
enemmän tai vähemmän terävät vastuksen nousut kapealla lämpötila-
alueella, mutta tämän lämpötila-alueen alapuolella niissä on vain
suhteellisen pienet vastuksen muutokset lämpötilan mukana. Lämpöti-
la, jossa vastus alkaa nousta jyrkästi, määritellään usein kytkentä-
tai anomialämpötilaksi (T_s), sillä saavuttaessaan tämän lämpötilan
lämmittimellä esiintyy epäsäännöllinen vastuksen muutos ja käytännön
syistä se kytkeytyy pois. Itse säätävillä lämmittimillä, joissa käy-
tetään PTC-materiaaleja, on tavanomaisiin lämmityslaitteisiin nähden
etuna se, että ne yleensä poistavat erillisten termostaattien, su-
lakkeiden tai linjassa olevien sähkövastusten tarpeen.

Yleisimmin käytetty PTC-materiaali on ollut lakattu bariumtitanaatti, jota on käytetty sellaisten keraamisten lämmittimien itsesääntöön, joita käytetään sellaisiin sovellutuksiin, kuten ruoanlämmitystarjottimiin ja muihin pieniin kannettaviin lämmityslaitteisiin. Vaikka tällaiset keraamiset PTC-materiaalit ovat yleisessä käytössä lämmitysovellutuksissa, niiden jäykkyys rajoittaa voimakkaasti sitä sovellutus-alaa, johon niitä voidaan käyttää. PTC-materiaaleja, jotka sisältävät sähköä johtavia polymeeriseoksia, tunnetaan myös, joista joillakin väitetään olevan yllä kuvatut erikoisominaisuudet. Kuitenkin tällaisten polymeeristen PTC-materiaalien käyttö on ollut suhteellisen rajoitettua etupäässä johtuen niiden pienestä lämmityskapasiteetista. Tällaiset materiaalit sisältävät yleensä yhtä tai useampaa johtavaa täyteainetta, esim. nokea tai jauhettua metallia dispergoituna kiteiseen kestopolymeeriin. Erittäin kiteisistä polymeereistä valmistetuilla PTC-seoksilla on yleensä jyrkkä vastuksen nousu, joka alkaa joitakin asteita niiden kiteiden sulamispisteen alapuolella samalla tavoin kuin niiden keraamiset vastineet käyttäytyvät Curie-lämpötilassa (T_s keraamisille aineille). PTC-seoksilla, jotka on johdettu pienemmän kiteisyyden, esim. alle n. 50 %:n omaavista homopolymeereistä ja kopolymeereistä, on jonkin verran vähemmän jyrkät vastuksen kasvut, jotka alkavat huomattavasti hitaammin määritellyssä lämpötilassa alueella, joka usein on huomattavasti polymeerin kiteiden sulamispisteen alapuolella. Ääritapauksessa jotkut alhaisen kiteisyyden omaavat polymeerit antavat vastus-lämpötilakäyrät, jotka ovat enemmän tai vähemmän koverat (ylhäältä). Muut kestopolymeerityypit antavat vastukset, jotka kasvavat melko tasaisesti ja enemmän tai vähemmän jyrkästi, mutta jatkuvasti lämpötilan mukana. Liitteenä olevien piirrosten kuvio 1 esittää luonteenomaisia käyriä yllä mainituille eri PTC-seosten tyypeille. Kuviossa 1 käyrässä I on terävä todella hetkellinen vastuksen kasvu (jäljempänä tunnetaan tyyppin I käyttäytymisenä), joka on yleensä ominainen muun muassa polymeereille, joilla on suuri kiteisyys; käyrä II esittää hitaampaa kasvua alemmissa lämpötiloissa (suhteessa polymeerin sulamispisteeseen), joka jäljempänä tunnetaan tyyppin II käyttäytymisenä, joka yleensä on luonteenomainen polymeereille, joilla on alhaisempi kiteisyys. Käyrä III kuvaa koveraa (ylhäältä) käyrää, joka on luonteenomainen (tyypin III käyttäytymisen) monille erittäin alhaisen kiteisyyden omaaville polymeereille kun taas käyrä IV kuvaa vastuksen suurta kasvua, jossa ei ole enemmän tai vähemmän pysyvän vastuksen aluetta (tyypin IV käyttäytyminen) ainakin kaupallisesti mielenkiintoisella lämpötila-alueella joidenkin materiaalien osalta. Käyrä V esittää lievästi nousevaa vastus-

lämpötilaominaiskäyrää (tyypin V käyttäytyminen), jota monet "normaalit" sähkövastukset osoittavat. Vaikka yllä mainittuja käyttäytymistyyppiejä on kuvattu viitaten etupäässä polymeerimateriaalin erikoistyyppieihin, alaan perehtyneet ymmärtävät, että aineen osoittama kulloinenkin käyttäytymistyyppi on myös hyvin riippuvainen johtavan täyteaineen tyypistä ja määrästä ja noen kyseessä ollen sen hiukkas-koosta ja muodosta, pintaominaisuuksista, agglomeroitumistaipumuksesta, ja hiukkasagglomeraattien muodosta (so. sen struktuurin muodostamistaipumuksesta).

On huomautettava, että alalla aikaisemmin paljastettujen suositeltavien PTC-seosten väitetään kaikkien osoittavan oleellisesti tyypin I käyttäytymistä. Itse asiassa alalla ei aikaisemmin erityisesti tunnettu tyyppien II-IV käyttäytymistä huolimatta siitä, että monilla alalla aikaisemmin paljastetuilla PTC-seoksilla ei itse asiassa ole tyypin I vaan mieluummin tyypin II, III tai IV käyttäytyminen.

Tyypin I vastus-lämpötilaominaisuuksien kyseessä ollen vastuksen kasvu T_s -pisteen yläpuolella on nopeaa siten, että pistettä T_s voidaan pitää lämpötilana, jossa laite kytkeytyy pois päältä. Kuitenkin tyyppien II tai III PTC-materiaaleilla muutos vastuksesta, joka on suhteellisen stabiili lämpötilaa nostettaessa, vastukseen, joka nousee jyrkästi lämpötilan mukana, on paljon huonommin määriteltävissä ja anomalia lämpötila tai T_s ei usein ole tarkka lämpötila. Tässä patenttimäärittäyksessä, vaikka laitetta voidaan kuvata itse katkaisevana tietyllä T_s -arvolla, alaan perehtyneet ymmärtävät, että monissa käytännön tapauksissa on sopivampaa ymmärtää T_s -arvon olevan alhaimman lämpötilan lämpötila-alueella, jolla laite kytkeytyy pois, tai pitää T_s -arvoa suhteellisen kapeana lämpötila-alueena mieluummin kuin tiettynä lämpötilana.

Aikaisemmin paljastetuilla itsesäätävillä lämpölaitteilla, joissa käytetään PTC-materiaalia, esitetään olevan erittäin jyrkät (tyyppi I) $R = f(T)$ -käyrät siten, että tietyn lämpötilan yläpuolella laite itse asiassa sulkeutuu, kun taas tämän lämpötilan alapuolella saavutetaan suhteellinen pysyvä wattiteho vakiojännitteellä. T_s -arvon alapuolisilla lämpötiloilla vastus on suhteellisen pieni ja vakio-tasolla ja näin ollen virtavuo on suhteellisen suuri millä tahansa käytetyllä jännitteellä. Tämän virtavuon kehittämä energia häviää lämmöksi, so. sähköinen vastus kehittää lämpöä ja lämmittää PTC-materiaalin. Lämpötilan noustessa vastus pysyy tällä suhteellisen

alhaisella tasolla, suunnilleen T_S -lämpötilaan saakka, jossa pisteessä tapahtuu nopea vastuksen kasvu. Vastuksen kasvaessa tapahtuu samanaikainen tehon lasku, mikä rajoittaa kehittyneen lämmön määrää siten, että kun T_S saavutetaan, lämmitys oleellisesti lakkaa. Sen jälkeen, kun laitteen lämpötila on laskenut alle T_S -pisteen lämpöhäviönä ympäristöön, vastus laskee nostaen tehon tuotantoa.

Pysyvässä olotilassa kehittynyt lämpö on oleellisesti tasapainossa hukkaan menneen lämmön kanssa. Näin ollen kun käytetty jännite suunataan PTC-lämmityselementin läpi, Joule-lämpö saa aikaan PTC-elementin lämpenemisen aina suunnilleen sen T_S -pisteeseen saakka, tämän lämpenemisen nopeuden riippuessa käytetystä jännitteestä ja PTC-elementin tyypistä, minkä jälkeen vain pientä lämpötilan nousua tapahtuu johtuen vastuksen kasvusta. Johtuen vastuksen noususta PTC-lämmityselementti saavuttaa tavallisesti pysyvän olotilan suunnilleen T_S -pisteessä säätäen tällöin itse elementin lämmöntuotannon turvautumatta sulakkeisiin tai termostaatteihin. Tällaisen itseensä sisältyvän lämmönsäätöelementin edut ovat monissa sovellutuksissa ilmeiset.

Kohler paljastaa US-patentissa 3 243 753 nokitäytteisen polyeteenin, jossa johtavat nokihiukkaset ovat oleellisessa kosketuksessa toistensa kanssa. Kohler kuvaa tuotetta, joka sisältää 40 % polyeteeniä ja 60 % nokihiukkasia, jolloin vastukseksi saadaan huoneenlämpötilassa n. 0,4 ohm/cm. Kuten on tyypillistä alan aikaisempien materiaalien todistetuille ominaisuuksille, Kohler'in PTC-tuotteella kuvataan olevan suhteellisen matala sähkövastuskäyrä lämpötilan funktiona kytkentälämpötilan alapuolella, jota seuraa terävä resistiivisyyden nousu, joka on vähintään 250 % 14°C :n alueella. Kohler'in ehdottama mekanismi resistiivisyyden terävälle nousulle on se, että tällöin muutos on materiaalien, so. polyeteenin ja hiukkasmaisen noen lämpölaajeneman eron funktio. Arvellaan, että seoksen suuri johtavan täyteaineen määrä muodostaa johtavan verkoston polyeteenipolymeerimatriisin läpi antaen näin alussa muuttumattoman resistiivisyyden alemmilla lämpötiloilla. Kuitenkin suunnilleen kiteidensä sulamispisteessä polyeteenimatriisi laajenee nopeasti ja tämä laajeneminen aiheuttaa monien johtavien verkkojen murtumisen, joka puolestaan johtaa seoksen vastuksen nopeaan kasvuun.

Muihin teorioihin, joita on ehdotettu PTC-ilmiön selittämiseen johtavilla hiukkasilla täytetyissä polymeeriseoksissa, kuuluvat moni-

mutkaiset mekanismit, jotka perustuvat elektronien tunnelinmuodotukseen jyvästen välisten rakojen läpi johtavan täyteaineen hiukkas-ten välistä tai jotkut mekanismit, jotka perustuvat faasinmuutokseen kiteisistä amorfisiin alueisiin polymeerimatriisissa. Taustakeskustelu lukuisille ehdotetuille vaihtoehdoisille PTC-ilmiön mekanismeille löytyy artikkelista "Glass Transition Temperature as a Guide to the Selection of Polymers Suitable for PTC materials", J. Meyer, Polymer Engineering and Science, November, 1973, 13, n:o 6. US-patentissa n:o 3 673 121 Meyer ehdottaa, että perustuen faasinmuutosteoriaan, jyrkästi nousevan vastuksen PTC-käyrän saavuttamiseksi, jolla on terävä raja (tyyppi I) polymeerimatriisiin tulee sisältää kiteistä polymeeria, jolla on kapea molekyylipainojakautuma. Kawashima et al. paljastavat US-patentissa 3 591 526 PTC-valuseoksen, jossa johtavat hiukaset, kuten noki dispergoidaan ensin kestumuoviseen materiaaliin ja tämän jälkeen tämä dispergoitu seos sekoitetaan valuhartsiin. Kawashima et al. korostavat samoin erittäin jyrkän lämpötilavastuskäyrän (so. $R = f(T)$)-käyrän toivottavuutta, jossa T_s -piste on välillä n. 100-130°C.

Johtuen niiden joustavuudesta, suhteellisen alhaisesta hinnasta ja asennuksen helppoudesta PTC-nauhakuumentimille, jotka sisältävät johtavia hiukkasia dispergoituina kiteiseen polymeeriin, on viime aikoina löytynyt laajaa käyttöä putkien lankakuumentimina teollisuuden putkistoissa ja sentapaisissa sovellutuksissa. Esimerkiksi tällaisia polymeerisiä PTC-kuumentimia on, johtuen niiden itsesääätävistä piirteistä, käytetty putkin peittämiseen kemiallisissa laitoksissa niiden suojaamiseksi jäätymiseltä tai pysyvän lämpötilan ylläpitämiseen, mikä puolestaan tekee mahdolliseksi vesi- tai muiden liuosten virtaamisen putkien läpi ilman "suolan erottumista".

Tällaisissa sovellutuksissa lämmittimet ihannetapauksessa saavuttavat ja ylläpitävät lämpötilan, jossa energia, joka menee hukkaan lämmönsiirrosta ympäristöön, vastaa virrasta saatua energiaa. Tällaiset lämmittimet koostuvat tavallisesti suhteellisen kapeasta ja ohuesta nauhasta tai suikaleesta, joka on noella täytettyä polymeerimateriaalia, jossa on elektrodit (kuten upotetut kuparilangat) vastakkaisilla reunoilla pitkin suikaleen pituusakselia. Näin ollen on yleensä ajateltu sähköisen jännitegradientin kulkevan pitkin nauhan pituusakselia ja sitä vastaan kohtisuorassa olevaa tasoa pitkin, vastakkaisten elektrodien välille asetetun jännitteen saadessa aikaan koko

nauhan kuumenemisen, tavallisesti suunnilleen sen T_s -pisteeseen saakka.

Edellä olevasta selostuksesta selviää, että tyyppin I materiaaleilla on merkittäviä etuja edellä lueteltuihin muuntyyppisiin PTC-materiaaleihin nähden useimmissa sovellutuksissa. Tyypillä II ja III on se haitta, että johtuen paljon vähemmän terävästä muutoksesta lämmittimen muuttumaton lämpötila on riippuvaisempi siihen kohdistetusta termisestä kuormasta. Tällaiset seokset kärsivät myös virtasysäysongelmasta, jota kuvataan yksityiskohtaisemmin jäljempänä. Tyyppien IV ja V materiaaleja johtuen siitä, että niiltä puuttuu hyödyllinen lämpötila-alue, jolla energian tuotanto muuttuu lämpötilariippumattomuudesta lämpötilariippuvuuteen, ei ole pidetty tähän saakka sopivina materiaaleina käytännön lämmittimiin tavallisissa olosuhteissa.

Niissä käytöissä, joita on kuvattu yllä ja muissakin on olemassa tarvetta joustavista nauhakuumentimista, joilla on paljon suuremmat energian tuotantotiheydet ja/tai korkeammat käyttölämpötilat kuin alalla aikaisemmin ajateltiin. Ei näytä olevan mahdollista käyttää kuumentimia, erityisesti nauhakuumentimia, jotka on valmistettu alan aikaisemmista seoksista ja alan aikaisempien rakenteiden mukaisesti, korkeammilla energian tuotannoilla, so. korkeammilla wattitasoilla (yli n. $0,23 \text{ W/cm}^2$) ja/tai korkeammissa lämpötiloissa (yli n. 100°C). Varsinainen alan aikaisempien kuumentimien tuottama wattimäärä on paljon pienempi kuin mitä odottaisi laskemalla lämmitinpinta-alasta ja lämmönsiirtotarkasteluista ilmeisesti johtuen siitä, että lämpöä tuotetaan hyvin ohuessa nauhassa pitkin kahden elektrodin välissä olevan nauhan pituusakselia. Tällaista ilmiötä kutsutaan tässä kuumaviivaksi. Tämä kuumaviiva johtaa riittämättömään ja epäyhtenäiseen lämmitysominaisuuteen ja tekee koko lämmityslaitteen käyttökelvottomaksi suurimmaksi osaksi lämmitysjaksoa sovellutuksissa, joissa suuret wattitehot, erityisesti yli 100°C :n lämpötiloissa ovat toivottavia. Tarkemmin sanoen koska lämmöntuotanto on rajoittunut kapealle nauhalle tai viivalle poikittain virtatietä vastaan, tämän viivan suuri vastus estää virran kulun viivan poikki aiheuttaen itse asiassa koko lämmittimen sulkeutumisen, kunnes kuumen viivan lämpötila putoaa jälleen alle T_s -arvon.

Nyt on havaittu, että tämän kuumen viivan tila esiintyy useimmissa ellei kaikissa aikaisemman käytännön mukaan suunnitelluissa polymeerisissa PTC-nauhakuumentimissa, joissa jännite on päällä ja virta

kulkee pituussuuntaa vastaan kohtisuoraan nauhan poikki, tällaisen tilan laajuuden riippuessa yleensä käytetyn jännitteen määrästä sekä polymeerin lämmönjohtokyvystä ja epäyhtenäisen lämpöhukan määrästä. Kuuma viiva pitkin nauhan pituusakselia elektrodien välillä sulkee tehokkaasti lämmityslaitteen siitä huolimatta, että vain pieni osa kalvon pinta-alasta, so. kuuma viiva on saavuttanut T_s -arvon. Tämä tuhoaa monessa tapauksessa kuumentimen tai ainakin tekee sen niin tehottomaksi, että sillä osoittautuu olevan hyvin pieni lämmityskyky, jonka on havaittu yleisesti liittyvän aikaisemman käytännön mukaisiin PTC-polymeerinauhakuumentimiin.

Yllä olevasta selostuksesta käy ilmi, että kuuman viivan poistaminen on tärkeää PTC-itsesäätävän kuumentimen tehokkaan toiminnan kannalta, erityisesti sellaisen, jolla on suuri energiantuotanto ja/tai korkea käyttölämpötila.

Olisi myös mitä edullisinta, jos voitaisiin valmistaa PTC-itsesäätävä kuumennin, jonka lämmityspinnan muoto olisi jokin muu kuin suhteellisen pitkä, kapea nauha, esim. neliömäinen tai pyöreä lämmitystyyny. Toivottava olisi myös PTC-itsesäätävä kuumennin, joka voitaisiin valmistaa suhteellisen monimutkaisiin kolmiulotteisiin muotoihin, esim. sellainen, joka kykenisi muodostamaan tehokkaan kosketuksen oleellisesti koko kemiallisen prosessiastian ulkopinnan kanssa. Valittavasti pyrkimys kuumaan viivaan on erityisen vallitseva, kun virtatien etäisyys, so. etäisyys elektrodien välillä on suuri verrattuna poikkileikkauspinta-alaan PTC-materiaalin pituusyksikköä kohti, jonka läpi virran on kuljettava. Esimerkiksi kun kyse on lämmitysnauhasta, jossa elektrodit ovat nauhan reunoissa, leveällä lyhyellä nauhallalla on suurempi taipumus kuumaan viivaan kuin samanpituuisella saman koostumuksen ja paksuuden omaavalla kapealla nauhallalla. Samoin pituuden ja leveyden ollessa samat mitä ohuempi nauha, sitä suurempi taipumus kuumaan viivaa. Nauhan pituuden lisäämisellä pidettäessä leveys ja paksuus vakiona ei ole merkittävää vaikutusta kuumaviivan muodostamisyhtymykseen. Kuumaviivan muodostumisen ongelmaa ei ilmeisesti ole aikaisemmin riittävästi ymmärretty ja varmuudella mitään koostumus- tai rakenne-ehtotusta sen pienentämiseksi ei ole tehty.

Polymeerisia PTC-seoksia on ehdotettu myös lämmössä kutistuviin tuotteisiin. Esimerkiksi Day kuvaa julkaisussa U.S. Patent Office Defensive Publication T 905 001 lämmössä kutistuvan PTC-kalvon käyt-

töä. Kuitenkin Day'n kutistekalvo kärsii siitä melko vakavasta haitasta, että koska T_s ei ole korkeampi kuin kalvon kiteiden sulamispiste, vain hyvin pieni palautumisvoima voidaan synnyttää. Buiting et al. ehdottavat US-patentissa 3 413 442 lämmitinrakenteita, joihin liittyy polymeerikerroksen laminointi hopeaelektrodien väliin. Merkittävä haitta Buiting et al:in rakenteessa on sen joustamattomuus. Lisäksi enempää Buiting et al:in kuin mikään muukaan edellä selostettu alan aikaisempi kuvaus ei viittaa ja vielä vähemmän ratkaisee tiettyjä lisäongelmia, jotka ovat luonteenomaisia kaikissa alan aikaisemmissa PTC-lämmittimissä.

Ensinnäkin on virtasysäyksen ongelma. Tämä ongelma on erityisen vaikea, kun halutaan saada aikaan lämmitin, jonka T_s on yli n. 100°C . Monissa sovellutuksissa voitaisiin edullisesti käyttää itsesäätäviä lämmittäjiä, joiden T_s on 200°C tai jopa ylikin. Valitettavasti kuten edellä mainittiin aikaisemmin ehdotetut PTC-lämmitinrakenteet ovat oleellisesti soveltumattomia näin korkeisiin T_s -sovellutuksiin.

Materiaaleilla, joiden T_s -arvot ovat huomattavasti yli 100°C , tällaisen materiaalin vastus T_s -lämpötilassa tai juuri sen alapuolella voi olla jopa 10 kertaa sen vastus ympäristön lämpötilassa. Koska PTC-lämmitin tavallisesti toimii T_s -lämpötilassa tai hiukan sen alapuolella, sen tehokas lämmöntuotanto määräytyy sen vastuksen mukaan hieman T_s -lämpötilan alapuolella. Tämän vuoksi PTC-lämmitin, joka kuluttaa esim. 15 amperia 200°C :ssa, voisi helposti kuluttaa 150 amperia ympäristön lämpötilassa. Tällainen lämmitinsysteemi vaatisi turhaan ylimääräistä virrankuljetuskapasiteettia siihen nähden, mitä pysyvän tilan toiminnassa vaaditaan tai vaihtoehtoisesti vaatii monimutkaisen ja yleensä helposti särkyvän tai kalliin säätöpiirin asentamista estämään 150 amperin alkuvirtasysäystä polttamasta lämmitintä tai siihen johtavia johtimia, kun lämmitin ensimmäistä kertaa kytketään sähkölähteeseen.

Viitaten liitteenä olevien piirrosten kuvioon 2, joka on vastus-lämpötilakäyrä, lämmittimen ominaiskäyrän suositeltavalla tyypillä (käyrä ABC) on ihannemuodossaan vakiovastus (jota osoittaa suora AB) T_s -pisteeseen saakka, ja vastus, joka nousee erittäin nopeasti (jota osoittaa suora BC) T_s -pisteen yläpuolella. Näin ollen käyttöalue sanokaamme sen maksimiarvosta suunnilleen kulutettuun O-virtaan, on se, jota esittävät katkoviivat, jotka leikkaavat vastus-lämpötilakäyrää kohdissa B ja D. Ihannelämmittimen energiantuotantoon eivät vaikuta

lämpötilan muutokset T_s -pisteen alapuolella, mutta sen sijaan muutokset sen koko alueella hyvin kapealla lämpötilavälillä T_s -pisteen yläpuolella. Valitettavasti kuten edellä on kuvattu hyvin harvoilla jos millään PTC-materiaalilla itse asiassa on tätä ihanneominaisuutta. Lähintä käyrää, joka tavallisesti voidaan saada käytännön lämmittimillä, esittävät viivat AB'C'. Jos sallittu maksimiteho, joka otetaan ulos sähkövirtapiiristä, saadaan vastuksella kohdassa A, niin käyttöalue itserajoitukselle tai "säädölle" saadaan viivan B'C' sillä osalla, joka on katkoviivojen välissä. On ilmeistä, että lämmittimen lämpötila toimittaessa "säätävissä" olosuhteissa vaihtelee paljon enemmän tässä viimemainitussa tapauksessa ja käytettävissä oleva tehoalue "säädetyllä" alueella on pienempi kuin ihannetapauksessa. Jos halutaan saada tehoalue, joka vastaa ihannetapauksen aluetta, tarvitaan viivan A'B"C" tapainen vastuksen ominaiskäyrä.

Viitaten jälleen kuvioon 2 käyrä AEF esittää osaa tyyppin II PTC-materiaalin vastusominaiskäyrästä. Jos kuten edellisessä tapauksessa käyttötehoalue on määritetty katkovastusviivoilla, voidaan helposti arvioida, että lämmittimen lämpötila vaihtelee käytössä melko laajoissa rajoissa riippuen termisestä kuormasta.

Vaikka kuten yllä mainittiin alalla aikaisemmin ymmärrettiin se huomattava etu, joka on lämmitinseoksen käytössä, jolla on tyyppin I vastus-lämpötilakäyrä, monet seoksista, joihin alalla aikaisemmin on viitattu, osoittavat käyttäytymistä, joka muistuttaa läheisemmin tyyppin II tai jopa tyyppin III käyttäytymistä. Optimaalinen (tyyppi I) ominaiskäyrä on vain rajoitetulla seosvalikoimalla ja on ollut olemassa kauan tiedostettu tarve keinolle modifioida seoksia, joilla on tyyppin II tai III käyttäytyminen siten, että käyttäytymisestä tulee tyyppin I kaltainen tai että se ainakin lähestyy paremmin sitä.

Alan aikaisemmille PTC-nauhalämmittimille luonteenomainen lisäongelma on se, että kun halutaan lämmittää epäsäännöllisen muotoista alustaa, lämmitin on kiedottava alustan ympärille, mikä johtaa siihen, että tietyt nauhan osat kokonaan tai osittain peittävät toisia osia. Tämä päällekkäisyys saattaa aiheuttaa epäsäännöllisen lämmityksen.

Näin ollen on ilmeistä, että vaikka suuri joukko PTC-seoksia ja -rakenteita tunnetaan alalla entuudestaan, kaikilla tällaisilla seoksilla ja rakenteilla ja itse asiassa kaikilla niiden ilmeisillä yhdistelmillä on vakavia puutteita, jotka voimakkaasti rajoittavat

itsesäätävien PTC-lämmityselementtien käyttöä.

Esillä olevan keksinnön mukaan aikaansaadaan edellä mainittua tyyppiä oleva kerrosrakenteinen vastuselementti, jolle on tunnusomaista, että toinen kerros on sähköistä vastusmateriaalia, jolla on pääasiallisesti vakiosuuruinen vastus (CW-kerros), ainakin ensimmäisen kerroksen anomaliaalämpötilan alapuolella, että ainakin osa ensimmäisen kerroksen pinnasta on kosketuksessa ainakin osaan toisen kerroksen pinnasta rajapintaa myöten, joka aikaansaa suoraan sähköisen ja termisen kosketuksen näiden välille, ja että elementti on lämmössä palautuva.

Keksinnön eräälle suoritusmuodolle on tunnusomaista, että se on itseohjautuva lämmityselementti, joka käsittää mainitun ensimmäisen ja toisen kerroksen sisältävän laminaatin, ja että ainakin yksi pari elektrodeja on sovitettu niin, että kun elektrodien välillä on potentiaaliero, kulkee normaalilämpötilassa virta elektrodien välillä ainakin ensimmäisen kerroksen ja ainakin toisen kerroksen osan läpi.

On suositeltavaa, että virtatien pituus PTC-kerroksen läpi ei ylitä sen paksuutta (mitattuna kohtisuoraan elektrodien välistä viivaa vastaan) yli 50 %:lla ja mieluummin ei yli 20 %:lla. Lisäksi on edullista, että PTC-kerroksella on kaksi oleellisesti tasomaista pintaa, jotka voivat olla yhdensuuntaiset ja jotka kummatkin ovat ainakin osittain kosketuksessa CW-kerroksen pinnan kanssa.

Eräässä toteutusmuodossa CW-kerroksen tai -kerrosten johtokyky on valittu siten, että materiaali, samalla kun se on riittävän resistiivinen kehittääkseen lämpöä, kun se liitetään sopivaan sähkölähteeseen, on riittävän johtava toimiakseen myös elektrodimateriaalina.

Vaihtoehtoisesti elektrodi voi olla metallia, joka voi olla upotettu tai kosketuksessa joko PTC-kerroksen tai CW-kerroksen pinnan kanssa tai kosketuksessa jomman kumman (so. pinnalla, joka on syrjässä rajapinnalta) tai molempien pintojen kanssa niiden välisellä jakopinnalla. Elektrodi voi olla kudosta, punosta, hila (esim. sarja yhdensuuntaisia elektrodeja tai seula tai verkko) ja langan, nauhan tai kalvon muodossa. Se voi olla myös kuitu. Kun elementti on sijoitettava johtavalle alustalle, kuten metalliputkelle, alusta voi itse muodostaa yhden elektrodin

Elementti voidaan päällystää yhdeltä tai useammalta tai kaikilta puolilta eristävällä kerroksella. Vaihtoehtoisesti tai lisäksi voi ainakin yhdelle pinnalle olla levitetty mielummin lämpöaktivoitu liima- tai tiivistekerros. Joissakin toteutusmuodoissa CW-kerros voi palvella tätä tarkoitusta.

Esineeseen sisältyvien kerrosten samoin kuin elektrodien materiaalia ja rakennetta on selostettu yksityiskohtaisesti kantahakemuksessa 752667, johon tässä yhteydessä viitataan.

Esillä oleva keksintö käsittää myös menetelmän kyseessä olevan kerrosrakenteisen esineen valmistamiseksi, ja keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista, että alustamateriaali päällystetään lämmössä palautuvalla elementillä, joka sisältää ainakin kaksi sähköisesti resistiivistä kerrosta, joista ensimmäisellä kerroksella on positiivinen vastuksen lämpötilakerroin (PTC) ja anomalia-lämpötila, jonka yläpuolella se on oleellisesti johtamaton, ja toisella kerroksella on oleellisesti muuttumaton vastus CW ainakin ensimmäisen kerroksen anomalia-lämpötilan alapuolella, ja että elementtiä lämmitetään palautumisen aikaansaamiseksi.

PTC- ja CW-kerrosten ja elektrodien muoto ja sijaintisuhde ovat tiettyjen rajoitusten alaisia ja seuraavat vaatimukset on täytettävä:

1. Missä tahansa lämpötilassa ainakin osa virtavuosta vastakkaisen napaisuuden omaavien elektrodien välillä kulkee ainakin vähintään yhden PTC-kerroksen osan läpi ja myös ainakin vähintään yhden CW-kerroksen osan läpi.

2. PTC- ja CW-kerrosten välillä on sekä sähköinen että termien kosketus (ja näin ollen kytkentä). Sähköiset ja termiset gradientit voivat olla yhdensuuntaiset tai ei-yhdensuuntaiset toistensa kanssa.

Kuten jäljempänä yksityiskohtaisemmin esitetään, tietyillä elementeillä, jotka on valmistettu tämän keksinnön mukaisesti, on korkeampi anomalia-lämpötila kuin itse PTC-kerroksen luontainen T_s -piste. Elementin T_s -pistettä kutsutaan teholliseksi T_s -pisteeksi.

On edullista, että PTC-kerroksessa olevat termiset ja sähköiset gradientit ovat pääasiassa pitkin samaa viivaa tai akselia PTC-kerroksen T_s -pisteessä tai sen tai tehollisen T_s -pisteen yläpuolella, jos viimemainittu on korkeampi.

3. T_s -pisteessä tai tehollisessa T_s -pisteessä tai niiden yläpuolella, jos viimemainittu on korkeampi maksimi virtavuon tie on se tie, jolla on minimi virtatien pituus PTC-kerroksen tai -kerrosten läpi, vaikkakin tällöin aikaansaadaan pitempi virtatien pituus CW-kerroksen tai -kerrosten läpi.

Elementin rakenne on tietyissä tapauksissa mieluummin sellainen, että virran suunnassa lyhin virtatie PTC-kerroksen läpi ei mittayksiköltään ylitä PTC-kerroksen maksimipaksuutta tasossa, joka on kohtisuorassa elektrodeja yhdistävää tasoa vastaan ja kohtisuorassa virtavuota vastaan, enempää kuin n. 50 % ja mieluummin enempää kuin n. 20 %.

Samana paksuus tarkoitetaan tässä käytettynä merkitsevän mittaamista tahansa kahden PTC-kerroksen pinnan välillä (sisä- ja ulkopinnan), joka on pienimmän mitan dimensio. Useimmissa tämän keksinnön mukaisissa lämmitinrakenteissa virtavuo PTC-materiaalin läpi T_s -pisteessä tai sen yläpuolella on etupäässä kohtisuorassa PTC- ja CW-kerroksen välistä rajapintaa vastaan.

Keksintöä kuvataan nyt yksityiskohtaisemmin ainoastaan esimerkin vuoksi viitaten liitteenä oleviin piirroksiin, joissa:

Kuviot 1 ja 2, joita on jo selostettu, kuvaavat eri PTC-materiaalien vastus-lämpötilaominaisuuksia;

kuviot 3-5 ovat perspektiivikuvia alan aikaisemmista rakenteista, joissa käytetään PTC-seoksia;

kuviot 6-12, 13b ja 15-34 ovat perspektiivikuvia eri elementeistä, jotka on valmistettu keksinnön mukaisesti, tai palvelevat niiden kuvaamista ja selvittämistä;

kuvio 13a on poikkileikkaus kuviossa 13b esitetystä toteutusmuodosta, kun taas kuvio 14 on poikkileikkaus kuviossa 15 esitetystä toteutusmuodosta;

kuvio 35 esittää toteutusmuotoa, jossa itse asiassa kärki-elektrodeja on sijoitettu tietyin välein pitkin elementin pituutta;

kuviot 36 ja 37 esittävät teho-lämpötilariippuvuutta tietyissä esimerkeissä kuvatuille tuotteille.

Viitaten nyt tarkemmin kuvioihin 3-5 niissä esitetään erilaisia alan aikaisempia rakenteita, joissa käytetään PTC-seoksia. Kuvio 3 esittää nauhalämmitintä, joka on samantapainen kuin se, joka on esitetty US-patentissa n:o 3 413 442, jossa ohuet hopeakalvot 1 ja 3 on sijoitettu PTC-materiaalin 2 molemmille puolille. Tämä ei ole tämän keksinnön mukaista, vaikkakin laminoitu rakenne esitetään, sillä PTC-kerrokseen rajoittuva materiaali on niin johtavaa, ettei se itse toimi lämmittimenä.

Kuvio 4 esittää US-patentin 3 243 753 mukaista nauhalämmitintä, jossa PTC-materiaalin 6 molemmilla reunoilla on johtavat hila-elektrodit 5 ja 7.

Kuvio 5 esittää aikaisemmin ehdotettua nauhalämmitintä, jossa PTC-materiaalissa 10, jonka poikkileikkaus on dumbbell-kappaleen muotoinen, on johtavat lankaelektrodit 8 ja 9 sijoitettuna pitkin sen pituutta.

Kääntyen nyt tämän keksinnön mukaisesti laadittujen rakenteiden puoleen kuvio 6 esittää PTC-kerrosta 11, johon rajoittuu tai osittain rajoittuu CW-lämmityskerros 12. Wattiluvultaan muuttumattoman kerroksen pinnalla on hilaelektrodi 13, kun taas toinen hilaelektrodi 14 rajoittuu PTC-kerroksen sille pinnalle, joka on kauimpana wattiluvultaan muuttumattomasta kerroksesta 12.

Kuviossa 7 suuri määrä nauhaelektrodeja 16, jotka on kytketty rinnan, on upotettu CW-kerrokseen 15. Vastaelektrodi 18 on jatkuva kalvo, joka on levitetty PTC-materiaalin 17 ulkopinnalle.

Kuvio 8 esittää lisämuunnelmaa, jossa elektrodit 20 ja 22 ovat nauhaelektrodeja (elektrodien 20 ollessa rinnan tai sarjaan kytkettyjä ja elektrodien 22 samoin), elektrodien 20 ollessa kerrostettu PTC-kerroksen 21 ja CW-kerroksen 19 väliin. Tässä rakenteessa vastukseltaan alhainen CW-kerros on toivottava, koska gradienttipotentiaali pitkin kerrosten 21 ja 19 välistä jakopintaa pienenee.

Kuvio 9 esittää samantapaista rakennetta kuin kuvio 6 hilaelektrodin 23 ollessa CW-kerroksen 24 päällä, joka puolestaan rajoittuu PTC-kerrokseen 25. Toinen elektrodi on kuitenkin hilaelektrodi, joka on kerrostettu PTC-kerroksen sisään.

Viitaten kuvioon 10 CW-kerrokseen 27 on upotettu ensimmäinen elektrodien sarja 28, kun taas PTC-kerrokseen 29 on upotettu toinen elektrodien sarja 30.

On ymmärrettävä, että kuvioissa 6-10 esitettyjä eri toteutusmuotoja voidaan käyttää tämän keksinnön mukaisesti missä tahansa yhdistelmässä. Tarkemmin sanoen kuvioissa 6 ja 9 esitettyjä hilaelektrodeja, kuviossa 7 esitettyjä kalvoelektrodeja tai kuviossa 8 esitettyjä nauhaelektrodeja voidaan käyttää missä tahansa näistä toteutusmuodoista ja kahden tai useamman erityyppisen elektrodin yhdistelmää voidaan käyttää annetussa rakenteessa. Ensimmäinen elektrodi voidaan sijoittaa CW-kerroksen päälle, upottaa CW-kerrokseen tai asettaa

CW-kerroksen ja PTC-kerroksen väliin, Toinen elektrodi voidaan sijoittaa PTC-kerrosten vastakkaiselle puolelle toisen CW-kerroksen päälle, sisään tai väliin tai PTC-kerroksen alle tai sen sisään.

Kuvio 11 esittää nauhaelektrodeja 32 ja 34, jotka on upotettu kahteen CW-kerrokseen 31 ja 35, PTC-kerroksen 33 ollessa kerrostettu elektrodi-CW-kerrosten väliin. Luonnollisesti kuten edellä esitettiin, elektrodilla voi olla hila-, kalvo- tai muu rakenne.

Kuvio 12 esittää tämän keksinnön erikoistoteutusmuotoa, joka on havaittu hyödylliseksi T_s -arvon nostamiseen. Kuten edellä esitettiin, porrastamalla elektrodit siten, että virtatiellä on komponentti kerrosten poikki sen sijaan, että se olisi kohtisuoraan läpi, tehollista T_s -arvoa voidaan nostaa. Niinpä kuviossa 12 nauhaelektrodit 37 on porrastettu nauhaelektrodien 39 geometrinen kohtisuorien projektoiden väliin, elektrodisarjojen 37 ja 39 ollessa upotettu CW-kerrokseen 36 ja 40 ja PTC-kerroksen 38 ollessa kerrostettu niiden väliin.

Kuviot 13a ja 13b ovat poikkileikkaus ja perspektiivikuvanto suositeltavasta toteutusmuodosta. Suuri määrä lankaelektrodeja 42 sarjaan kytkettyinä on upotettu CW-kerrokseen 41 ja samalla tavoin suuri määrä 45 kerrokseen 44, PTC-kerroksen 43 ollessa kerrostettu kerrosten 41 ja 44 väliin. Langat 42 ovat mieluummin kaikki oleellisesti yhteen suuntaan lankojen 45 ollessa toiseen suuntaan, joka on oleellisesti kohtisuorassa ensimmäistä vastaan. Edelleen koko kerrosrakenteella voi olla kiekon muoto, joka on erityisen hyvin sopiva lukuisiin lämmityssovellutuksiin.

Viitaten kuvioihin 14 ja 15 niissä esitetään kerrostettu rakenne, joka sopii erityisesti lämmön suhteen palautuvien kapselointituotteiden valmistukseen, kuten esitetään täydellisesti suomalaisessa patenttihakemuksessa nro 752666. Tätä tarkoitusta varten kerrokset ovat yleensä taipuisaa polymeerimateriaalia minkä tahansa tai kaikkien kerrosten ollessa tehty lämmössä palautuviksi. Lämmössä palautuvien elementtien ja niiden sovellutusten yksityiskohtasemman kuvauksen suhteen katso yllä mainittua hakemusta. Jos elementtiä on määrää käyttää sähköliitoksen tiivistämiseen käyttäen tämän keksinnön kerrosyhdistelmää, aikaansaadaan ulkokerros 46, joka voi olla eristysmateriaalia, joka voi olla lämmössä palautuvaa, mutta ei välttämättä tarvitse olla sitä. Seuraavana laminaatissa on CW-materiaali,

Johon on upotettu elektrodit 48, jotka voivat olla punottua, saha-
maista tai kierteistä muotoa ja jotka on kytketty sarjaan teholähtee-
seen. Seuraavana on PTC-materiaalikerros 49, toisen elektrodien sar-
jan 51 ollessa upotettu toiseen CW-kerrokseen 50. Toinen eristävän
materiaalin kerros 53, joka voi olla lämmössä palautuva, on sijoitet-
tu lämmityskerrosten viereen ja tämän kerroksen 53 ulkopinnalla on
liimakerros 54, joka on lämpöaktivoitu tämän keksinnön lämmitysele-
mentillä.

Viitaten nyt kuvioihin 16-34 mitä tahansa muotoa olevia elektrodeja
on merkitty viitenumeroilla 55 ja 56, CW-kerroksia on merkitty nume-
roilla 57 ja 58, PTC-kerroksia numeroilla 59 ja 60 ja johtavaa alus-
taa, esim. putkea numerolla 61.

Kuvio 16 edustaa toteutusmuotoa, jossa tietyn kerroksen dimensioita
(esimerkiksi paksuutta) ja sen seurauksena CW- ja PTC-kerrosten suh-
teellisia paksuuksia vaihdellaan paikallisesti tehontuotantotiheyden
ja/tai tehollisen T_s -arvon muuttamiseksi. Kuvio 17 edustaa toteutus-
muotoa, jossa PTC- ja/tai CW-kerros sisältää eri seoksia eri paikois-
sa wattitiheyden ja/tai tehollisen T_s -arvon muuttamiseksi.

Kuvio 18 on poikkileikkaus toteutusmuodosta, jossa alusta, esimerkik-
si metalliputki on osa sähköistä virtapiiriä, ts. se muodostaa yhden
elektrodeista. Kuvio 19 edustaa toteutusmuotoa, jossa yksityiset ker-
rokset on kiedottu peräkkäin esineen ympärille, joka on tarpeen läm-
mittää kerrostetun lämmittimen muodostamiseksi itse paikalla. Kerrok-
set voidaan saattaa tarttumaan yhteen lämmittämällä joko ulkoisesti
tai johtamalla niihin sähkövirtaa tai kerrokset voidaan muodostaa
materiaaleista, jotka tarttuvat yhteen lämpötilassa, jossa esinettä
käytetään. Tämä on esimerkki toteutusmuodosta, jossa saattaa olla
erityisen hyödyllistä, että alusta muodostaa osan sähköisestä virta-
piiristä. Kuviot 20-26 esittävät toista toteutusmuotojen ryhmää.
Kuviossa 20 esitetyssä rakennemuunnoksessa elektrodilla 56 voi myös
olla samankeskeinen kerros 60 PTC-materiaalia kuten elektrodille 55
on esitetty. Kuvioissa 23-25 esitetyt rakenteet ovat esimerkkejä läm-
mittimistä, joissa johtuminen tehollisen T_s -pisteen alapuolella
(riippuen PTC- ja CW-kerrosten suhteellisista resistiivisyyksistä)
voi tapahtua pääasiassa PTC-kerroksen poikki elektrodien välillä.
Kuitenkin kun PTC-kerros lämpenee sen T_s -lämpötilan yläpuolelle,
johtuminen tapahtuu pääasiassa tai lähes kokonaan toiselta elektrodil-

ta PTC-kerroksen paksuuden läpi lyhimmän mahdollisen tien kautta täältä elektrodilta wattiluvultaan muuttumattomaan kerrokseen ja sitten wattiluvultaan muuttumattoman kerroksen läpi toiselle elektrodille (jälleen mahdollisesti väliin tulevan PTC-kerroksen minimipaksuuden läpi).

Todetaan, että "pääasiallinen" virran kulku, johon tässä on viitattu, on yhteydessä tiehen, jota pitkin suurin virran "vuo" kulkee. Vaikka teoreettisesti tämä tie ei aina ole tarkalleen lyhin tie PTC-kerroksessa, koska jopa T_s -pisteessä tai sen yläpuolellakin loppuosa PTC-materiaalista kuljettaa jonkin osan virrasta, tämä osa voidaan jättää huomioonottamatta käytännön tarkoituksissa, esim. kuvion 24 tapaisessa rakenteessa, kuten piirroksessa esitetään virta kulkee käytännön syistä pääasiassa kohtisuoraan ylöspäin ja alaspäin PTC-kerroksen 59 läpi ja pitkin kerroksia 57 ja 58, vaikka on oltava olemassa hyvin pieni komponentti toista elektrodia kohti PTC-kerroksessa olevan pääasiallisen virran kulkutiellä. Tämä on riittävän pieni jätettäväksi huomioonottamatta käytännön tarkoituksiin.

Kuviossa 25 esitetyssä rakennevaihtoehdossa kerros 59 voidaan jättää pois ja elektrodi 56 sijoittaa kosketukseen kerrosten 57 ja 58 kanssa erotettuna kauaksi elektrodista 55.

Kuviot 26 ja 27 kuvaavat toteutusmuotoja, joissa PTC-kerros rajoittuu vain osittain CW-kerrokseen. Olemme havainneet, että kun koko CW-pinta-alan sitä osaa, joka on kosketuksessa PTC-pinta-alan kanssa, pienennetään, ympäristön lämpötila, jossa tietyllä käyttöjännitteellä lämmitin rajoittaa tehontuotantoaan, laskee myös.

Kuvio 28 esittää toista kuviossa 21 esitetyn toteutusmodon muunnosta ja tässä kuvion 28 muunnoksessa voi olla yksi CW-kerros 57, joka on sijoitettu siihen missä kerros 59 on kuvattu, ja pari PTC-kerroksia 59 ja 60, jotka korvaavat esitetyt CW-kerrokset 57 ja 58.

Kuviot 29 ja 30 esittävät lisämuunnoksia kerrostetusta peruslämmittimestä, jolla on sama yleinen muoto ja toimintatapa kuin kuvioissa 23-25.

Kuviot 31 ja 32 esittävät muita kuviossa 12 esitetyn toteutusmuodon muotoja, joissa lämmittimen tehollinen T_s voi edullisesti olla eri kuin pelkän PTC-materiaalin T_s -arvo edellä kuvatulla tavalla.

Kuviot 33 ja 34 osoittavat, kuinka hyödyllisiä kerrostettuja lämmitimiä voidaan muodostaa yhdistämällä suulakepuristuksella päällystettyjä lankoja, joiden päällysteillä on PTC- tai CW-ominaisuuksia.

Viitaten nyt kuvioon 35, siinä esitetään vielä eräs elementti, joka on laadittu tämän keksinnön mukaisesti ja jossa johtimilla 55 ja 56, jotka käytössä ovat erinäpaisia, on ympärillään samankeskkinen eristyskerros 62. Viitenumero 59 edustaa PTC-materiaalia ja 57 CW-materiaalia. Kerros 62 on epäjatkuva johtimen pinnalla siten, että kuten muodoltaan oleellisesti lineaarisessa pitkänomaisessa elementissä esitetään, eristesegmenttejä on poistettu jaksottain pitkin johtimen pituutta. Kuten voidaan nähdä, siellä missä eristys on poistettu, johdin on suoraan johtavassa kosketuksessa CW-materiaalin kanssa. Tällaiset kosketusalueet eivät kummallakaan elektrodilla ole vastapäätä toisiaan vaan itse asiassa vinottain vastapäätä pitkin elementin pituusakselia. Tämän toteutusmuodon etuna on, että välttämättä virran kulku napaisuudeltaan vastakkaisten elektrodien välillä ei tapahdu pelkästään elementin leveyden poikki, so. välimatkaa X, vaan itse asiassa virran on kuljettava välimatka Y niin että virtatie kulkee alaspäin osan elementin pituudesta. Pitkä virtatie on toivottava siinä mielessä, että se tekee mahdolliseksi käyttää vastukseltaan pientä CW-materiaalia (mikä tekee mahdolliseksi suurempien jännitteiden käytön) ilman, että se osoittaa pyrkimystä palaa. On luonnollista, että vaihtoehtoisia rakenteita, jotka varmistavat, että virta kulkee ainakin osittain alaspäin elementin pituutta pitkin, on helppo valmistaa. Esimerkiksi rakenteessa, jossa PTC-kerros on kerrostettu kahden CW-kerroksen väliin nauhaelektrodien ollessa sijoitettu CW-kerrosten ulkopinnalle; katkonainen eristyskerros voi olla sijoitettu kummankin wattiluvultaan muuttumattoman kerroksen ja sen pinnalle sijoitetun elektrodin väliin. Tai kun jatkuva eristyskerros on sijoitettu ulkopinnalle, elektrodit voivat vaihtoehtoisesti kulkea eristyskerroksen läpi ja koskettaa CW-kerrosta.

Seuraavat esimerkit kuvaavat keksintöä: tämän keksinnön mukaisesti laaditut elementit voidaan valmistaa monilla eri vanhastaan tunnetuilla tavoilla. Polymeerilämmittimiä varten yksityiset kerrokset voidaan suulakepuristaa erikseen ja sen jälkeen laminoida, sitoa tai muulla tavoin kiinnittää yhteen ja elektrodit upotetaan niihin suulakepuristuksen tai laminoinnin aikana halutulla tavalla. Kerrokset voidaan muutoin tehdä kalanteroimalla tai koekstruusiolla ja elektrodit upotetaan niihin edellä mainitulla tavalla missä tahansa sopivassa:

operaation vaiheessa. Suositeltavaa menetelmää valmistaa tiettyä tämän keksinnön mukaista lämmittimen toteutusmuotoa kuvataan yllä mainitussa suomalaisessa patenttihakemuksessa nro 752666.

Menetelmät ei-polymeeristen johtavien seosten laatimiseksi, jotka sopivat käytettäväksi tässä keksinnössä, esim. keraamiset seokset tai noella täytetty asbestipaperi, ovat alalla hyvin tunnettuja. Kerrokset voidaan kiinnittää toisiin kerroksiin sitomalla, hitsaamalla, liimamalla tai muilla hyvin tunnetuilla menetelmillä, joilla säilytetään tai ylläpidetään johtava kosketus kerrosten välillä.

Esimerkki 1

Valmistettiin kuviossa 14 yleisesti esitetyn kaltainen laminaatti, jonka PTC-kerros oli esimerkissä 5 esitetyn seoksen 2 kaltainen ja wattiluvultaan muuttumaton kerros oli esimerkissä 3 esitetyn kaltainen, eristyskerroksen koostuessa polyeteenin ja alhaisstruktuurisen, huonosti johtavan noen seoksesta. Liimakerros oli sulateliimaa, jonka rengas ja pallo-pehmenemislämpötila oli 110°C . Laminaattia säteilytettiin silloittumisen aikaansaamiseksi ennen päällystystä liimalla, kuumavenytettiin kohtisuoraan kierteisiä lankaelektrodeja vastaan ja jäähdytettiin. Venytetty kalvo käärrittiin polyeteenivaippaisen puhelinkaapelin ympärille ja vastakkaiset päät sidottiin yhteen. Kun elektrodilangat yhdistettiin 12 voltin lyijy-happoakkuun, laminaatti kutistui tasaisesti ja yhtenäisesti puhelinkaapelin päälle.

Esimerkki 2

Mitoiltaan $2,5 \times 15,2 \times 0,05$ cm olevaa nauhaa, jonka vastakkaisille reunoille pitkin sen pituutta oli kiinnitetty kuparielektrodit ja joka koostui 70 %:sta keskitiheyksistä polyeteeniä, 18 %:sta eteeni/etyyliakrylaattikopolymeeria ja 12 %:sta Cabot Corp.-yhtiön XC72 nokea, lämpökäsiteltiin 150°C :ssa tyhjössä 16 tuntia ja säteilytettiin sitten 20 Mrad:in annokseen saakka ja päällystettiin lämpötilaa ilmaisevalla maalilla (Templace 76°C :a osoittavalla maalilla). Elektrodit yhdistettiin 110 voltin vaihtovirtalähteeseen. Alle minuutissa valkoinen maali oli sulanut kapealle alueelle, jonka leveys oli suunnilleen $2,54/25,4$ cm ja joka oli karkeasti yhtä kaukana elektrodien välillä, ns. "kuumana viivana". Pintalämpötilan kuumen viivan keskellä arvioitiin olevan lähellä 85°C , joka on juuri tämän erikoisseoksen T_g -pisteen yläpuolella. Alueet, jotka olivat vain 0,5 cm kuumasta viivasta, olivat alle 50°C . Tässä tilassa elementti syn-

nytti oleellisesti kaiken tehonsa kuumen viivan alueelta. Samantapaisessa kokeessa, jossa elementti eristettiin, asetettiin veteen ja liitettiin teholahteeseen, havaittiin samanlainen "kuuma viiva". Tämän jälkeen tämän esimerkin seoksesta valmistettiin laminoitu ydin, joka kerrostettiin CW-kerrosten väliin, jotka olivat nokitäytteistä silikonikumia, kummankin CW-kerroksen viedessä 20 AWG:n (halkaisijaltaan n. 0,081 cm) monisäikeisen kuparilangan keskikohtaansa. Elementti lämpeni tasaisesti n. 65°C:n yhtenäiseen pintalämpötilaan ilmassa ydinlämpötilan ollessa n. 80°C. Näin ollen PTC-kerroksen kerrostaminen wattiluvultaan muuttumattomien kerrosten väliin poisti kuumen viivan tästä PTC-seoksesta.

Esimerkki 3

Valmistettiin sarja laminoituja lämmittimiä käyttäen wattiluvultaan muuttumatonta kerrosta, joka koostui 35 osasta etyleeni-propyleenikumia, 30 osasta etyleeni-vinyyliaasettaati-kopolymeeria ja 35 osasta nokea, ja PTC-ydinseosta, jota kuvataan alla olevassa taulukossa I, ja jossa noki dispergoitiin polypropeeniin ennen kuin TPR 1900-kumi sekoitettiin mukaan.

TAULUKKO I

Näyte n:o	1	2	3	4	5	6
TPR 1900 (termoplastinen etyleeni-propyleenikumi, valm. Uniroyal Corporation)	72,5	70,0	68,75	67,5	66,25	65,0
Profax 6524 (polypropeeni, valm. Hercules Corporation)	16,5	18,0	18,75	19,5	20,25	21,0
XC72 (Cabot Corp.-yhtiön noki)	11,0	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0

CW- ja PTC-materiaalit puristettiin hydraulisesti 200°C:ssa mitoiltaan 15,2 x 15,2 x 0,05 cm oleviksi laatoiksi yhden minuutin ajan ja lämmitinrakenteita, jotka sisälsivät PTC-kerroksen kerrostettuna kahden CW-kerroksen väliin, laminoitiin 200°C:ssa kaksi minuuttia ja lämpökäsiteltiin sitten 200°C:ssa 10 minuuttia ja säteilytettiin. Mitoiltaan 2,5 x 3,75 cm olevia lämmitinsegmenttejä leikattiin jokaisesta näytteestä ja mitoiltaan 2,5 x 0,635 cm olevat johtavathopeamaali-elektrodit maalattiin CW-kerrosten diagonaalisesti vastakkaiseen 2,5:en reunaan rajautuen, mikä johti samantapaiseen lämmitinrakenteeseen kuin kuviossa 12. Seoksen muutoksen vaikutus käynnistyssysäys- ja käyttövirran väliseen suhteeseen ja itsesäättävään lämpötilaan voi-

daan nähdä käynnistysyhteys- ja T_s -lämpötilasta taulukossa II alla:

TAULUKKO II

Seos	Nokimäärä ytimessä, %	Laminaatin vastus huoneenlämpötilassa (ohm)	Käynnistysyhteys-suhde*	T_s (°C)**
Pelkkä PTC-ydin	12,5	-	8	85
1	11	21 000	8	90
2	12	260	5	105
3	12,5	245	4,4	125
4	13	230	3,9	165
5	13,5	220	3,7	185
6	14	205		

*) Määritelty T_s -lämpötilan vastuksen ja huoneenlämpötilan vastuksen suhteena.

**) PTC-materiaalin sulamispiste n. 165°C.

Kuten käy ilmi pienehkö muutos PTC-materiaalin koostumuksessa pidettäessä CW-materiaali muuttumattomana voi merkittävästi muuttaa T_s -pistettä ja käynnistysyhteys-suhdetta, kun niitä käytetään keksinnön mukaisesti kootussa lämmittimessä. Erityisesti T_s -pistettä voidaan muuttaa PTC-materiaalin sulamispisteen yläpuolelle. Sitäpaitsi kun PTC-materiaali, jonka T_s oli 85°C ja joka sisälsi 12,5 % nokea, kerrostettiin CW-kerrosten väliin, tehollinen T_s nousi 125°C:een, käynnistysyhteys-suhteen esittämän viimeainitun vastuslämpötilakäyrän ollessa paljon lähempänä tyyppin I käyttäytymistä (jolla määritelmän mukaan on käynnistysyhteys-suhde 1).

Esimerkki 4

Esimerkissä 2 kuvatun koostumuksen omaava 0,063 cm paksu PTC-materiaalilaatta laminoitiin kahden 0,063 cm paksun CW-kerroksen väliin, joiden koostumus oli sama kuin esimerkin 3 CW-kerroksilla. Laminaattia lämpökäsiteltiin 150°C:ssa 16 tuntia ja säteilytettiin sitten n. 10 megaradin annokseen. Laminaatista leikatulla 2,5 cm:n neliömäisellä palalla, joka oli maalattu johtavalla hopeamaalilla CW-kerrosten koko ulkopinnoilta, so. samanlaisella perusrakenteella kuin kuviossa 11, havaittiin olevan T_s -arvo 70°C. Samanlaisella näytteellä, johon oli kiinnitetty kaksi 2,5 x 0,63 cm:n nauhaelektrodia wattiluvultaan muuttumattoman kerroksen diagonaalisesti vastakkaisille taso-

pinnoille (yksi kummallekin kerrokselle) (so. samalla tavoin kuin kuviossa 12), havaittiin olevan T_s -arvo yli 90°C . Näin ollen on ilmeistä, että elektrodien sijoitus voi merkittävästi muuttaa tämän keksinnön mukaisten rakenteiden T_s -arvoja.

Esimerkki 5

PTC-seokset, joilla oli taulukossa III esitetty koostumus ja ominaisuudet, valmistettiin valssisekoituksella, puristettiin sitten hydraulisesti 0,025 cm paksuiksi laatoiksi ja säteilytettiin silloittumisen aikaansaamiseksi. Kerrostetut lämmittimet valmistettiin kerrostamalla PTC-kerros kahden CW-kerroksen väliin, joiden vastus oli 7 ohm-cm ja jotka oli valmistettu johtavasta silikonikumista (R 1515), joka oli joko 0,025 tai 0,10 cm paksua.

TAULUKKO III

Näyte n:ot	Marlex 6003 %	Sterling SRFNS %	Annos Mrad	0,025 cm:n kalvon vastus ohm-cm
5-1	58	42	12	1,5
5-2	61	39	12	20
5-3	65	35	12	200

Kooltaan $2,5 \times 0,63$ cm:n elektrodit levitettiin lämmitinsegmenttien ulkopinnoille kuten esimerkissä 4. Lämmitin asetettiin sitten päälle ja hyvään termiseen kosketukseen ruostumattoman teräslohkon kanssa, joka oli varustettu lämpömittarilla, ja asennettu lämpösäädetylle kuumalevyille, jolla lohkon lämpötilaa voitiin vaihdella. Lämmitin liitettiin jännitelähteeseen, jonka suuruus oli sellainen, että se synnytti n. $0,31 \text{ W/cm}^2$ suunnilleen huoneenlämpötilassa. Lämmittimen tehontuotantoa ohjattiin, kun metallilohkon lämpötila nousi. Tulosten suhteen kts. kuviota 36.

Kuvio 37 esittää kuinka teho/lämpötilakäyrä lämmittimellä, joka oli koottu 0,25 cm:n kerroksesta 5-2-seosta ja säteilyttämättömästä 0,025 cm:n kerroksesta wattiluvultaan muuttumatonta silikonista, vaihtelee elektrodirakenteen mukana. Säteilyttämättömät silikoniset wattiluvultaan muuttumattomat kerrokset valittiin, koska niiden vastus muuttuu hyvin vähän lämpötilan mukana ja näin ollen havaitut muutokset voidaan lukea geometrinen vaikutusten ja PTC-kerroksen vastuksen muutosten ansioksi. Vertailtiin kolmea muotoa: A) jossa elektrodit peittivät koekappaleen koko ylä- ja alapinnan (so. samantapainen

kuin kuvio 6 paitsi, että käytettiin kahta CW-kerrosta ja elektrodit olivat hopeamaalia, eivät verkkoa), B) jossa vastakkaiset hopeamaali-elektrodit mitoiltaan 0,63 cm x 2,5 cm asetettiin ylä- ja alapintojen poikki (kaksi molemmille puolille, elektrodien ollessa kummallakin puolilla 2,5 cm:n päässä toisistaan) ja C) jossa yhtä ylempää ja yhtä alempaa elektrodia 0,63 x 2,5 cm vaihdeltiin 2,5 cm:n välein porrastetussa rakenteessa. Kuviossa 37 esitetyt tehontiheys/lämpötilariippuvuudet näille kolmelle rakenteelle osoittavat, että teho/lämpötilakäyrää voidaan muuttaa ratkaisevasti ja odottamattomalla tavalla elektrodirakenteen muutoksilla. Moniin tarkoituksiin kohdan C osoittama tehokäyrä on suositeltava ja kuvio 37 osoittaa, että valituilla seoksilla ja vastuksilla tämä voidaan saavuttaa vuorottelevalla tai sivusuunnassa harvennetulla elektrodirakenteella. Kuitenkin myös silloin kun elektrodit peittävät CW-kerroksen koko ylä- ja alapinnat, tyyppin C käyrä voidaan saada sopivalla PTC- ja CW-kerroksen resistiivisyyden valinnalla, kuten kuviossa 36 esitetään, mikä osoittaa, että tyyppin C käyrän saamiseksi PTC-kerroksen vastuksen huoneenlämpötilassa on oltava pienempi kuin CW-kerroksen vastuksen. Kuitenkin vuorottelevasti, sivusuunnassa harvennetuilla elektrodeilla tyyppin C tehokäyrät saadaan valitsemalla PTC-kerros, jonka resistiivisyys on suurempi kuin CW-kerroksilla.

Esimerkki 6

Koottiin lämmittimet esimerkin 5 rakenteen A mukaisesti ja samoista seoksista kuin esimerkissä 5. Kuitenkin tietyissä koekappaleissa, kuten alla esitetään, CW-kerros oli 0,10 cm paksu. Lämmittimet testattiin asennettuna ruostumattomalle teräslohkolla esimerkissä 5 kuvatulla tavalla. Lohkon lämpötila, jossa lämmittimen kehittämä teho alkoi pudota, esitetään taulukossa IV. Tulokset osoittavat, että vaihtelemalla PTC- ja CW-kerrosten suhteellisia vastuksia, putoamislämpötilaa ja näin ollen T_s -pistettä voidaan vaihdella melkø merkittävästi.

TAULUKKO IV

Lämmittimen PTC-ydin	CW-kerroksen paksuus, cm	Tehon putoamis- lämpötila, °C	Teho 23,9°C:ssa Teho 85°C:ssa
5-1	0,025	124	1,31 1,15
	0,1	127	
5-2	0,025	110	1,06 1,06
	0,1	113	
5-3	0,025	77	1,27 1,30
	0,1	80	
5-2 ^x xx	0,025	93	- -
	0,1	80	

x) PTC-kerros peittää 1/3 CW-kerroksesta

xx) PTC-kerros peittää 1/6 CW-kerroksesta

Erityinen etu paksummista, so. vastukseltaan suuremmista CW-kerroksesta on se, että vastuksen vaihtelut PTC-kerroksessa eivät niin suuresti vaikuta tehontuotantoon, so. tehontuotannossa on vähemmän lämpötilavaihtelua. Tällä tavoin voidaan käyttää PTC-kerrokseen erittäin kiteistä, molekyylipainoltaan korkeaa polymeeria, jossa on erittäin strukturoitua nokea, (tällaiset yhdistelmät antavat toivottavan käyttäytymisen, likimäärin tyyppin I, mutta osoittavat saadun vastuksen äärimmäistä herkkyyttä käsittelylle ja termiselle historialle). Yhdistämällä tällaiset seokset CW-kerrokseen, joilla on paljon korkeampi resistiivisyys ja jotka voidaan valmistaa kiteisyydeltään alhaisten tai amorfisten polymeerien ja keski- tai suurstruktuurinokien seoksesta (joilla saadaan resistiivisyydet, jotka ovat vähemmän herkkiä käsittelylle tai termiselle historialle), voidaan saada aikaan lämmitin, jolla on paljon suurempi yhtenäisyys, toistettavuus ja toiminnallinen käyttökelpoisuus kuin tähän saakka on ollut käytettävissä.

Kuten yllä mainittiin toimivan lämmittimen tärkeä piirre on huoneenlämpötilan vastuksen ja halutun käyttölämpötilan vastuksen välinen suhde. Tämä suhde on verrannollinen käynnistyssuhteeseen, mutta ei ole identtinen sen kanssa. Sitäpaitsi tämän vastussuhteen alemmat arvot osoittavat myös parempaa lähestymistä tyyppin I vastusominaiskäyrään. Tässä esimerkissä kuvatuille lämmitimille pidetään käyttöaluetta 85°C:n läheisyydessä optimina. Alhaisten suhteiden saamiseksi suositellaan PTC- ja CW-kerrosten välisiä ominaisvastussuhteita (24°C:ssa) välillä n. 0,1:1 - 20:1 (tarkan suhteen riippuessa kerrosten suhteellisesta paksuudesta), suhteiden välillä 1 ja 10 ollessa erityisen suositeltavia.

Esimerkki 7

Valmistettiin edellisessä esimerkissä esitetyllä tavalla PTC-materiaaleja, joilla oli taulukossa V annetut koostumukset. Niiden seosten 0,05 cm paksut laatat laminoitiin kahden 0,05 cm:n laatan väliin, jotka olivat seosta, jossa oli 20 % Black Pearls-nokea Silastic 437-massassa (resistiivisyys 400 ohm-cm), ja laminaatteja säteilytettiin sitten 12 Mrad:illa ionisoivaa säteilyä silloittumisen aikaansaamiseksi niiden läpi.

TAULUKKO V

Näyte n:ot	Marlex 6003 (%)	SRF-NS (%)	PTC-kerroksen resistiivisyys, ohm-cm	Tehokäyrän tyyppi (kuvio 35)
7-1	58	42	100	B
7-2	60	40	240	C, mutta jonkin verran poikkeamista lähellä huoneenlämpötilaa
7-3	62	38	400	Erittäin hyvä C-tyyppi

Tämä esimerkki osoittaa, kuinka tehokäyrän muotoa voidaan muuttaa valitsemalla PTC- ja CW-kerroksille sopivat resistiivisyysuhteet. Teho-lämpötilariippuvuus on luonnollisesti sopusoinnussa lämpötilavastusriippuvuussuhteen kanssa kaavan $P = I^2R$ tai $P = \frac{E^2}{R}$ kanssa. C-niminen käyrä on lähellä odotettua ihannetapausta lämmittimellä, jonka vastuslämpötilakäyrä on tyyppiä I.

Esimerkki 8

Kaksi 30 cm pitkää ohuen nauhalämmittimen osaa, jotka oli valmistettu US-patentin n:o 3 861 029 mukaisesti ja joiden PTC-ytimen koostumus oli samanlainen kuin esimerkissä 1 käytetty, ja jotka oli muotoiltu kuten kuviossa 5 (0,8 cm leveät), kiinnitettiin alumiinilohkoon, jota pidettiin 18°C:ssa kiertovedellä. Kummankin lämmitinkappaleen toinen puoli maalattiin lämpötilaa ilmaisevalla maalilla. Kappaleisiin syötettyä jännitettä vaihdeltiin niiden tehontuotannon nostamiseksi hitaasti. Toisen kappaleen vastus oli 488 ohm/m. Tätä kappaletta voitiin käyttää jopa n. 5,48 W/m:n teholla ilman kuumaviivan muodostumista, mutta ytimen toimiessa sen T_s -lämpötilan alapuolella. Noin 6,1 W/m:n tehontuotannolla, jolla tehotasolla ydin lämpeni T_s -pisteeseensä, muodostui kuumaviiva. Toista lämmitinkappaletta, jonka vastus oli n. 8080 ohm/m, voitiin samalla tavoin käyttää n. 4,88 W/m:n teholla ilman kuumaviivan muodostumista, mutta kuumaviiva muodostui, kun toimittiin yli n. 6,1 W/m:n teholla. Yritykset käyttää

näitä molempia lämmittämiä suuremmilla jännitetasoilla johtivat samanaikaisesti virran laskuihin niin, että koeolosuhteissa nämä lämmittimet eivät kuluttaneet enempää kuin n. 9,3 W/m ja niiden maksimiteho näissä olosuhteissa oli n. 0,15 W/cm². Näin ollen yritykset käyttää nauhalämmitintä suuremmilla tehotasoilla kuin n. 0,08 W/cm² johtivat kuumaviivan muodostumiseen.

Esimerkki 9

Valmistettiin kerrostettu lämmitin, jossa PTC-kerroksen (0,075 cm paksu) koostumus oli 47 % Marlex 6003-polyeteeniä, 5 % Epsyn 5508:a (modifioitu etyleeni-propyleenidieenikumi) ja 48 % Sterling SRF-NS:ä (noki). Kaksi 0,15 cm paksua CW-kerrosta, joiden koostumus oli 60% Elvaz 250:a (etyleeni-vinyyliaasetatikopolymeeri) ja 40 % Cabot XC 72:a (noki) ja joihin oli upotettu 0,95 cm leveät ja 0,95 cm:n päässä toisistaan olevat litistetyt punoslankaelektrodit (kaikkiaan kolme molempiin CW-kerrokseen), levitettiin PTC-kerroksen molemmille puolille niin, että elektrodit olivat vastapäätä toisiaan, so. samalla tavoin kuin kuviossa 11 paitsi, että elektrodit olivat punottuja nauhojen sijasta. Lämmittimen mitat olivat 7,5 x 15 cm elektrodien kulkiessa pitkin pitkää sivua ja napaisuudeltaan vastakkaisien elektrodien ulottuessa polymeerikerrosten yli lämmittimen vastakkaisissa päissä. Kerrokset laminoitiin varovasti yhteen ja elementtiä pidettiin sitten 200°C:ssa 10 minuuttia mahdollisen jännityksen poistamiseksi, jäähdytettiin sitten ja säteilytettiin 12 Mradin annokseen käyttäen koboltti⁶⁰-gamma-säteitä elementin ollessa suljettu tyyppi sisältävään säiliöön. Lämmitin kerrostettiin 0,025 cm paksujen eristyskerrosten väliin, jotka koostuivat matalatiheyksisestä polyeteenistä ja puristettiin lujasti jäähdytettyyn alumiinilohkoon kuten dellisessä esimerkissä ja lämpötilaa ilmaisevaa maalia levitettiin lämmittimen yläpinnalle. Napaisuudeltaan vastakkaiset elektrodit yhdistettiin 12 V:n akkuun. Lämmitin kulutti yli 70 A lämmitessään, so. yli 5,4 W/cm². Muutaman minuutin aikana lämmitin stabiloitiin yli 20 A:n virralle, so. yli 15,5 W/cm²:in. Lopulta alumiinilohko alkoi lämmitä huolimatta käytetystä jäähdytyksestä ja lämmittimen PTC-kerros lämpeni T_s-pisteeseensä (n. 120°C). Lämpötilaa ilmaiseva maali sulii tämän viimeisen vaiheen aikana alkaen keskeltä ja edeten nopeasti ja tasaisesti reunoille. Tässä lopputilassa lämmitin piti itsensä lämpötilassa, joka oli hyvin lähellä sen T_s-pistettä ja kulutti n. 10 amperia, so. sen lämmöntuotanto oli n. 7,1 W/cm², kun alumiinilohko korvattiin termisesti eristävän materiaalin laalla. Virta laski paljon alle yhden amperin, so. alle 0,67 W/cm²:in lämmit-

timen lämpötilan ollessa yhä hyvin lähellä T_s -pistettä ja lämmittimen koko pinnan ollessa suunnilleen tässä lämpötilassa. Näin ollen on ilmeistä, että tämän keksinnön mukainen lämmitin voi toimia suurilla tehontuotannoilla T_s -lämpötiloissa, jotka ovat selvästi yli 100°C , ilman kuumaviivan muodostumista.

Todetaan, että viittaus tässä yhteydessä PTC-kerrokseen, joka on tai tulee oleellisesti johtamattomaksi, on suhteessa CW-kerroksen sähköisiin ominaisuuksiin. Ei ole asiallista antaa tällaisille ominaisuuksille absoluuttiarvoja, sillä ne riippuvat muiden tekijöiden ohella eri kerrosten suhteellisista rakenteista, mutta esimerkiksi kuviossa 23 esitetyssä yksinkertaisessa laminaatissa niin pian kuin PTC-kerros ylittää anomalia- T_s -lämpötilansa sähkövuon tiheys CW-kerroksen läpi on moninkertaisesti vuon tiheys PTC-kerroksen läpi missä tahansa laminaatin osassa, jossa nämä kaksi kerrosta ovat sähköisesti yhdensuuntaiset. On edullista, että kun nämä kaksi kerrostyyppiä ovat sähköisesti yhdensuuntaiset, virran määrä, joka kulkee CW-kerroksen läpi, on vähintään 10 ja mieluummin 25 kertaa PTC-kerroksen läpi kulkeva virta sen anomalia- T_s -lämpötilan yläpuolella, vaikka tietyissä tapauksissa, esimerkiksi jos elementti on suhteellisen suuren lämpövajoaman läheisyydessä, alemmat suhteet kuten 5 tai sen alle voivat olla riittävät.

Patenttivaatimukset

1. Kerrostettu sähköinen vastuselementti, joka saavuttaessaan tietyn korotetun lämpötilan olennaisesti katkaisee elementin läpi kulkevan virran, erikoisesti itseohjautuva lämmityselementti, joka käsittää ensimmäisen, sähkövastuksen omaavan kerroksen (11, 21, 25, 33, 38, 43, 45, 49, 60), jolla on positiivinen vastuksen lämpötilakerroin (PTC-kerros) sekä anomalialämpötila (T_s), jonka yläpuolella se on olennaisesti johtamaton, sekä ainakin yhden toisen kerroksen (12, 15, 19, 24, 31, 35, 36, 40, 41, 44, 47, 50, 57, 58), t u n n e t t u siitä, että toinen kerros on sähköistä vastusmateriaalia, jolla on pääasiallisesti vakiosuuruinen vastus (CW-kerros), ainakin ensimmäisen kerroksen anomalialämpötilan (T_s) alapuolella, että ainakin osa ensimmäisen kerroksen pinnasta on kosketuksessa ainakin osaan toisen kerroksen pinnasta rajapintaa myöten, joka aikaansaa suoraan sähköisen ja termisen kosketuksen näiden välille, ja että elementti on lämmössä palautuva.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen elementti, t u n n e t t u siitä, että se on itseohjautuva lämmityselementti, joka käsittää mainitun ensimmäisen ja toisen kerroksen sisältävän laminaatin, ja että ainakin yksi pari elektrodeja (13, 14, 16, 18, 20, 22, 23, 26, 29, 30, 32, 34, 37, 39, 42, 45, 48, 51, 55, 56) on sovitettu niin, että kun elektrodien välillä on potentiaaliero, kulkee normaalilämpötilassa virta elektrodien välillä ainakin ensimmäisen kerroksen ja ainakin toisen kerroksen osan läpi.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen elementti, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen kerros on kytkettävissä sähköiseen voimantlähteeseen, niin että sähkövirta virtaa ensimmäisen kerroksen ja toisen kerroksen ainakin osan läpi, jolloin kerrokset on järjestetty niin, että suuremmissa lämpötiloissa, joissa (A) ensimmäisen kerroksen vastus ylittää toisen kerroksen vastuksen, tai (B) ensimmäisen kerroksen anomalialämpötila, virta pääasiallisesti noudattaa tietä, jonka pituus ensimmäisen kerroksen läpi ei missään tapauksessa ylitä kerroksen paksuutta enemmän kuin 50 %.
4. Patenttivaatimusten 1-3 mukainen elementti, t u n n e t t u siitä, että se käsittää PTC-materiaalia olevan kerroksen (33, 43, 49) sovitettuna kahden CW-materiaalia olevan kerroksen (31, 35,

36, 40, 41, 44) väliin.

5. Patenttivaatimusten 1-4 mukainen elementti, tunnettu siitä, että se lisäksi käsittää ainakin yhdellä pinnalla olevaa tiivistysainetta tai liimaa (54), joka on lämmössä aktivoitavaa elementin käyttölämpötila-alueella.
6. Patenttivaatimusten 1-5 mukainen elementti, tunnettu siitä, että ensimmäinen kerros sisältää polymeerista ainetta.
7. Patenttivaatimusten 1-6 mukainen elementti, tunnettu siitä, että toinen kerros sisältää polymeerista ainetta.
8. Patenttivaatimusten 1-7 mukainen elementti, tunnettu siitä, että ensimmäinen kerros sisältää verkkoutunutta polymeerivainetta ja että tehollinen T_g on korkeampi kuin polymeerin sulamispiste.
9. Patenttivaatimusten 1-8 mukaisen elementin käyttö alustapinnan peittämiseksi, jolloin elementti sijoitetaan alustapinnalle sekä lämmitetään palautumisen aikaansaamiseksi.

63848

Patentkrav

1. Skiktat elektriskt motståndselement, vilket då det uppnår en förhöjd temperatur väsentligen avbryter strömmen genom elementet, särskilt ett självreglerande uppvärmningselement, vilket omfattar ett första, elektriskt motstånd uppvisande skikt (11, 21, 25, 33, 38, 43, 45, 49, 60) med positiv temperaturkoefficient för motståndet (PTC-skikt) samt med en anomalitemperatur (T_s) ovanför vilken det är väsentligen ickeledande, samt åtminstone ett andra skikt (12, 15, 19, 24, 31, 35, 36, 40, 41, 44, 47, 50, 57, 58), k ä n n e t e c k n a t av att det andra skiktet utgörs av elektriskt motståndsmaterial som har huvudsakligen konstant motstånd (CW-skikt), åtminstone under det första skiktets anomalitemperatur (T_s), att åtminstone en del av det första skiktets yta står i beröring med åtminstone en del av det andra skiktets yta utmed en gränsyta som åstadkommer en direkt elektrisk och termisk förbindelse mellan dessa, och att elementet är värmerestituerbart.
2. Element enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t av att det utgörs av ett självreglerande uppvärmningselement som omfattar ett laminat innehållande åtminstone det första och det andra skiktet, och att åtminstone ett par elektroder (13, 14, 16, 18, 20, 22, 23, 26, 29, 30, 32, 34, 37, 39, 42, 45, 48, 51, 55, 56) anpassats så, att då en potentialskillnad föreligger mellan elektroderna vid normaltemperatur en ström går mellan elektroderna genom åtminstone en del av det första skiktet och åtminstone en del av det andra skiktet.
3. Element enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t av att det första skiktet är anslutningsbart till en elektrisk kraftkälla så att elektrisk ström går genom åtminstone en del av det första skiktet och det andra skiktet, varvid skikten anordnats så, att vid högre temperaturer där (A) motståndet hos det första skiktet överstiger motståndet hos det andra skiktet eller (B) det första skiktets anomalitemperatur, strömmen huvudsakligen följer en väg vars längd genom det första skiktet i ingen händelse överstiger tjockleken av det andra skiktet med mera än 50 %.
4. Element enligt patentkraven 1-3, k ä n n e t e c k n a t av att det omfattar ett skikt (33, 43, 49) av PTC-material inpassat mellan tvenne skikt (31, 35, 36, 40, 41, 44) av CW-material.

5. Element enligt patentkraven 1-4, k ä n n e t e c k n a t av att det därtill omfattar åtminstone på en yta befintligt tätningemedel eller lim (54), vilket är värmeaktiverbart inom elementets driftstemperaturområde.
6. Element enligt patentkraven 1-5, k ä n n e t e c k n a t av att det första skiktet innehåller ett polymeriskt ämne.
7. Element enligt patentkraven 1-6, k ä n n e t e c k n a t av att det andra skiktet innehåller ett polymeriskt ämne.
8. Element enligt patentkraven 1-7, k ä n n e t e c k n a t av att det första skiktet innehåller ett korsbundet polymeriskt ämne och att den effektiva T_g är högre än polymerens smältpunkt.
9. Användning av ett element enligt patentkraven 1-8 för överdragning av en underlagsyta, varvid elementet placeras på underlagssytan samt uppvärms för åstadkommande av restituering.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Hakemusjulkaisuja:-Ansökningspublikationer: Saksan Liittotasavalta-Förbundsrepubliken Tyskland(DE) 2 103 303, 2 364 947.

Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: Iso-Britannia-Storbritannien(GB) 1 251 453, 1 184 656. USA(US) 3 412 358, 3 619 560.

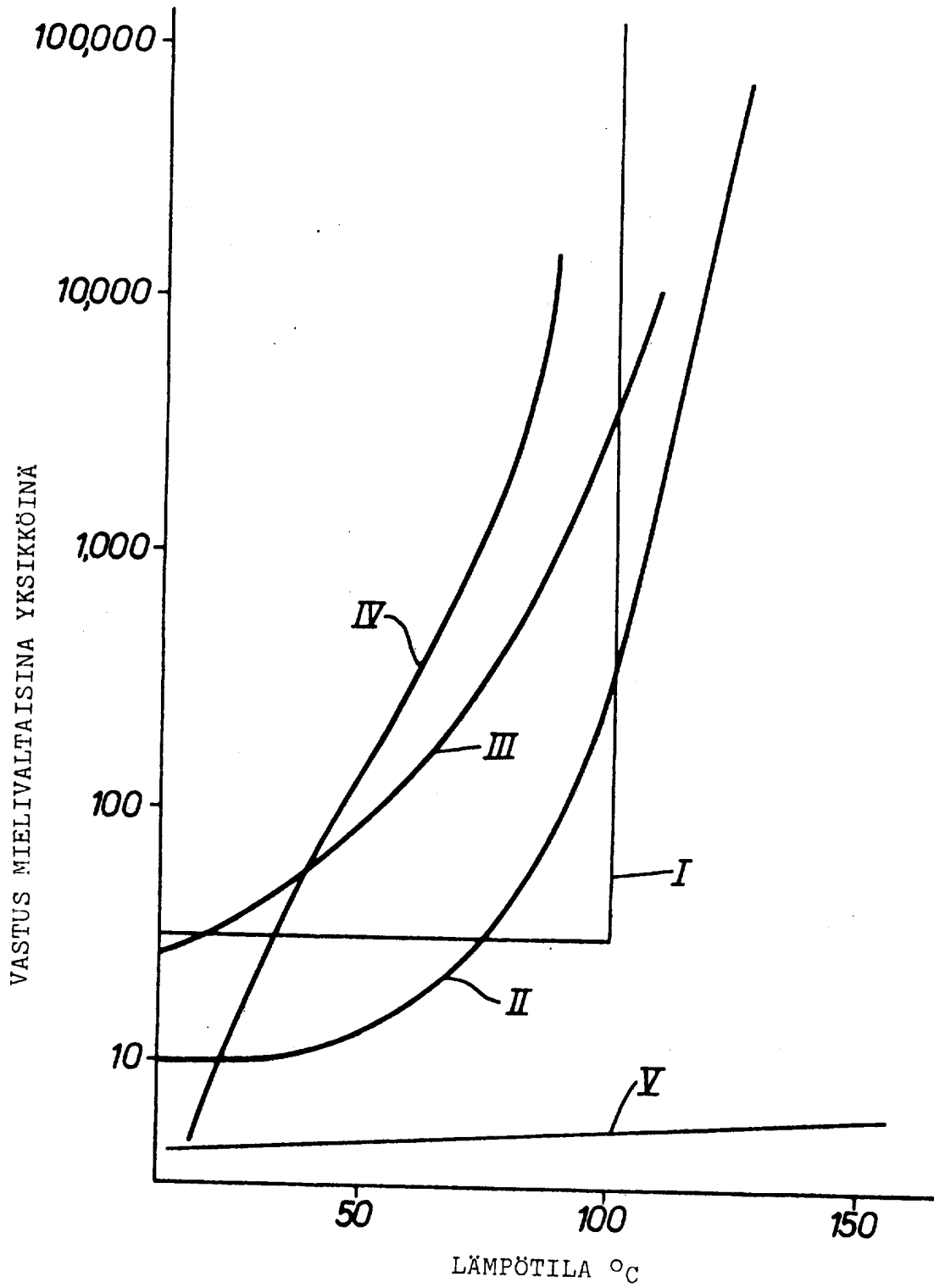


FIG. I.

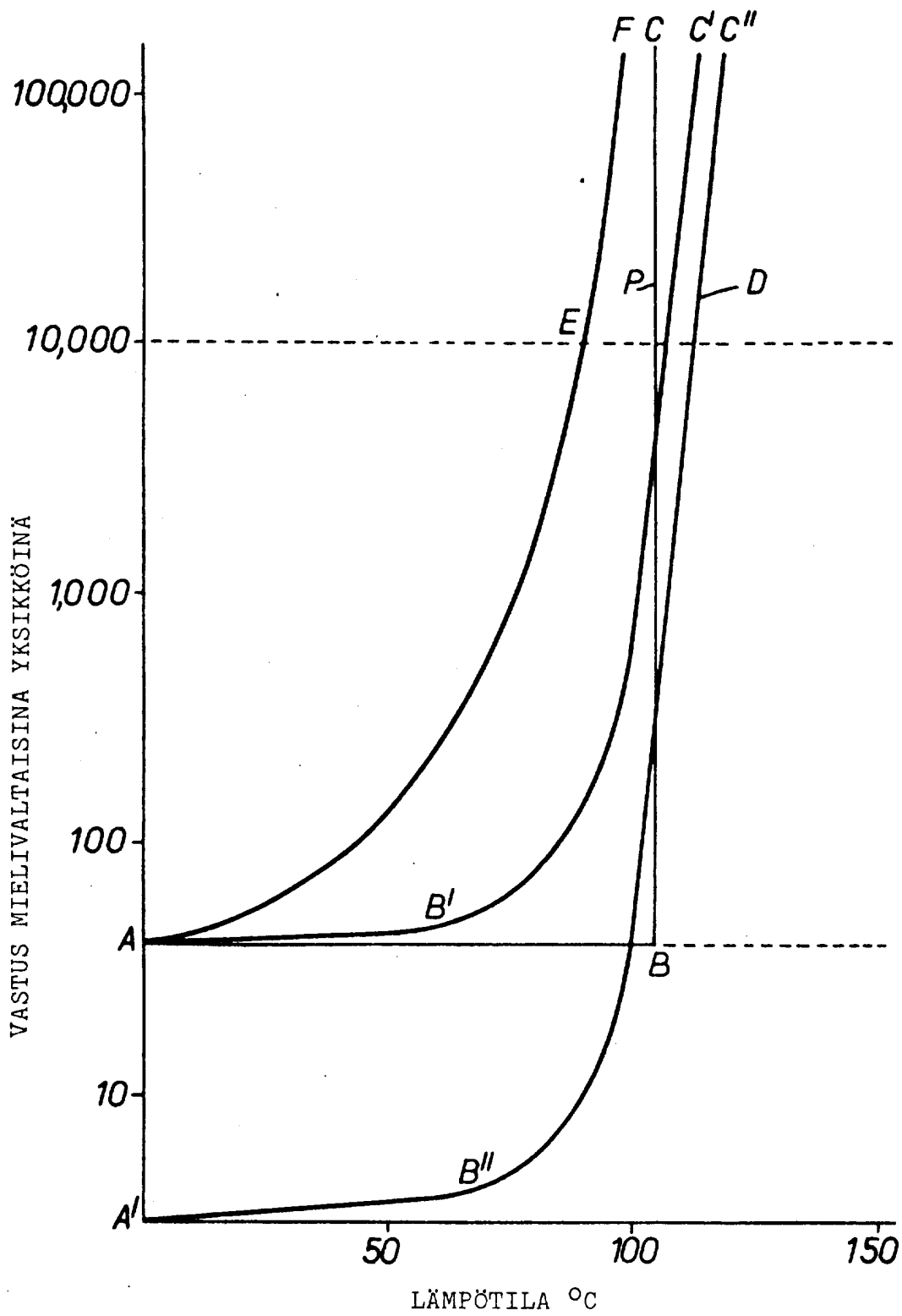


FIG. 2.

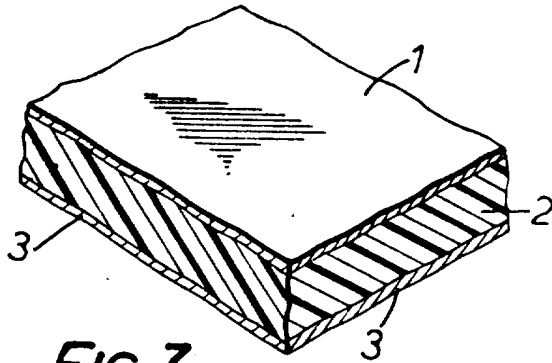


FIG. 3.

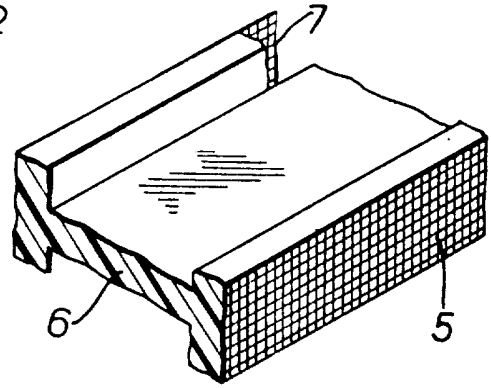


FIG. 4.

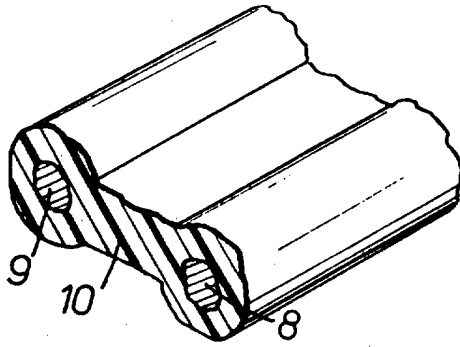


FIG. 5.

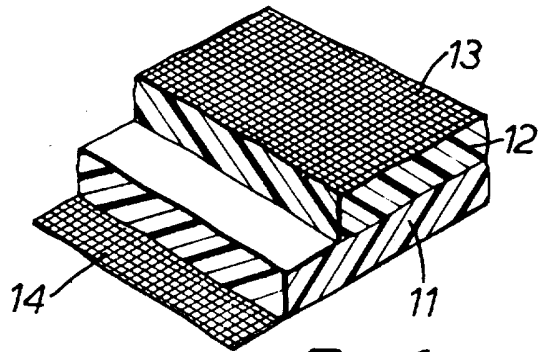


FIG. 6.

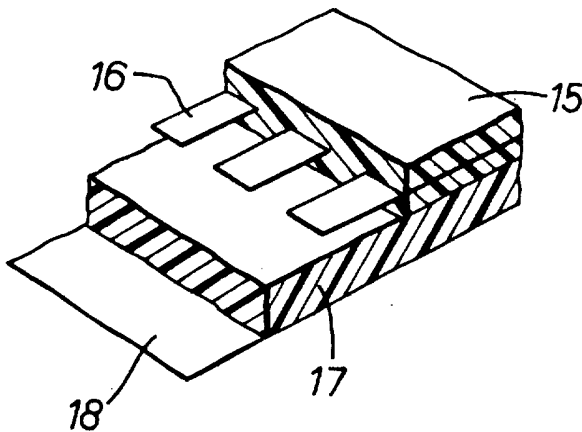


FIG. 7.

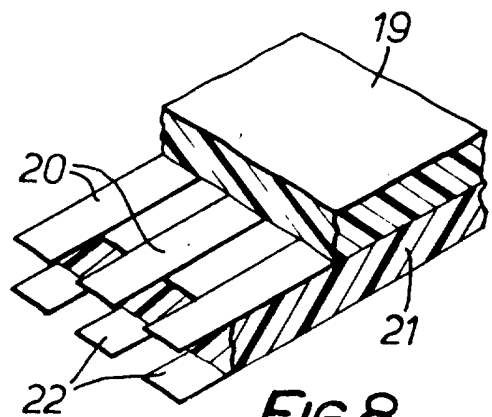


FIG. 8.

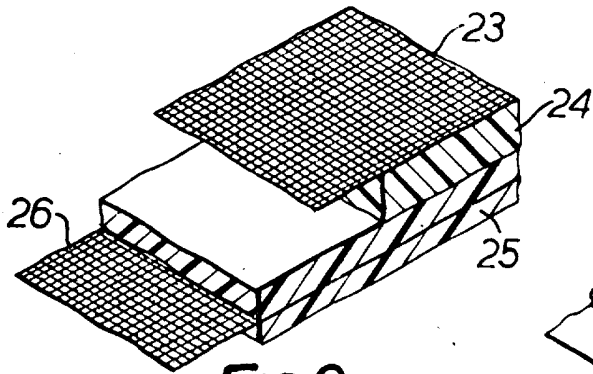


FIG. 9.

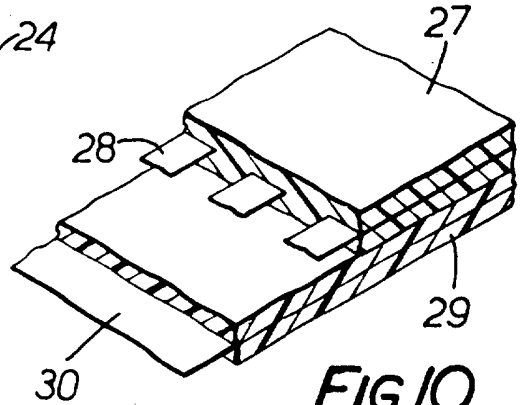


FIG. 10.

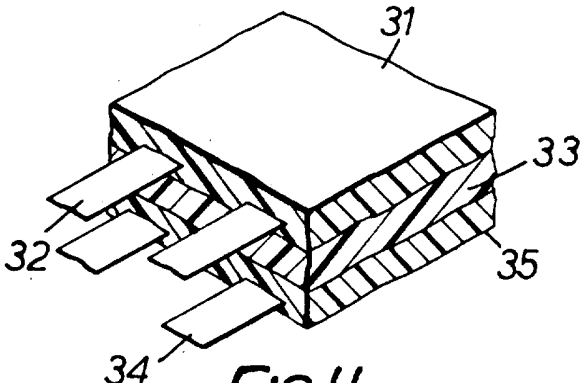


FIG. 11.

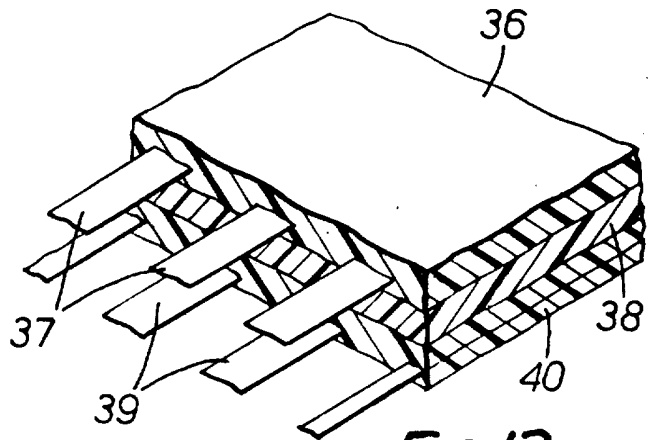


FIG. 12.

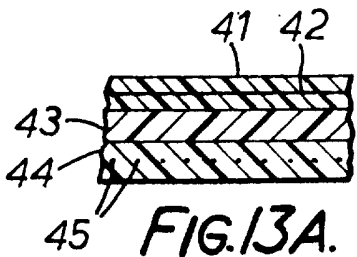


FIG. 13A.

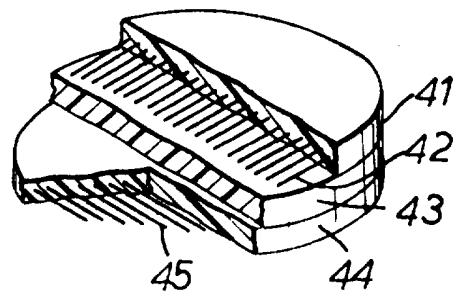


FIG. 13B.

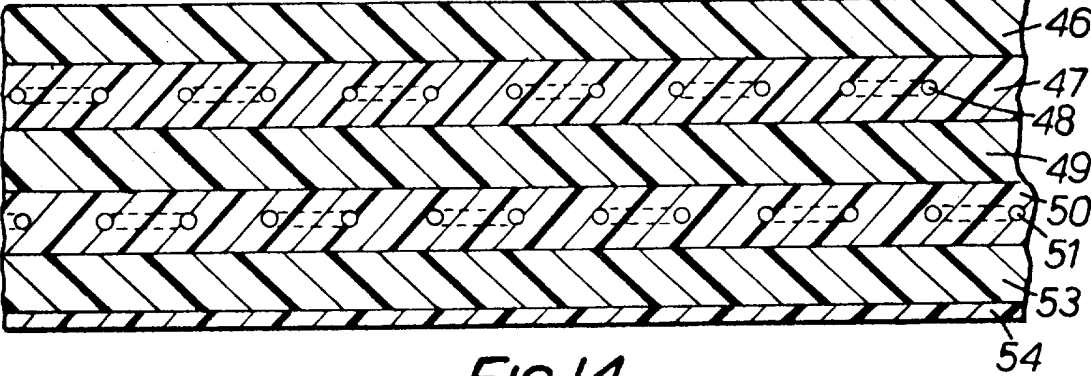


FIG.14.

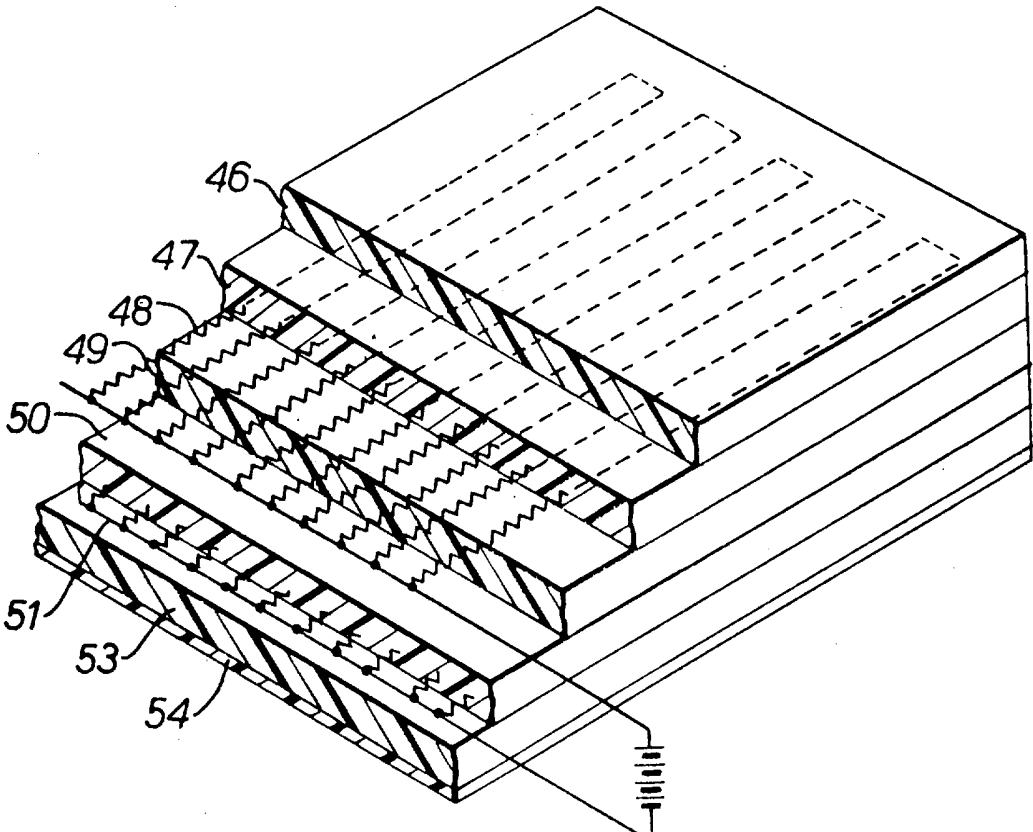
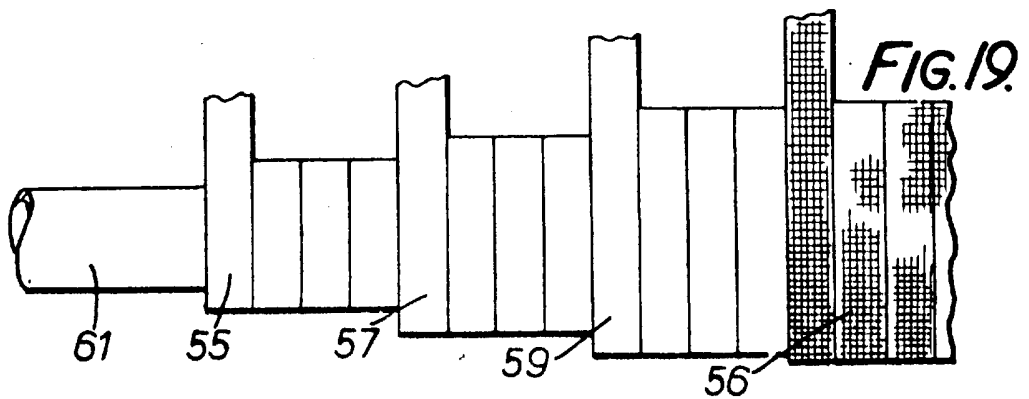
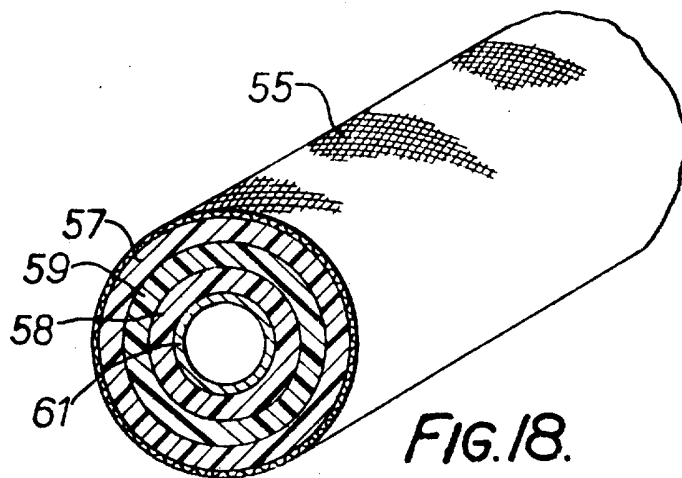
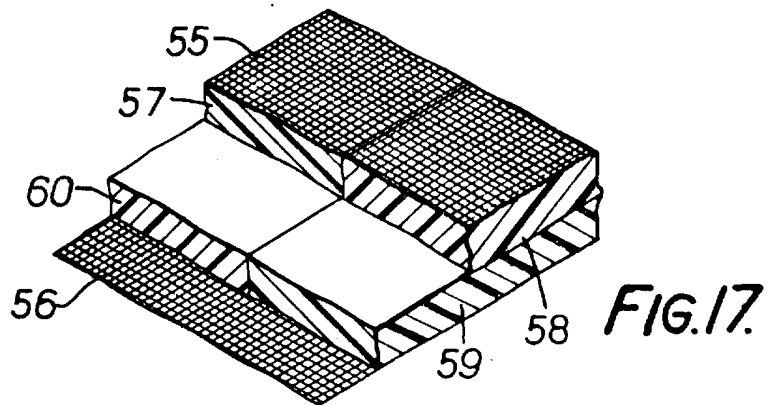
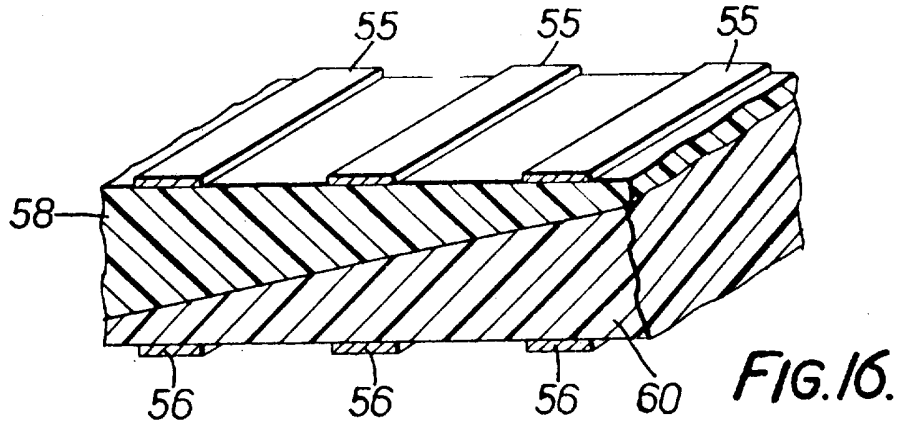
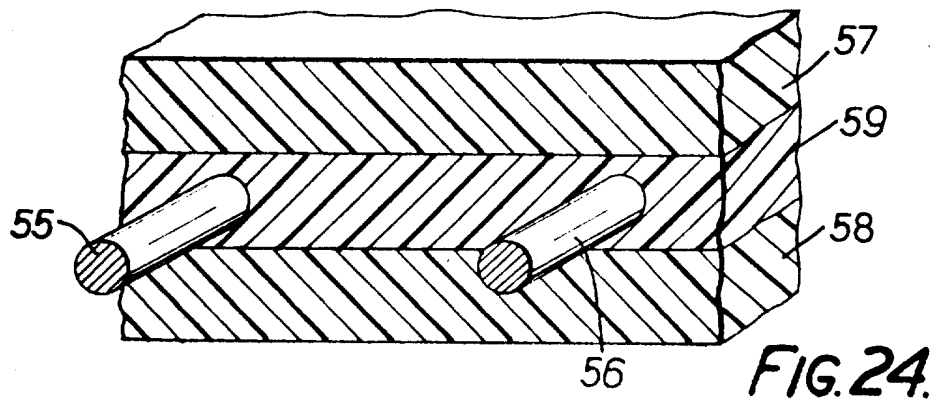
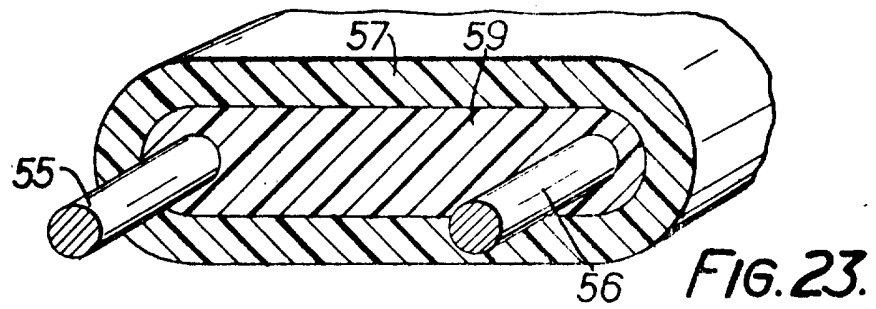
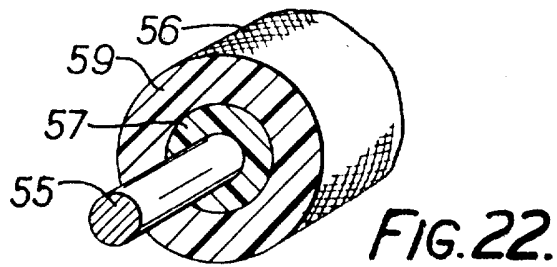
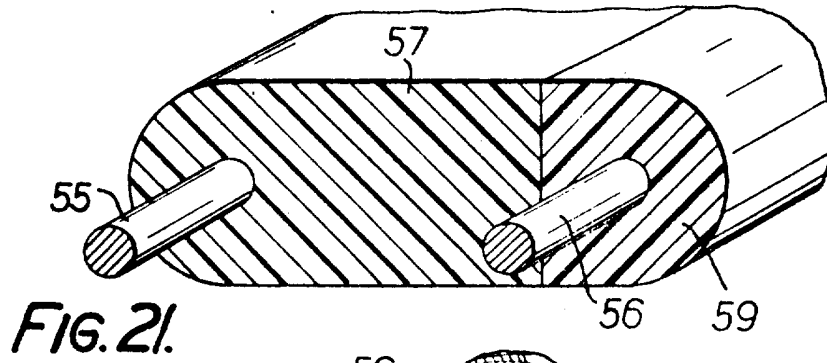
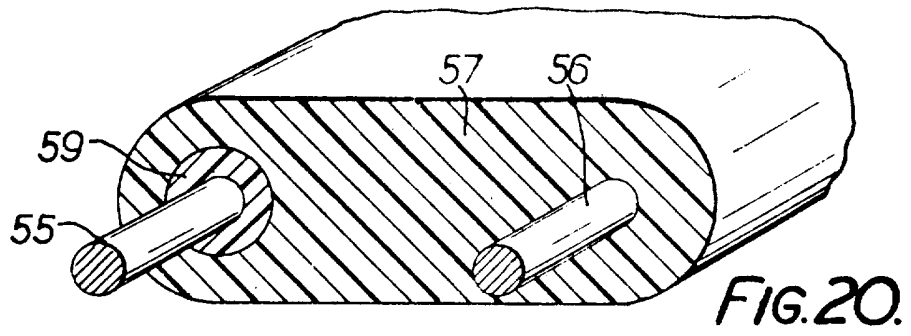


FIG.15.





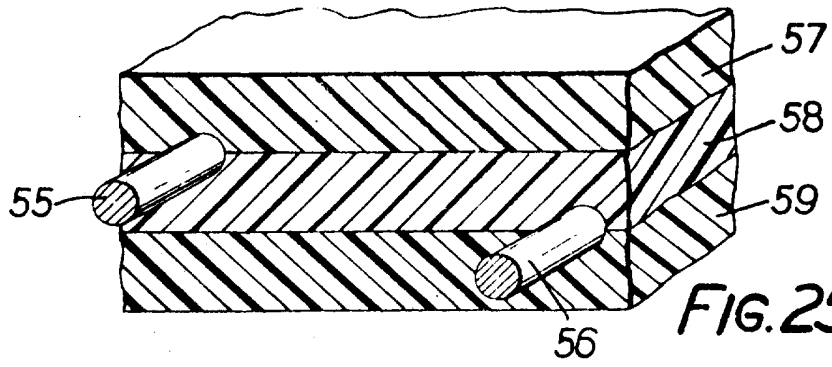


FIG. 25.

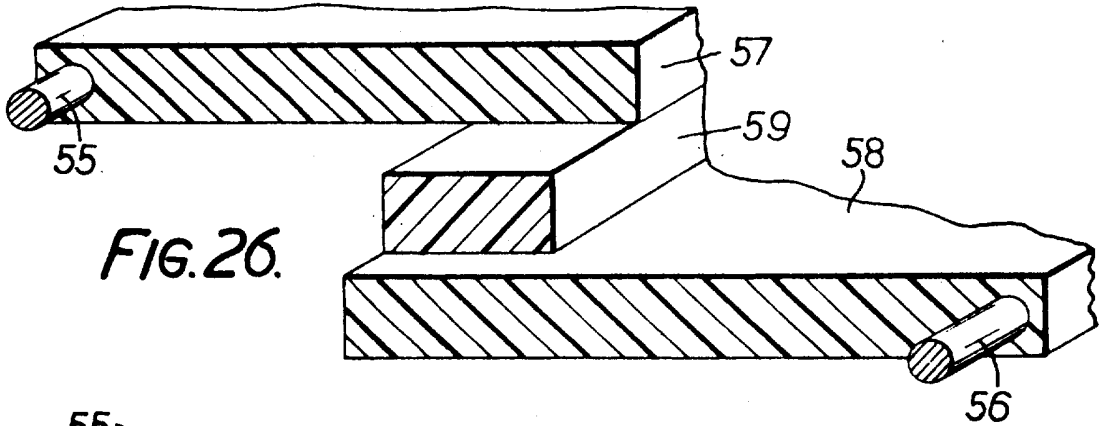


FIG. 26.

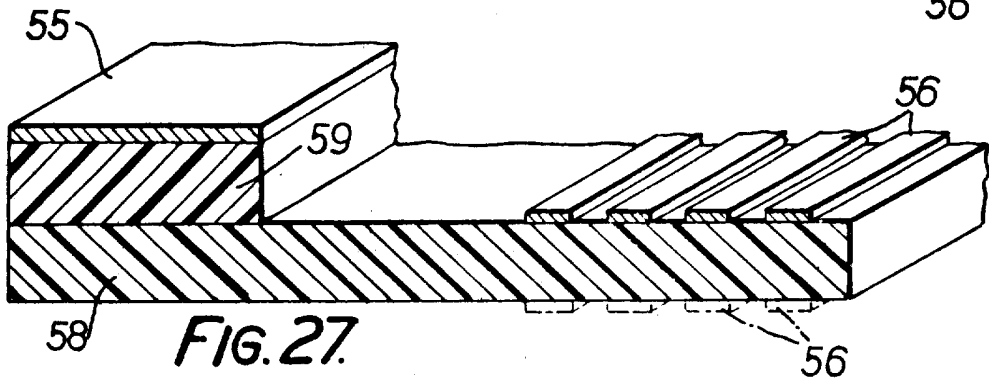


FIG. 27.

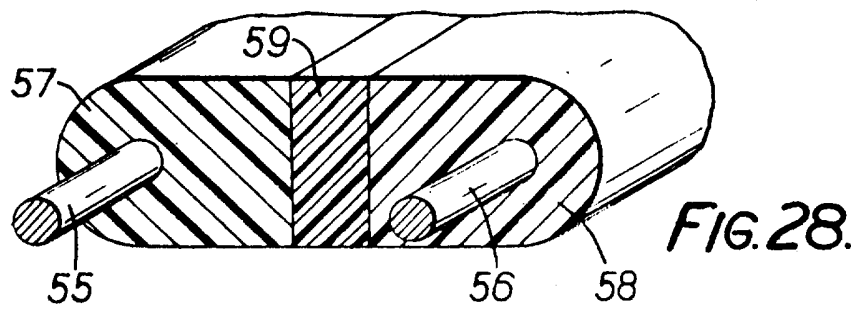


FIG. 28.

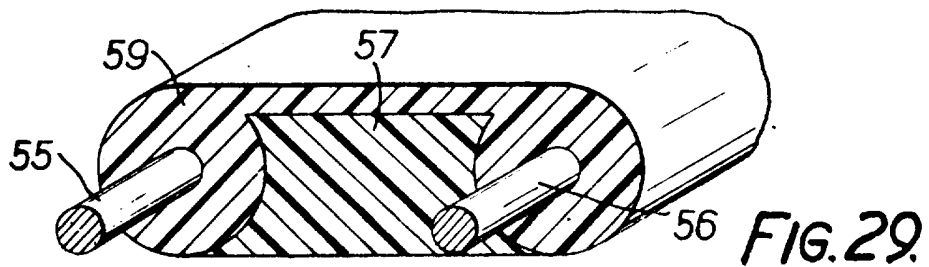
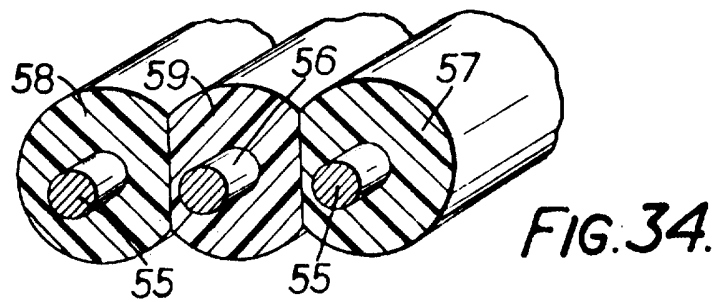
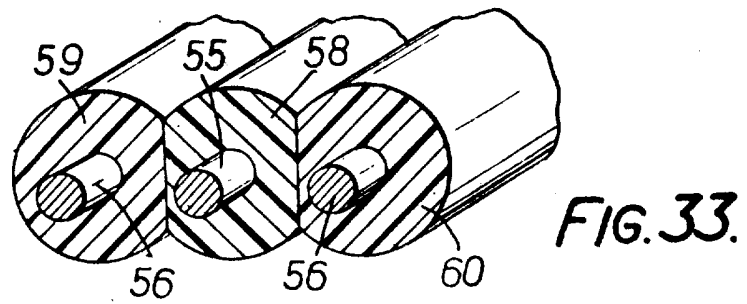
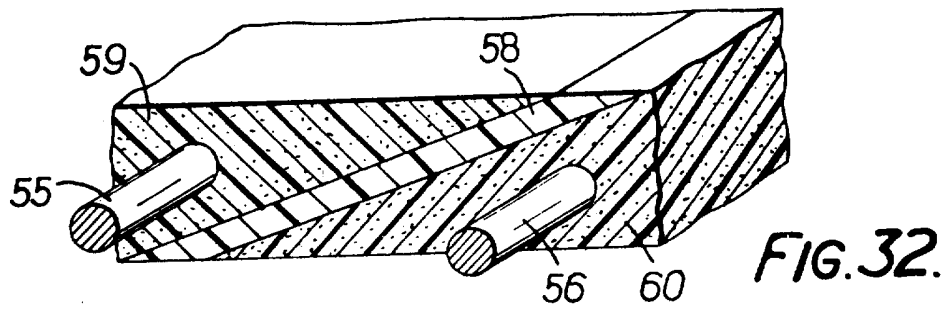
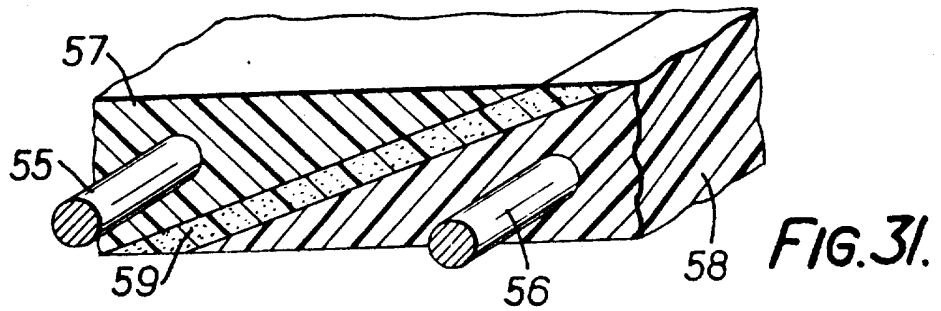
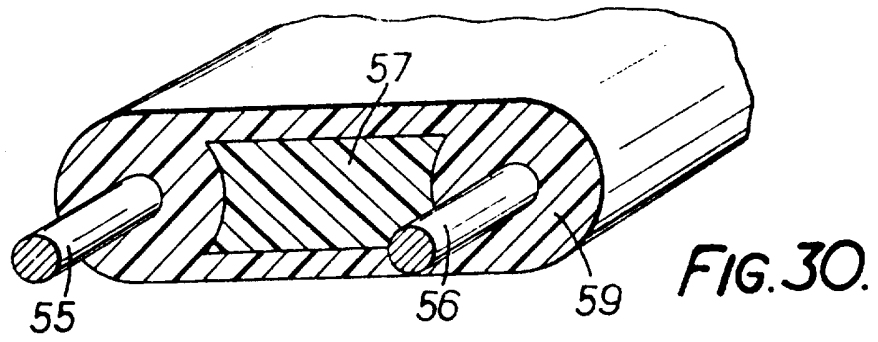


FIG. 29.



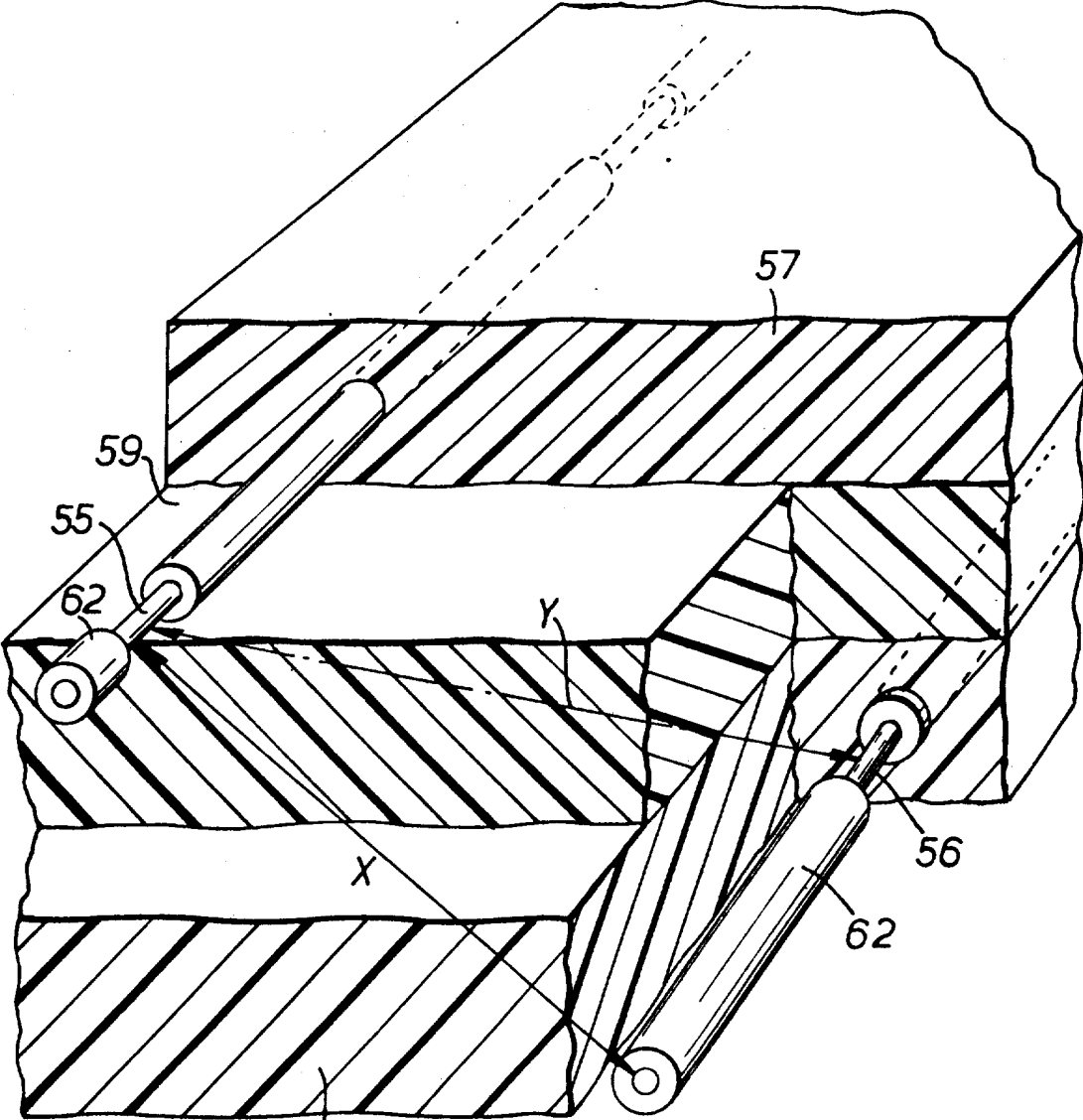


FIG. 35.

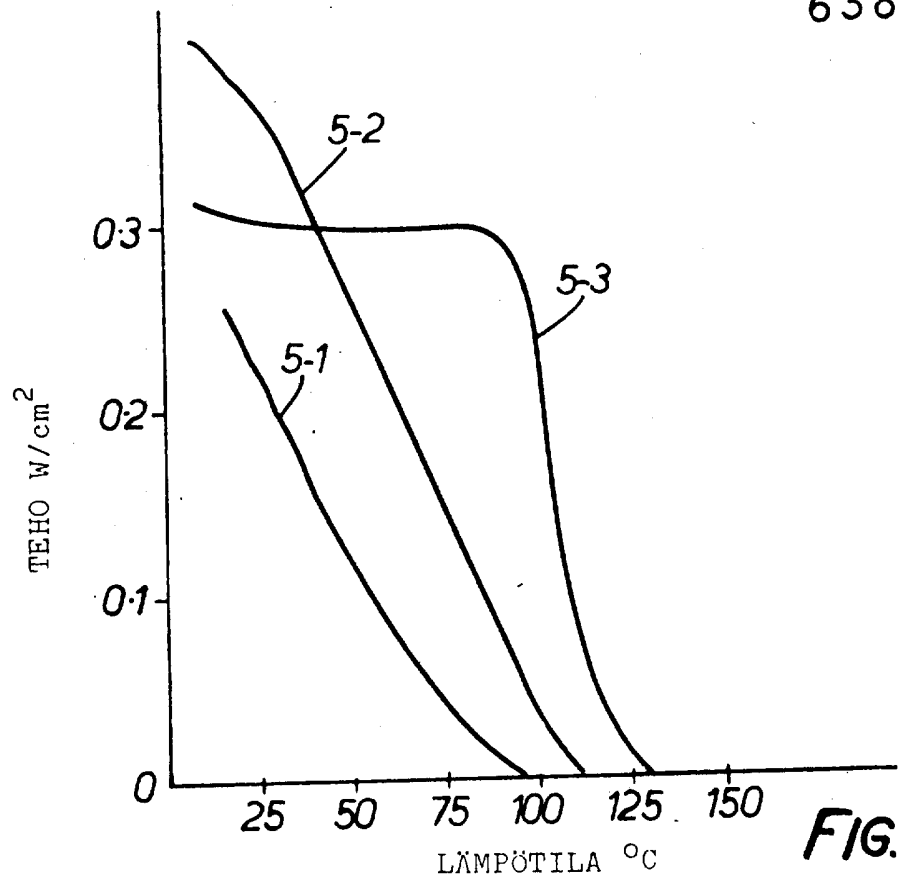


FIG. 36.

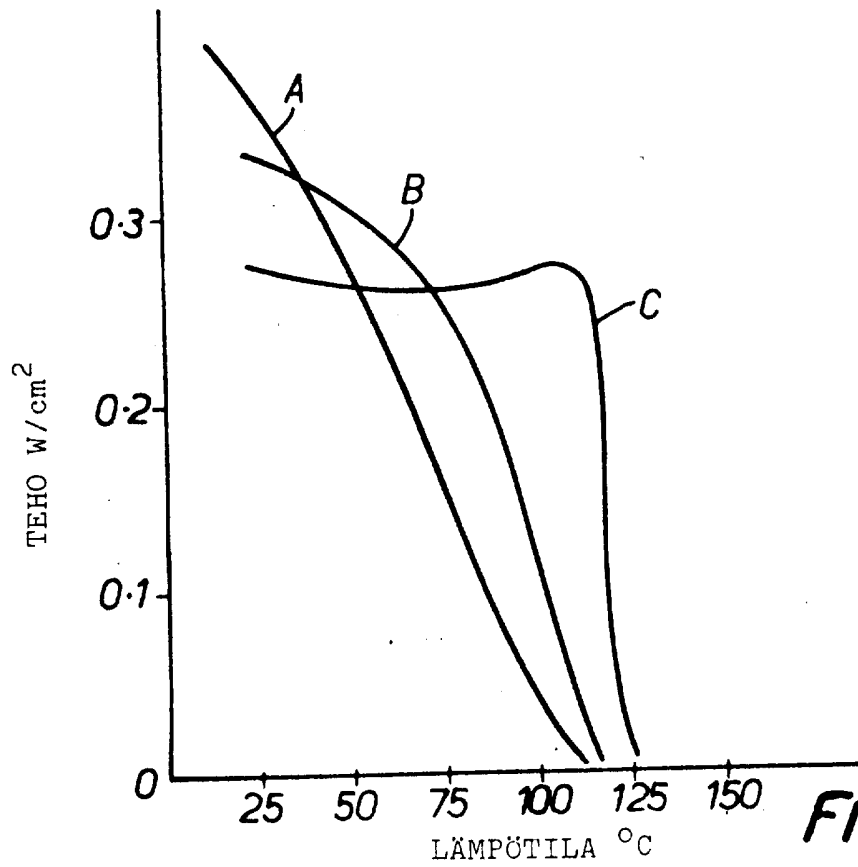


FIG. 37.