(19) SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 900648 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS**
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE PUBLIC

(21) Patenttihakemus - Patentansökan - Patent application 900648

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation - International patent classification
H05B 6/64

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **09.02.1990**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **09.02.1990**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **10.08.1990**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

09.02.1989 CA 590564

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • **Alcan International Limited,** 1188 Sherbrooke Street West Montreal, Quebec, Canada, KANADA, (CA)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • **Keefer, Richard M.,** Canada K9J 4S2, KANADA, (CA)
2 • **Lacroix, Cindy Marie,** Canada, KANADA, (CA)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Menetelmiä ja laitteita ruokien ja muiden aineiden mikroaaltokuumennusta varten

Förfaranden och anordningar för mikrovågsuppvärmning av mat och andra ämnen

HYV. NÄHT

Menetelmä ja laite ruokien ja muiden aineiden mikroaaltokuumennusta varten

Tämä keksintö liittyy menetelmään mikroaaltoenergialla kuumennettavan tuotteen pintakerroksen kuumenemisen lisäämiseksi ja tämän menetelmän toteuttamiseen tarkoitettuun laitteeseen, joka käsittää mikroaaltoja läpäisevää materiaalia olevan levyn ja välineet, jotka määrittävät joukon mikroaaltoja läpäiseviä aukkoja mikroaaltoenergian siirtämiseksi mainittuun tuotteeseen.

On hyvin tunnettua, että tavanomainen ruoka-annoksen mikroaalloilla tapahtuva keittäminen tai kuumentaminen ei aikaansaa ruoan pintojen tehokasta ruskistumista tai paahtamista. Sellaiset ruokatuotteet, joissa on pinta, joka muodostuu eri materiaalista kuin ruokatuotteen pääosan materiaali on, kuten taikinan tai leivityksen kuori tai kerros, esimerkiksi piirakka tai leivitetty kalafile, vaativat, että tämä erillinen pintakerros saavuttaa korkeamman lämpötilan kuin ruoan päämassa, jotta tällainen pintakerros ruskistuisi tai paahtuisi. Tästä syystä tavanomainen konvektiouuni, jossa on suhteellisen korkea lämpötila, on ollut perinteinen menetelmä tällaisten ruokatuotteiden valmistamiseksi.

On myös muuntyyppisiä ruokatuotteita, joissa pintakerroksen luonne on oleellisesti sama kuin tuotteen pääosan, mutta tästä riippumatta vaatii ruskistamisen ja/tai paahtamisen. Esimerkkejä tästä luokasta ovat pizza, pannukakun kaksi pintaa, hienonnetut ruskistetut perunat tai ranskalaiset perunat.

Perinteinen menetelmä yritettäessä täyttää tämä vaatimus mikroaaltoruoanlaitossa on ollut käyttää laitteita, jotka tunnetaan suskeptoreina. Suskeptori on laite, joka sisältää häviöllistä materiaalia, ts. materiaalia, joka absorboi mikroaaltoenergiaa ja kuumentuu. Tämä laite sijoitetaan sitten lähelle ruskistettavaa tai paahdettavaa pintakerrosta, niin että suskeptorin lämpö siirretään joh-

HYV. NÄHT.

tumalla ja säteilemällä tähän pintakerrokseen. Tämä prosessi vaatii välttämättä, että suskeptorin lämpötila on korkeampi kuin pintakerroksen lämpötila, jotta lämpö kulkisi tähän kerrokseen. On havaittu, että suskeptorin kuumentamisessa tarpeeksi korkeisiin lämpötiloihin on käytännön epäkohtia. On aina olemassa riski, että suskeptorin materiaali ylikuumenee ja rikkoutuu, ja jopa riski, että syntyy myrkyllisiä tuotteita.

Esimerkki eräästä menetelmästä, jossa pyritään saavuttamaan tämäntyyppinen pinnan kuumennusilmiö, on esitetty US-patenttijulkaisussa 4 230 924. Tämä ehdotus sisältää ruokatuotteen käärimisen taipuisaan dielektriseen materiaaliarkkiin, joka toimii substraattina kannattaen ohutta metallipinnoitetta, joka on jaettu joukkoon erillisiä metallisaarekkeita, joita erottaa metallittomat raot, jotka substraatin dielektrisen materiaalin paljastetut liuskat muodostavat. Kun ruoka-annos, joka on käärityn tällaiseen taipuisaan arkkiin, altistetaan mikroaaltoenergialle mikroaaltouunissa, osa energiasta kulkee arkin läpi kuumentaen ruoka-annosta dielektrisesti tavanomaisella tavalla, samalla kun osa energiasta muunnetaan metallisaarekkeissa lämpöenergiaksi, ts. saarekkeet toimivat suskeptoreina, niin että, kun oletetaan, että saarekkeet ovat hyvin lähellä ruoka-annoksen pintaa, saarekkeissa syntyvä lämpö siirretään suoraan johtumalla ruoan pintaan nostamaan sen lämpötilaa ja täten saavutetaan ruskistus- tai paahtumisilmiö. Edellä mainittu patentti esittää, että kääreen mikroaaltoläpäisevyyttä voidaan vaihdella sen sovittamiseksi tietyn ruokatuotteen vaatimuksiin muuntamalla suhdetta dielektrisen (päämassa-) -kuumennuksen ja kääreessä synnytetyn ja siitä ruoan pintaan siirretyn lämpökuumennuksen välillä.

Toisin sanoen tässä aikaisemmassa patentissa selostettu kääre toimii samanaikaisesti mikroaaltoja läpäisevänä peitteenä osalle energiasta ja suskeptorina, ts. raken-

teena, joka absorboi mikroaaltoenergiaa ja tulee siten kuumennuksen, loppuosalle syötettyä energiaa.

Toinen tunnettu suskeptorityyppi on sellainen, joka on upotettu keittovälineeseen, sellaiseen kuten paistinpannu tai leivontakulho. Väline voi olla sijoitettu mikroaaltouuniin, aluksi ruoan kanssa tai ilman ruokaa. Välineessä oleva suskeptori absorboi mikroaaltoenergiaa, niin että välineen keittopinta tulee kuumennetuksi korkeaan lämpötilaan. Kun ruoka lisätään tai jos se on ollut mukana alustava asti, sen päämassa kuumenee dielektrisesti tavanomaisella tavalla mikroaaltouunissa ja sen pinta ruskistuu tai paahtuu välineen keittopinnan vaikutuksesta.

Vastakohtana ajatukselle käyttää suskeptoria kuumentamaan ruokatuotteen pintakerrosta, joko suoraan käärellä tai epäsuorasti esikuumennetun astian kautta, esillä oleva keksintö aikaansaa järjestelyn, jossa kuumennettavan tuotteen pintakerros samoin kuin pintakerroksen alla olevan tuotteen pääosa tulevat jatkuvasti kuumennetuksi dielektrisesti, ts. mikroaaltoenergialla, ilman että ensiksi muunnetaan tällainen energia lämmöksi suskeptorissa. Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mitä on esitetty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa. Mikroaaltoenergiakenttää muunnetaan siten, että dielektristä kuumennusilmiötä pintakerroksen sisällä kasvatetaan suhteessa dielektriseen kuumennusilmiöön tuotteen pääosassa. Tämän seurauksena pintakerros saavuttaa korkeamman lämpötilan. Ruokatuotteen tapauksessa tästä epätasaisesta kuumennuksesta on seurauksena pintakerroksen ruskistuminen ja/tai paahtuminen.

Ruokatuotteen pintakerros voi olla päällikerros (esim. piirakan kuori) tai pohjakerros (esim. pizzan pohja) tai sekä molemmat (esim. leivitetty kalafile).

Keksinnön mukaisesti toivottu lisätty kuumennusvaikutus pintakerroksen sisässä saavutetaan nk. moodisuodatusrakenteen avulla, joka aiheuttaa mikroaaltoenergian sisäänmenon absorboijaan (ruoka-aine tai muu kuumennettava

kappale) katkaistun etenemisen muodossa (jota tässä toisinaan kutsutaan myös "evanesenssietenemiseksi"), aiheuttaen täten kuumennusvaikutuksen keskittymisen absorboijan pinnalle moodisuodatusrakenteen vieressä.

Termiä "moodisuodatus" käytetään viittaamaan korkeamman asteen moodien siirtämisen korostamiseen, samalla kun heijastetaan perusmoodeja.

Mikroaaltojen, jotka on katkaistu, sanotaan etenevän evanesenssisesti, koska ne vaimenevat eksponentiaalisesti. Tämän evanesenssimikroaaltojen voimakkaan vaimenemisen seurauksena pinnan ja päämassan kenttäintensiteettien (tai kuumennuksen) suhde kasvaa. Analogisesti johtimissa suurilla taajuuksilla havaittavan pintailmiön kanssa pintakerrokseen sijoittuu enemmän energiaa kuin päämassaan niistä mikroaaltoenergian moodeista, jotka etenevät leikattuina pintakerroksessa olevien aukkojen kautta.

Tähän tarkoitukseen käytetylle laitteelle on tunnusomaista patenttivaatimuksen 6 tunnusmerkkiosan tunnusmerkit. Se muodostuu mikroaaltoja läpäisevää materiaalia olevasta arkista, joka on varustettu oleellisesti absorboimattomalla johtavalla materiaalilla, joka määrittää, joko saareke-reikä-ryhmän tai reikiä määrittävien ympyröiden ryhmän, ympyröiden dimensioiden tai saarekkeiden ja reikien välisten rakojen dimensioiden ollessa sellainen, että saavutetaan haluttu absorptioprofiili.

Reiät tulevat olemaan dimensioiltaan sellaiset, että mikroaaltoenergian taajuudella ja kuumennettavan tuotteen pintakerroksen viereen sijoitetun arkin kanssa ne energiamoodit, jotka etenevät reikien läpi, ovat leikattuja pintakerroksessa.

Tällaiset moodit voivat olla tai eivät ole leikattuja tuotteen pääosassa (päämassassa), joka sijaitsee pintakerroksen alla.

Keksinnön mukainen laite voi olla sijoitettu erilliselle, mikroaaltoja läpäisevää materiaalia olevalle arkille tai se voi olla tuotteen astiassa, esimerkiksi täl-

laisen astian pohjaseinänä tai kantena. Viimeksi mainitussa tapauksessa voidaan astian rakenteeseen muodostaa pienet reiät höyryn poisjohtamiseksi ja/tai nesteiden, kuten rasvan, poistamiseksi. Esillä oleva järjestely antaa helposti itselle mahdollisuuden tällaisilla tuuletus- ja poistorei'illä varustamiselle, kun sen sijaan olisi vaikeaa sisällyttää tällaista piirrettä tavalliseen suskeptoriin tai edellä mainitussa US-patentissa selostettuiin laitteisiin.

Termi "astia" kattaa tässä käytettynä kaikenlaiset elementit tai laitteet (sisältäen näihin rajoittumatta tasaiset levyt, laminaattikappaleet, pussit, pannut, kannelliset astiat jne.), jotka ainakin osittain ympäröivät, sisältävät, pitävät, tukevat tai joita tuetaan ruoka-aineella tai muulla materiaalilla mikroaaltouunissa tapahtuvan kuumennuksen aikana.

Keksintö liittyy myös menetelmään mikroaaltoenergialla kuumennettavan tuotteen pintakerroksen kuumentamisen lisäämiseksi hyödyntämällä edellä olevaa ajatusta, jossa järjestetään energia olemaan leikattuna ainakin pintakerroksessa.

Niissä tapauksissa, joissa pintakerros muodostuu samasta aineesta kuin tuotteen pääosa, ne mikroaaltoenergiamoodit, jotka etenevät reikien kautta, tulevat leikatuiksi sekä pintakerroksessa että pääosassa. Tämän seurauksena vaimentuminen tulee olemaan suurempi etäisyysyksikköä kohti tuotteen sisällä, mutta tällöin tulee yhä olemaan suurempi kuumennusvaikutus pintakerroksessa, mikä johtuu evanesenssietenemisestä. Se tosiasia, että eteneminen pääosaan on myös evanesenttinen, antaa tuloksena pienemmän kuumennussyvyyden tällaisessa pääosassa, mutta tämä piirre voidaan hyvin käytännössä hyväksyä, jos tuote on ohut, esim. pizza, pannukakku, paloiteltu peruna jne.

On tunnettua, että mikroaaltoenergian moodien, jotka ovat korkeampaa luokkaa kuin kuumennettavassa tuottees-

sa etenevät perusmoodit, synnyttäminen tai lisääminen voi lisätä tuotteen kuumentamisen tasaisuutta sen lateraalidimensiossa. Katso esimerkiksi US-patentti 4 866 234 (EP-patenttihakemus 86 304 880). Katso myös EP-patenttihakemukset 246 041, 317 203 ja 271 981.

Pitäisi selittää, että termiä "moodi" käytetään tässä selityksessä ja patenttivaatimuksissa sen alalla tunnetussa merkityksessä, jolloin se tarkoittaa yhtä tilaa sähkömagneettisen aallon värähtelyn useista tiloista, jotka saattavat säilyä tietyssä resonanssijärjestelmässä kiinteällä taajuudella, kullekin tällaiselle värähtelyn tilalle tai tyypille (ts. kullekin moodille) ollessa tunnusomaista sen omat tietyt sähkö- ja magneettikenttämuodot tai -kuviot. Kuumennettavan materiaalikappaleen tai muun tällaisen kappaleen ja astian, johon se on sijoitettu, ts. normaalisti 1-0-moodi ja 0-1-moodi suorakulmaisessa järjestelmässä, on tunnusomaista sähkökenttäkuvio (tehojakautuma), joka on tyypillisesti keskittynyt kuumennettavan aineen kappaleen reunan ympärille (katsottaessa vaakatasossa) tai sen astian ympäryskehän ympärille, kun ainetta ympäröi astia ja aine täyttää astian, näiden perusmoodien ollessa hallitsevia järjestelmässä, joka ei sisällä mitään korkeamman asteen moodeja generoivaa välinettä. Perusmoodit määrätään täten astian ja sen sisältämän, kuumennettavan materiaalikappaleen geometrialla tai vaihtoehtoisesti tällaisella kappaleella itsellään, kun se muodostaa erillisen tuotteen, jota ei ole sijoitettu astiaan.

Moodi, joka on korkeampaa astetta kuin perusmoodit, on moodi, jonka sähkökenttäkuvio (jälleen selityksen helpottamiseksi ajatellaan tarkastelun tapahtuvan vaakatasossa) vastaa kutakin alueiden toistuvista joukoista, jotka ovat pienempiä kuin perusmoodien sähkökenttäkuvion rajaamat alueet. Jokaista tällaista sähkökenttäkuviota voidaan kuvata, hieman yksinkertaistaen mutta kuitenkin käyttökelpoisesti, vastaavan suljettua silmukkaa vaakatasossa.

HYV. NÄHT.

Esillä olevan keksinnön edulliset suoritusmuodot yhdistävät annoksen kuumentamisen tasaisuuden lateraalidimensioiden suunnassa, joka voidaan saavuttaa generoimalla korkeamman asteen moodeja, haluttuun kuumennuksen epätasaisuuteen suunnassa, joka on kohtisuorassa annoksen lateraalisiin dimensioihin nähden, ts. suunnassa, joka on kohtisuorassa annokseen pintaan nähden, kuten vaaditaan pinnan ruskistamiseksi tai paahtamiseksi.

Oheisissa piirroksissa:

Kuvio 1 on ylhäältä nähty tasokuva esimerkinomaisesta moodisuodatusrakenteesta, joka toteuttaa esillä olevan keksinnön tietyssä muodossa;

Kuvio 2 on osaleikkauskuva, joka on otettu pitkin kuvion 1 viivaa 2 - 2;

Kuvio 3 on osittainen ylhäältä nähty tasokuva, joka on samanlainen kuin kuvio 1, keksinnön moodisuodatusrakenteen toisesta suoritusmuodosta;

Kuvio 4 on osittainen poikkileikkauskuva, joka on otettu pitkin kuvion 3 viivaa 4 - 4;

Kuvio 5 on perspektiivikuva mikroaaltokuumennusastiasta, joka on tarkoitettu ruoka-ainekappaleen pitämistä varten ja joka sisältää keksinnön moodisuodatusrakenteen suoritusmuodon, joka on yleisesti samanlainen kuin kuvion 1 suoritusmuoto;

Kuvio 6 on osittainen pystyleikkauskuva samasta astiasta otettuna pitkin kuvion 5 viivaa 6 - 6;

Kuvio 7 on samanlainen kuva kuin kuvio 6 muutetusta astiasta, joka sisältää kaksi keksinnön moodisuodatusrakennetta;

Kuviot 8, 9 ja 10 ovat osittaisia pystyleikkauskuvia keksinnön kolmen lisäsuoritusmuodon astian kansista ja moodisuodattimista;

Kuvio 11 on ylhäältä nähty tasokuva ympyrän muotoisesta astiasta, joka toteuttaa keksinnön;

Kuvio 12 on ylhäältä nähty tasokuva keksinnön moodisuodatusrakenteen lisäsuoritusmuodosta, jolla on käyttöä esimerkiksi kuviossa 5 esitetyn astian yhteydessä;

Kuvio 13 on perspektiivikuva toisesta astiasta, joka sisältää keksinnön suoritusmuodon;

Kuviot 14 - 22 ovat osittaisia tasokuvia keksinnön mukaisten moodisuodattimien lisärakenteesta;

Kuvio 23 on osittainen perspektivikuva vielä eräästä astiasta, joka toteuttaa keksinnön;

Kuvio 24 on osittainen perspektiivikuva keksinnön eräästä suoritusmuodosta;

Kuvio 25 on osittainen pystyleikkauskuva kaarevasta mikroaaltokuumennusastian kannesta, joka sisältää keksinnön mukaisen moodisuodattimen;

Kuvio 26 on samanlainen kuva kaarevasta astian kannesta, joka sisältää toisen keksinnön mukaisen moodisuodattimen;

Kuviot 27 ja 28 ovat osittaisia poikkileikkauskuvia keksinnön mukaisista moodisuodattimista, jotka on muodostettu astian pohjiin;

Kuvio 29 on ylhäältä nähty tasokuva keksinnön vielä erään suoritusmuodon astiatarjottimesta;

Kuvio 30 on poikkileikkauskuva kuvion 29 tarjottimesta;

Kuviot 31 ja 32 ovat osittaisia perspektiivikuvia keksinnön moodisuodatusrakenteiden kahdesta lisäsuoritusmuodosta;

Kuvio 33 on samanlainen kuva kuin kuviot 14 - 22 vielä eräästä keksinnön mukaisesta moodisuodattimesta;

Kuviot 34 - 36 ovat graafisia kuvaajia, jotka havainnollistavat indusoituneen moodin absorptioprofiilin ja leikkauksen välistä suhdetta;

Kuvio 37 on perspektiivikuva keksinnön yhden suoritusmuodon mukaisesta laitteesta havainnollistaen tällaisen laitteen käyttötapaa;

HYV. NÄHT.

Kuviot 38 - 41 ovat osittaisia tasokuvia vaihtoehtoisista suoritusmuodoista;

Kuvio 42 on havainnollistava kaavio;

Kuvio 43 on kaavio, joka selostaa koetta;

Kuviot 44A ja 44B ovat graafisia kuvaajia, jotka esittävät tämän kokeen tuloksia; ja

Kuviot 45 - 48 esittävät erilaisia ryhmiä, joita käytettiin alla selostettavassa kokeessa 3.

Kuvioissa 1 ja 2 esitetty keksinnön suoritusmuodo on moodisuodatusrakenne, joka sisältää mikroaaltoja läpäisevästä materiaalista, kuten sopivasta muovista, valmistetun litteän arkin 20 (esitetty suorakulmaisena), joka voi yhdessä havainnollistavassa esimerkissä olla mikroaaltokuumennusastian kannen tasainen yläosa. Tässä suoritusmuodossa yksimoodisuodatin 22 on asennettu arkin 20 tasaiselle pinnalle. Tarkemmin sanottuna sähköisesti johtava levy 24 (esim. levy, joka on kotitalouspaksuista alumiinifoliota tai nk. jalostusvahvuista foliota, jonka paksuus voi tyypillisesti vaihdella 6 ja 7 mikronin välillä) liitetään arkin yläpintaan, jolloin tämän levyn ulkomitat ovat suurin piirtein sama kuin viimeksi mainittu pinta, niin että levy 24 ulottuu oleellisesti yli koko arkin vaakatasossa. Tämä levy on varustettu useilla aukoilla 26, joista jokaisella on oleellisesti suorakulmaisen muotoinen suljettu kehä; kuvassa on esitetty 20 aukon 5 x 4-matriisi, jossa kaikki aukot ovat kooltaan identtisiä ja erillään toinen toisistaan ja levyn ulkokehästä levyn liuska- tai väliosuuksien 28 verran. Aukot ovat tasavälein muodostelmassa, joka on symmetrinen levyyn 24 ja arkkiin 20 nähden.

Moodisuodatin 22 sisältää myös useita sähköisesti johtavia saarekkeita 30, jotka tässä tietyssä suoritusmuodossa ovat keskenään identtisiä muodoltaan ja mitoiltaan ja ovat jälleen edullisesti kotitalousvahvuisesta alumiinifoliosta valmistettuja, joka on liitetty samaan arkin pintaan kuin levy 24. Näiden saarekkeiden 30 lukumäärä on

yhtä suuri kuin aukkojen 26 lukumäärä ja niillä on suljetut, oleellisesti suorakulmaiset ympäryskehät, jotka oleellisesti mukautuvat aukkojen kehien muotoon, mutta ovat pinta-alaltaan pienempiä kuin aukot; saarekkeet 30 on vastaavasti sijoitettu aukkojen 26 sisälle (ja kohdistettu niiden kanssa), niin että kunkin saarekkeen 30 kehä on oleellisesti tasaisen välimatkan päässä ympäröivän aukon kehästä ja määrittää sen kanssa suorakulmaisen rengasmaisen raon 32 (joka tässä suoritusmuodossa on oleellisesti tasalevyinen), joka on suljettu tai katettu arkin 20 mikroaaltoja läpäisevällä dielektrisellä materiaalilla. Täten moodisuodatusrakenteeseen on muodostettu 20 erillään olevan, tasaisesti ja symmetrisesti jaetun suorakulmaisen rengasmaisen raon 32 5 x 4-matriisi. Nähdään, että nämä raot muodostavat oleellisesti ainoat mikroaaltoja läpäisevät alueet tai ikkunat koko rakenteessa, koska arkki 20 on muutoin katettu johtavalla levyllä 22.

Kuvioiden 1 ja 2 suoritusmuodon erityisessä mitoitusesimerkissä kukin aukoista 26 on 2,20 x 1,8 cm suuruinen suorakulmainen, liuskat 28 aukkojen välissä (aukkojen sekä pitkillä että lyhyillä sivuilla) ovat leveydeltään 0,5 cm. Kukin johtava saareke 30 on 1,70 x 1,3 cm suuruinen suorakulmio ja se on keskitetty siihen liittyvään aukkoon siten, että se määrittää aukon kanssa suorakulmaisen rengasmaisen raon 32, jolla on tasainen leveys 0,25 cm kaikilla sivuilla. Neljän aukon uloimmat päätysarakkeet ovat 1,0 cm etäisyydellä levyn 24 lyhyistä sivureunoista 24a ja viiden aukon uloimmat sivurivit ovat 1,5 cm etäisyydellä levyn 24 pitkistä sivureunoista 24b, jolla levyllä on 2,0 cm säteiset kulmat.

Yksimoodisuodatinta, jollainen on annettu esimerkkinä kuvioiden 1 - 2 yllä selostetussa suoritusmuodossa, voidaan käyttää (ei rajoittavana esimerkkinä) metalli-, komposiitti- tai mikroaaltoja läpäisevissä astioissa, joihin sisältyvät ne, jotka on selostettu yhdessä tai useam-

massa edellä mainituista rinnakkaisista hakemuksista. Muutamissa tapauksissa on metalliastioiden käyttö edullista, koska astiaan tuleva säteily pakotetaan tällöin vuorovaikuttamaan moodisuodattimen kanssa. Sitä vastoin kun moodisuodatinta käytetään mikroaaltoja läpäisevässä astiassa, se kohdistaa vähän vaikutusta säteilyyn, joka tulee astiaan muiden pintojen kautta, jotka eivät ole sen lähellä.

Keksinnön yllä selostetun suoritusmuodon mukaisen moodisuodattimen muodostamiseksi yhden tai useamman metallisaarekkeen matriisi ("saarakematriisi") sijoitetaan metallisen alueen tai levyn yhden tai useamman vastaavan aukon muodostaman matriisin ("aukkomatriisi") päälle. Sekä saareke- että aukkomatriisit voi olla muodostettu (esimerkiksi meistämällä) esimerkiksi alumiinifoliosta. Kun sitä käytetään metalliastian kanssa, moodisuodatin on edullisesti sijoitettu astian päälle siitä sähköisesti eristettynä, kuten alla kuvioissa 5 - 6 selostetussa suoritusmuodossa. Moodisuodatin voi kuitenkin myös olla läheisessä mekaanisessa ja sähköisessä kontaktissa astian kanssa tai se voi olla yhtä kappaletta astian kanssa (kuten rakenteen pussityypissä, joka myös selostetaan alla kuvion 23 yhteydessä). Kun aukkomatriisi valmistetaan jäykästä foliosta, astia tai pannu, joka säilyttää kuumennettavaa ruokaa, voi olla muodostettu samasta foliosta käyttäen samoja tekniikkoja kuin ne joita käytetään "poimuseinäisten" tai "sileäseinäisten" pannujen valmistuksessa.

Dielektristä materiaalia käytetään säilyttämään avaruussuhde saareke- ja aukkomatriisien välillä. Sopiva dielektrinen materiaali (tyypillisesti sellaisia muoveja kuten polypropyleeni-, polyesteri- tai polykarbonaattihartsit) omaa hyvän resistanssin dielektristä läpilyöntiä vastaan, alhaiset dielektriset häviöt ja säilyttää lujuusominaisuutensa käyttölämpötiloissa, jotka syntyvät ruoan lämmittämisestä.

Kukin saareke on yleisesti keskitetty kuhunkin aukkoon nähden, mutta se voi olla joko samantasoinen aukon kanssa tai (kuten myöhemmin tullaan selostamaan lisää esimerkiksi kuvioiden 3 - 4 ja 8 - 10 yhteydessä) pystysuunnassa siirretty, niin että se on oleellisesti samansuuntaisessa tasossa aukon kanssa. Kun saarekematriisi on samassa tasossa aukkomatriisin kanssa, kunkin saarekkeen pinta-alan on pakko olla pienempi kuin vastaavan aukon pinta-ala. Kuitenkin kun saareke- ja aukkomatriisit ovat pystysuunnassa erillään (kuten esimerkiksi kuvioissa 3 - 4), saarekkeet voivat olla pinta-alaltaan suurempia tai pienempiä kuin vastaavat aukot.

Yksi esimerkki järjestelystä kuvioiden 1 ja 2 moodisuodatusrakenteen käyttämiseksi mikroaaltokuumennusastian kanssa on esitetty kuvioissa 5 ja 6, jotka esittävät mikroaaltokuumennusastian, jossa on oleellisesti suorakulmainen, ylöspäin avoin tarjotin 10, jossa on pohja 11 ja sivuseinät 12 ja joka on valmistettu metallista (esimerkiksi jäykästä, muovatusta alumiinifoliosta), kuumennettavan ruoka-ainekappaleen 14 vastaanottamista ja pitämistä varten. Valettu muovikansi 16 (dielektristä materiaalia), joka on mikroaaltoenergiaa läpäisevä ja jossa on alaspäin ulottuva osa 18 sekä tasainen ylä- tai levyosa 20, peittää tarjottimen yläaukon, alaspäin ulottuvan osan asettuessa tarjottimen reunalle. Tyypillisesti sisällä olevan ruoka-aineen yläpinta on välimatkan päässä kannen yläosan alapuolella.

Moodisuodatin 22, jollainen selostettiin kuvioiden 1 ja 2 yhteydessä (mutta jonka on tässä esitetty käsittävän aukkojen ja saarekkeiden 4 x 4-matriisin) on asennettu kannen yläosan 20 ylöspäin olevalle tasaiselle pinnalle. Täten sähköisesti johtava levy 24 (esimerkiksi kotitalousvahvuista alumiinifoliota) on liitetty kannen yläpintaan ulottuen oleellisesti koko kannen yli vaakatasossa, vaikka levy on sähköisesti eristetty metallitarjottimesta 10 di-

elektristä materiaalia olevan kannen alaspäin suuntautuvalla osalla 18. Saarekkeet 30 on samalla tavoin liitetty kannen yläpintaan. Aukkojen ja saarekkeiden järjestelmä on symmetrinen suorakulmaiseen kannen yläosaan nähden ja täten astiaan nähden, kun katsotaan vaakatasossa. Täten kannen yläosaan on aikaansaatu 16 erillään olevan, tasaisesti ja symmetrisesti jaetun suorakulmaisen rengasmaisen raon 32 4 x 4-matriisi, joka muodostaa oleellisesti ainoat mikroaaltoja läpäisevät alueet tai ikkunat koko kannen yläosassa, joka on muutoin johtavan levyn 22 peittämä.

Kuvio 7 havainnollistaa muunnettua versiota astiasta, jossa tarjotin 10a, kuten myös kansi, on muodostettu mikroaaltoja läpäisevästä materiaalista metallin sijasta ja jossa toinen moodisuodatusrakenne 122a (joka saattaa olla identtinen ja kohdistettu yllä selostetun moodisuodattimen 22 kanssa) on asennettu mikroaaltoja läpäisevän tarjottimen 10a alaspäin olevalle tasaiselle pohjapinnalle. Sekä levy 124a että saarekkeet 130a rakenteessa 122a voivat olla muodostettuja kotitalousvahvuisesta alumiinifoliosta, joka on liitetty tarjottimen pohjapintaan. Levy 124a määrittää aukkojen 126a matriisin, joiden aukkojen kehät yhdessä saarekkeiden 130a kehien kanssa määrittävät rakojen 132a matriisin, jossa raot ovat kooltaan ja lukumäärältään samat ylemmän moodisuodattimen 22 rakojen 32 kanssa ja vastaavasti niiden kanssa kohdistettuja.

Jälleen kuviossa 7 säilytetty ruoka-ainekappale 14a on muodoltaan itsensä ylläpitävä ja pienempi kuin tarjottimen sisädimensiot, niin että se on välimatkan päässä sisäänpäin tarjottimen sivuseinämistä. Koska astian tarjotin on mikroaaltoja läpäisevä, kappale 14a toimii dielektrisenä resonaattorina määritettäessä järjestelmän perusmoodit. Täsmällisemmin sanottuna kuvion 7 järjestelmässä kokonaisresonanssirajat määritetään sekä ruoka-ainekappaleella että moodisuodatusrakenteilla, mutta tehoabsorptio rajoittuu ruoan poikkipintaan. Jos kappale 14a täyttäisi

astian aina tarjottimen sivuseiniin asti, niin että astian sivuseinät määrittävät kappaleen geometrian, mikroaaltoja läpäisevän tarjottimen sivuseinien vaikutus resonanssirajoja määritettäessä olisi yhä yksinkertaisesta seurausta tarjottimen sivuseinien vaikutuksesta ruokakappaleen geometrian määräytymisessä, vastakohtana tilanteelle joka saadaan, kun tarjotin on sähköisesti johtava (mikroaaltoja heijastava) ja muodostaa onteloresonaattorin.

Viitaten nyt kuvioiden 3, 4 ja 8 - 10 saareke- ja aukkomatriisien pystysuuntainen erotus voidaan saada sijoittamalla kumpikin matriisi dielektrisen vastakkaisille pinnoille tai vaihtoehtoisesti sijoittamalla saarekkeet dielektrisille ulkonemille (jotka voivat olla täytettyjä tai täyttämättömiä). Dielektriset ulkonemat voidaan saada esimerkiksi muovikalvon lämpömuovauksessa.

Kuviot 3 ja 4 esittävät suorakulmaisen tasaisen mikroaaltoja läpäisevän muoviarkin 20, joka on yllä kuvioiden 1 ja 2 yhteydessä selostettua tyyppiä (esimerkiksi mikroaaltokuumennusastian kannen 16 tasainen yläosa, jollainen on esitetty kuviossa 5), mutta joka kannattaa moodisuodatinta, joka muodostuu johtavasta levystä 34 (joka määrää 20, liuskoilla 38 erotetun aukon 36 5 x 4-matriisin), joka on asennettu arkin 20 alaspäin olevalle, vaakasuuntaiselle, tasomaiselle pääpinnalle sekä 20 suorakulmaisen, johtavan saarekkeen 40 5 x 4-matriisista, joka on asennettu arkin 20 vastakkaiselle (ts. ylöspäin olevalle) vaakasuuntaiselle, tasomaiselle pääpinnalle vastaavasti kohdakkain aukkojen 36 kanssa. Tässä moodisuodattimessa aukot 36 ja saarekkeet 40 ovat pystysuunnassa toisistaan erillään arkin 20 paksuuden verran ja suorakulmainen rengasmainen rako 42, joka rajoittuu kunkin saarekkeen 40 ja siihen liittyvän aukon 36 kehän väliin, muodostuu pystysuuntaisen välimatkan ansiosta, koska (kuten on esitetty) saarekkeet 40 ovat suurempia kuin aukot 36, vaikka mukautuvatkin niihin kehän muodon osalta.

Vaihtoehtoisesti, kuten kuvio 8 havainnollistaa, muovikannen 16a (muutoin samanlainen kuin kuvion 5 kansi 16) yläosa 20a voi olla valettu sisältämään joukon onttoja pystyulkonemia 43 (yksi kutakin saareketta 40 kohti), niin että kasvatetaan saarekkeen 40 ja levyjen 34 aukkojen 36 välistä pystysuuntaista välimatkaa. Kukin ulkonema 43 suuntautuu ylöspäin kannen yläosan 20a ylemmästä vaakapinnasta ja sillä itsellään on oleellisesti suorakulmainen, vaakasuuntainen, tasainen yläpinta, jolle on asennettu yksi saarekkeista 40. Kuten kuvioissa 3 ja 4, aukon määrittävä levy 34 on asennettu kannen yläosan alemmalle (alaspäin olevalle) vaakapinnalle, ja aukot 36 on sijoitettu kohdakkain ulkonemien 43 kanssa, jolloin ne ovat kohdakkain myös saarekkeiden 40 kanssa. Jälleen, kuten kuviossa 4, raot (joita tässä on merkitty viitenumerolla 42a) saarekkeiden ja niihin liittyvien aukkojen kehien välissä on muodostettu saarekkeiden 40 ja levyn 34 välisellä pystysuuntaisella välimatkalla, koska saarekkeet 40 ovat suurempia kuin aukot 36. Ylhäältä nähdyssä tasokuvassa kuvion 8 rakenne (kuten kuvion 4 rakenne) on kuviossa 3 esitetyn mukainen.

Kuviot 9 ja 10 havainnollistavat moodisuodattimien lisäsuoritusmuotoja, joissa on pystyvälimatka aukkojen ja saarekkeiden välissä. Näiden viimeksi mainittujen kuvioiden rakenteissa johtava levy 54 määrittää aukkojen 56 matriisin, jotka aukot ovat pinta-alaltaan suurempia kuin johtavat saarekkeet 60, niin että aukkojen ja saarekkeiden järjestelmä tasokuvassa vastaa kuviota 1. Kukin aukko ja siihen liittyvä saareke määrittää rengasmaisen raon 62, joka rako on seurauksena sekä aukkojen ja saarekkeiden pystyvälimatkasta että siitä tosiseikasta, että saarekkeet ovat pinta-alaltaan pienempiä kuin aukot (vaikka vastaavatkin muodoltaan ja suunnaltaan niitä).

Tarkemmin sanottuna kuvio 9 esittää muovikannen 16b, jossa on yläosa 20b, joka on varustettu useilla umpi-

naisilla (mieluummin kuin ontoilla) valetuilla ulkonemilla 63, ts. yhdellä kutakin saareketta 60 kohti, jotka suuntautuvat ylöspäin sen ylemmästä vaakapinnasta, mutta joka muutoin on samanlainen kuin yllä selostettu kansi 16. Kullakin ulkonemalla on tasainen vaakasuuntainen yläpinta, jolle yksi saarekkeista 60 on asennettu. Levy 54 on asennettu kannen yläosan 20b ylemmälle vaakasuuntaiselle pääpinnalle sellaiseen asemaan, että ulkonemat 63 vastaavasti suuntautuvat ylöspäin aukkojen 56 kautta.

Kuvio 10 esittää muovikannen 16c, jossa on yläosa 20c, jossa on tasomainen vaakasuuntainen yläpinta ja useita onttoja ulkonemia 65 (yksi kutakin saareketta 60 kohti), jotka suuntautuvat alaspäin sen alapinnasta. Kullakin ulkonemalla 65 on tasainen, alaspäin oleva vaakasuuntainen alapinta, jolle on asennettu yksi saarekkeista 60, samalla kun aukon määrittävä levy 54 on asennettu yläosan 20c yläpinnalle, niin että aukot 56 ovat kohdakkain ulkonemien 65 kanssa. Viimeksi mainitut ulkonemat on mitoitettu siten, että kun kansi 16c on asetettu tarjottimelle 10, saarekkeet 60 ovat oleellisesti kosketuksessa sisällä olevan ruoka-ainekappaleen 14 yläpinnan kanssa.

Nähdään, että kaikissa kuvioiden 3, 4 ja 8 - 10 suoritusmuodoissa aukot määrittävä johtava levy (34 tai 54) ja johtavat saarekkeet (40 tai 60) ovat vastaavasti sijoitetut samansuuntaisiin mutta pystysuunnassa erillään oleviin vaakatasoihin. Kaikissa näissä suoritusmuodoissa ja (ellei toisin esitetä) niissä, jotka seuraavat sekä levy että saareke tai saarekkeet voivat olla sopivasti valmistettuja alumiinifoliosta ja asennettuja kannelle tai muulle astian seinälle, joka on mikroaaltoja läpäisevää dielektristä materiaalia, kuten yksi yllä mainituista muoveista.

Keksinnön moodisuodattimissa saarekkeet ja aukot voivat saada monia erilaisia geometrioita, joiden joukossa ovat seuraavat:

HYV. NÄHT.

(a) Monikulmio (sisältäen monikulmion, jossa on pyöristetyt kärjet), esimerkiksi kolmikulmainen, suorakulmainen, viisikulmainen, kuusikulmainen jne. Kuvio 14 esittää johtavat levyn 74, joka määrittää kuusikulmaisen aukon 76, johon on sijoitettu pienempi kuusikulmainen johtava saareke 80, niin että muodostuu kuusikulmainen rengasmainen rako 82.

(b) Pyöreä tai elliptinen (sisältäen epitrokhoidaalin, monifolion ja vastaavat muunnelmat). Kuvio 15 esittää johtavan levyn 84, joka määrittää ympyrän muotoisen aukon 86, johon on sijoitettu pienempi ympyrän muotoinen johtava saareke 90, joka on samankeskinen aukon 86 kehän kanssa, niin että niiden väliin rajoittuu ympyrän muotoinen rengasmainen rako 92; kuvio 16 esittää johtavan levyn 94, joka määrittää oleellisesti elliptisten aukkojen 96 matriisin, jolloin kunkin aukon sisään on sijoitettu pienempi, mutta saman muotoinen johtava saareke 100 määrittämään aukon kehän kanssa oleellisesti elliptisen raon 102.

(c) Konforminen (ei välttämättä määritettävissä yksinkertaisten geometristen muotojen avulla), jolla on geometrinen samankaltaisuus ruoan ja/tai astian muodon kanssa ja joka on tarkoitettu edistämään korkeampien moodien etenemistä ruoan sisässä. Kuvio 13 esittää moniosastoisen astian 140, jossa kutakin osastoa käsitellään erikseen. Astiassa on joukko metalliseiniä (ei esitetty), jotka muodostavat osastot välittömästi kannessa 158 olevien alueiden 150, 152, 154 ja 156 alle. Kansi on tehty mikroaalloille dielektrisestä materiaalista ja se on pohjimmiltaan mikroaaltoenergian läpäisevä. Kullakin osastolla on kannessa 158 vastaava yläpinta-alue ja kullakin yläpinta-alueella on suurin piirtein konforminen levy, joka on metallifoliota. Tällaiset konformiset levyt on esitetty kuviossa 13 viitenumeroilla 160, 162, 164 ja 166. Kunkin konformisen levyn pinta-ala on oleellisesti yhtä suuri kuin sen kannen yläpinnan pinta-ala, jolle se on asennet-

tu. Kussakin konformisessa levyssä on konforminen keskiaukko (170, 172, 174 ja vastaavasti 176), jonka sisään on sijoitettu pienempi mutta konforminen metallifoliosaareke (180, 182, 184 ja vastaavasti 186), joka rajoittaa siihen liittyvän aukon ympäryskehän kanssa rengasmaisen raon (190, 192, 194 ja vastaavasti 196). Kukin rako on siten mitoitettu, että se aikaansaa asianmukaisen ruoanvalmistusenergian ja jakautumisen ruoka-aineeseen, joka on sijoitettu kyseessä olevaan osastoon. Esimerkiksi rako 190 on suuri alueeseen 150 nähden. Toisaalta ruoka-aine alueella 156 vaatii erilaisen kuumennuksen jakautumisen ja niin rako 196 on mitoitettu tämän mukaisesti.

(d) Ei-konforminen ja/tai epätasainen raon leveyden osalta. Yllä selostetuissa suoritusmuodoissa on esitetty oleellisesti tasainen raon leveys. Kuitenkin raon leveys voi olla epätasainen, kuten on havainnollistettu esimerkiksi kuviossa 17, jossa suorakulmaisella aukolla 26a ja siihen sijoitetulla suorakulmaisella saarekkeella 30a on erilaiset sivusuhteet, niin että niiden välissä olevan suorakulmaisen raon 32a lyhyiden sivujen 32a' leveys on suurempi kuin raon pitkien sivujen 32a" leveys. Jälleen kuviossa 18 elliptinen aukko 96a ja sen sisään sijoitettu elliptinen 100a ovat muodoltaan erilaiset, niin että niiden välinen rako 102a on leveydeltään muuttuva. Saarekkeen geometria voi olla ei-konforminen aukon ympäryskehään nähden, kuten kuviossa 19, jossa monilohkoinen saareke 30b on sijoitettu suorakulmaisen aukon 26b sisään määrittämään vaihtuvalevyinen rako 32b; kuviossa 20, jossa sekä saareke 30c että aukko 26c ovat ei-konformisia, mutta jälleen kerran määrittävät muuttuvalevyisen raon 32c; ja kuviossa 21 kolmilehtinen saareke 30a on sijoitettu ympyrän muotoisen aukon 86a sisään määrittämään muuttuvalevyinen rako 92a.

(e) Rei'itetyt saarekkeet, kuten on esitetty kuviossa 22, jossa monilohkoinen saareke 30d on sijoitettu suorakulmaiseen aukkoon 26d määrittämään sen kanssa muut-

tuvalevyinen rako 32d (samanlainen kuin kuviossa 19 esitetty järjestely), mutta myös saarekkeella itsellään on keskiaukko 27d.

Kuvioissa 13 - 22 havainnollistetut erilaiset muodot ovat, kuten tullaan ymmärtämään, vain esimerkkejä erilaisista järjestelyistä (joissa on tasaiset tai epätasaiset raot, ja geometrisesti konformiset tai ei-konformiset saareke-aukko-parit), joita voidaan käyttää esillä olevan keksinnön rakenteessa. Myöskin vaikka selvyyden vuoksi useimmissa näistä kuvioista on esitetty yksittäinen saareke-aukko-pari, on ymmärrettävä, että täydellisessä moodisuodatusrakenteessa voi olla muodostettuna matriisi, joka käsittää monia tällaisia pareja ja että tällaisen matriisin parit voivat (kuten tämän jälkeen tullaan edelleen selostamaan) olla toistensa kanssa identtisiä tai epäidenttisiä riippuen halutusta kuumennusvaikutuksesta ja erityisistä käyttöolosuhteista.

Ruokatuotteelle ja/tai astialle, joilla on suorakulmainen poikkileikkaus, saareke- ja aukkogeometria on myös tyypillisesti tai tavanomaisesti suorakulmainen. Tuotteelle ja/tai säiliölle, jolla on sylinterimäinen muoto, ensisijainen saareke- ja aukkogeometria perustuu tyypillisesti tai tavanomaisesti sylinterimäiseen koordinaattijärjestelmään, ts. se on jaettu "kennoihin", joiden asema määrätään säteittäis- tai kulmasolmuilla (harmoniset solmut). Viimeksi mainitun tyyppinen järjestelmä on esitetty kuviossa 11, joka on ylhäältä nähty tasokuva sylinterimäisestä astiasta, jossa on tasomaisella ympyrän muotoisella yläpinnalla varustettu muovikansi 16d, jolle on asennettu johtava levy 204, joka määrittää viisi tai kuusi identtistä, segmentin muotoista aukkoa 206, jotka on jaettu säteittäisesti symmetriseksi järjestelmäksi ja viisi tai kuusi konformisesti muotoiltua mutta pienempää johtavaa saareketta 210, jotka on vastaavasti sijoitettu kohdakkain aukkojen kanssa määrittämään aukkojen ulkokehien

kanssa viisi tai kuusi rengasmaista rakoa 212, sekä ympyrän muotoinen keskiaukko 205 ja saareke 207, jotka määrittävät ympyrän muotoisen raon 209.

Keksinnön selostettujen suoritusmuotojen moodisuodatttimissa aukkojen välinen minimierotus määräytyy ruoassa halutusta kuumentumisen jakautumisesta, sovellutuksen vaatimasta mekaanisesta karkeudesta sekä ohmisen kuumennuksen määrästä, joka tapahtuu aukkomatriisin määrittävässä metallissa. Aukkomatriiseissa, jotka on muodostettu kotitalousvahvuisesta foliosta ja joissa on suorakulmaiset aukot, aukkojen välissä olevan folion leveys (esim. liuskojen 28 leveys kuvioissa 1 - 2) on tyypillisesti 5 mm tai suurempi.

Kuumennuksen jakautumista monista saarekkeista ja aukoista muodostuvan moodisuodattimen tasoon voidaan muutella muuttamalla differentiaalisesti, rakenteen poikkileikkauksen yli, saareke- ja/tai aukkokokoa ja/tai saarekkeiden pystypoikkeamaa aukkoihin nähden. Esimerkiksi kuviossa 12 esitetyssä aukkojen 26 ja niihin liittyvien saarekkeiden 30 3 x 3-matriisissa ja moodisuodatusrakenteessa, joka on muutoin kuvioissa 1 - 2 ja 5 - 6 esitettyä yleistä tyyppiä, näistä aukoista 26e keskimmäinen samoin kuin siihen liittyvä saareke 30e, on tehty suuremmaksi kuin muut, jotta kontrolloidaan halutulla tavalla kuumentumista keskialueen vieressä olevassa ruoka-ainekappaleessa. Tämän keskiaukon ja saarekkeen koko vastaa edullista korkeampaa moodia ruoka-aineessa.

Mukautuakseen paremmin ruokatuotteiden muotoon moodisuodattimen kokonaismuoto voi olla esimerkiksi käyrä tai poimutettu tasomaisen sijasta. Kuviot 25 ja 26 esittävät käyrät muoviastian kannet, joissa on keksinnön mukaiset moodisuodattimet. Kuviossa 25 kannen 16e yläosan 20e yläpinnalla on tasainen jatkuva kupera käyryys. Aukot määrittävä johtava levy 214 (joka on yleisesti samanlainen kuin kuvion 1 levy 24) on asennettu sen päälle, johtavien saa-

rekkeiden 220 (yleisesti samanlaisia kuin kuvion 1 saarekkeet 30) ollessa sijoitettu samalle kannen yläpinnalle. Tämä käyrä moodisuodatin vastaa järjestelyä (jollainen on esitetty esimerkiksi kuvioissa 1 - 2), jossa johtava levy ja saarekkeet sijaitsevat samassa tasossa ja se luetaan kuuluvaksi sellaisen moodisuodattimen määritelmään, jossa on samassa tasossa oleva levy ja saarekkeet. Kuviossa 26 kannen 16f yläosalla 20f on yleinen ylöspäin kovera käyryys ja se on varustettu useilla säteittäisesti ylöspäin suuntautuvilla ulkonemilla 223, joista kullakin on yläpinta, jolla on samankeskinen käyryys koko yläosan käyryyden kanssa. Johtava levy 224, joka on asennettu kannen yläosan 20f alapinnalle, määrittää aukkojen 226 matriisin, jotka aukot ovat vastaavasti kohdakkain ulkonemien 223 kanssa; vastaava johtavien saarekkeiden 230 matriisi on asennettu ulkonemien yläpinnoille. Kuvion 22 käyrä moodisuodatin vastaa täten järjestelyjä (jollaiset on esitetty esimerkiksi kuvioissa 3 - 4 ja 8 - 10), jossa levy ja saarekkeet ovat vastaavasti sijoitetut toisistaan erillään oleviin samansuuntaisiin tasoihin, ja sen katsotaan sisältyvän määritelmään samansuuntaisessa tasossa olevan levyn käsittävistä järjestelmistä.

Edelleen keksinnön mukaisesti, ja kuten yllä on kuvion 7 yhteydessä selostettu, joukko moodisuodattimia voidaan sijoittaa samaan mikroaaltokuumennusastiaan eri seinille tai pinnoille, esim. useiden ruokapintojen samanaikaista käsittelyä varten. Kun moodisuodatusrakenteita käytetään astiassa olevan ruoka-ainekappaleen ylä- ja alapinnoilla, käytetyt moodisuodatusrakenteet voivat olla kaksi erilaista, sähköisesti erotettua moodisuodatinta tai kaksi moodisuodatinta, joilla aukkomatriisit on muodostettu samasta metallilevystä. Kun käytetään kahta sähköisesti eristettyä moodisuodatinta, pakkauksen tai astian loppuosa on muodostettu dielektrisestä materiaalista, niin että kuluttaja voi pitää koko pakkausta "yhdistelmäastiana"

mieluummin kuin "folioastiana". Sähköisesti eristettyjä moodisuodattimia voidaan myös käyttää metalliset sivuseinät käsittävän astian ylä- ja alapinnoilla.

Kuvio 24 esittää mikroaaltokuumennusastian, joka toteuttaa keksinnön ja sisältää sekä päällä että pohjalla olevat moodisuodattimet, joiden väliin kuumennettava ruoka-ainekappale sijoitetaan. Tämä astia voi olla tuttua "kauhatyyppiä", nimittäin tyypillisesti lämpömuovattu vaahdotettu muoviastia, jossa on yläosa 231 ja alaosa 233, jotka on liitetty niihin yhtenäisesti kuuluvalla saranalla tai taitealueella (ei esitetty), joka on muodostettu yhdelle sivulle ja järjestetty sulkeutumaan ehdottomasti tai lukkiutumaan (sopivilla ja esimerkiksi tavanomaisilla välineillä, joita ei myöskään ole esitetty, mutta jotka on muodostettu ylä- ja alaosien reunaosuuksiin), pakkauksen seinämien ollessa hieman muotoaan muuttavia. Kuvioissa 1 - 2 esitetyn tyyppinen moodisuodatusrakenne (joka sisältää aukot määrittävän levyn 24 ja saarekkeet 30) on asennettu pakkauksen yläosan 231 tasaiselle yläpinnalle. Toinen samanlainen moodisuodatusrakenne 234, joka on asennettu alaosan 233 tasaiselle pohjalle, määrittää aukkojen 236 matriisin (jotka aukot tässä suoritusmuodossa ovat muodoltaan, kooltaan ja järjestelyltään identtiset ylemmän moodisuodattimen 22 aukkojen 26 kanssa ja niiden kanssa kohdakkain) ja sisältää myös vastaavan määrän alumiinifoliosaarekkeita 240, joista kukin määrittää siihen liittyvän aukon ulkokehän kanssa suorakulmaisen rengasmaisen raon 242. Nämä raot 242 ovat kooltaan ja lukumäärältään yhtenäisiä ja vastaavasti kohdakkain ylemmän moodisuodattimen 22 rakojen 32 kanssa.

Astian kannessa tai sen päällä olevaa sähköisesti eristettyä moodisuodatinta voidaan vaihtoehtoisesti käyttää metallisen astiatarjottimen kanssa, joka sisältää toisen moodisuodattimen aukkomatriisin. Lisävaihtoehtona yksi moodisuodatin voi olla läheisessä mekaanisessa ja sähköi-

sessä kosketuksessa astian kanssa, joka sisältää alustassaan toisen moodisuodattimen aukkomatriisin, tai se voi olla yhtä kappaletta sen kanssa (kuten pussityyppisessä rakenteessa). Kun käytetään kahta moodisuodatinta, joilla on samasta levystä muodostetut aukkomatriisit, tämä levy voi olla taitettu U-muotoon kuumennettavan ruokatuotteen ympäröimiseksi, kuten on esitetty kuviossa 3 leikkauskuvana, joka havainnollistaa U-taivutettua alumiinifolio/muovilaminaattilevyä 243, jossa on useita suorakulmaisia aukkoja 246 muodostettuna folioon ja vastaava määrä pienempiä mutta konformisia foliosaarekkeita 250 tuettuna laminaatin muoville aukkojen sisään määrittämään niiden kanssa tasalevyiset suorakulmaiset rengasmaiset raot 252. Levyn 243 U-taivutuksen 253 ansiosta raot määrittävien aukkojen 246 ja saarekkeiden 250 ensimmäinen ja toinen matriisi on vastaavasti sijoitettu sisällä olevan ruoka-ainekappaleen (ei esitetty) vastakkaisille puolille, niin että nämä kaksi matriisia itse asiassa muodostavat kaksi moodisuodatinta, jotka toimivat ruoka-ainekappaleen vastakkaisilla pinnoille. Levyn 243 reunat voi olla sopivasti liitetty yhteen muodostamaan pussi, johon kuumennettava ruoka-ainekappale suljetaan.

Koska mikroaaltouunin kuumennusominaisuudet pyrkivät olemaan epätasaisia pystysuunnassa (mikä johtuu lasitarjottimen tai uunin keraamisen oven olemassaolon aiheuttamista kytkentäilmiöistä), samaan astiaan voidaan sisällyttää erilaiset ylä- ja alamoodisuodatinmallit, ts. kompensoimaan tällainen kuumennusominaisuuksien pystysuuntainen epätasaisuus. Kompensointi voidaan saadaan muuttamalla suhteellisia saareke- ja aukkopinta-aloja ja/tai muuttelemalla saareke- ja aukkomatriisien pystysuuntaisia välimatkoja.

Vaikka edellä olevat suoritusmuodot on valittu sellaisia rakenteita havainnollistavina, joita voidaan käyttää kahden moodisuodattimen yhteydessä, moodisuodatinra-

kenteita voidaan käyttää myös kolmiulotteisesti, jolloin moodisuodattimia on sijoitettu kaikille ruoan pinnoille.

Nyt tullaan selostamaan keksinnön moodisuodatinastioiden toiminnan luonne ja periaate. Selostetuissa moodisuodatinrakenteissa, kuten yllä mainitun US-patentin 4 866 234 korkeamman asteen moodin synnyttävissä välineissä, kunkin saarekkeen tai aukon rajat määräävät moodiryhmät vastaavilla poikkileikkauksilla. Kuitenkin vaikka saarekematriisi sallii "alempien" (tai lähempänä perusmoodia olevien) moodien sisääntulon saarekkeiden yhdistelmän määrittämien liuskalinjojen ja rakolinjojen kautta, "alempien" moodien sisääntulo estetään aukkomatriisilla. Aukkomatriisi voidaan täten ymmärtää analogisena aaltojohdinaukkojen (tai onteloaukkojen) joukon kanssa, joista kukin tehokkaasti leikkaisi tai vaimentaisi alempia moodeja.

On hyödyllistä selostaa tässä tarkastellun moodisuodattimen toiminnan piirteet analogialla täydelliseen astiaan, jollainen on selostettu viimeksi mainitussa rinnakkaisessa hakemuksessa, jolloin kunkin moodisuodattimen aukon rajoja pidetään analogisena metalliastian seinien kanssa ja kutakin aukkoon liittyvää moodisuodatinsaareketta pidetään analogisena korkeampia moodeja synnyttävän levyn kanssa, jollainen on selostettu tässä hakemuksessa. Moodisuodattimessa, jossa saarekkeet on pystysuunnassa siirretty aukkomatriisin yläpuolelle (suhteessa kuumennettavaan ruokakappaleeseen), moodisuodatinsaarekkeet "syöttävät" aukkomatriisia siten, että se kasvattaa tehoa (vastaavalla korkeammalla moodilla), joka on saatavilla ruokaan siihen tehoon nähden, joka tulisi sisään muuttamattomaan aukkomatriisiin. Pitäisi huomata, että saarekematriisin puuttuessa aukkojen käyttöä hidastuksen aikaansaamisena (tai käytettävissä olevan tehon pienentämisenä), niin että aukkomatriisia, jossa on pienet aukot, pidettäisiin oleellisesti "suojana".

Pystyvälimatkojen (saareke- ja aukkomatriisien välissä), jotka ovat mahdollisia esillä olevan keksinnön moodisuodattimissa, ja niiden pystyvälimatkojen välillä, jotka saadaan viimeksi mainitun patentin astioiden metalliseinämien ja korkeamman asteen moodin synnyttävän levyn väliin, on ero. Viimeksi mainituissa astioissa on harvoin tilanne, jossa metallilevyt sijoitetaan metalliastian reunan määrittämän tason alapuolelle, ja olisi selvästi epäkäytännöllistä upottaa levyä ruoan pinnan alapuolelle. Vastakkaisella tavalla, koska tässä tarkastellun moodisuodattimen aukkomatriisi voidaan erottaa ilmaraolla ruoasta, saarekematriisin alemman rajan pystysuuntainen siirtymä aukkomatriisiin nähden määräytyy ruoan pinnan perusteella.

Kuitenkin tutkittaessa edellä mainittua analogiaa on ilmeistä, että differentiaalisesti muuttamalla suhteellista saareke- ja aukkokokoa ja/tai saarekkeen pystysuuntaista välimatkaa, ruoan kuumennuksen jakautumista voidaan muutella moodisuodattimen poikkileikkauksen yli.

Pystysuuntaisten kuumennusgradienttien säätö juontaa juurensa seuraavista tekijöistä:

(a) Absorptio/vaimennus tulee erityisen ilmeiseksi, kun indusoitu moodi leikataan (ts. kun saadaan evanesenssisen etenemisen olosuhde), mikä on esillä olevan keksinnön peruspiirre.

(b) Kun ruoka sisältää kerroksia, joilla on erilaiset dielektriset ominaisuudet, moodirakenteen säätö voi kasvattaa vapaata etenemistä kerroksessa, jossa on suhteellisen korkea dielektrinen vakio, ja leikata (jyrkkä vaimennus/absorptio) matalamman dielektrisen vakion omaavassa keroksessa.

(c) Täten kun taikina- tai taikina/leivityskerros, jolla on suhteellisen matala dielektrinen vakio, peittää korkeamman dielektrisen vakion omaavan ruoan, voimakkaampi kuumennus voidaan selektiivisesti saada pintakerroksessa. Täten moodisuodatus on arvokas keino edistettäessä ruskis-

tumis- tai paahtamisvaikutusta, samalla kun minimoimaan ruokamassan epämieluisa ylipaistuminen.

(d) Kun moodirakenne on kiinnitetty, esimerkki metalliseinän rajaehdoilla, vaakatasoon, ruoan absoptiokerroin määräytyy moodin poikkileikkausdimensioista.

(e) Toisin sanoen kiinteälle ruoan dielektrisyysvakiolle ja johtavuus- ja dielektrisyyshäviöille absorptiokerroin pystyakselilla kasvaa moodidimensioiden pienentyessä.

(f) Määrittämällä moodidimensiot kohdistetaan säätö pystysuuntaisiin kuumennusgradientteihin.

Kuviot 34 - 36 havainnollistavat graafisesti mikroaaltoenergian pystysuuntaista absorptioprofiilia ruoka-ainekappaleessa, joka on moodisuodatinraon vieressä, olosuhteissa, jotka vaihtelevat ylhäällä olevasta leikkautumisesta (kuvio 34) alhaalla olevaan leikkautumiseen (kuvio 36), missä kappale on riittävän paksu ja/tai absorboiva, niin että heijastuksen ja/tai etenemisen vaikutukset kappaleen vastakkaisilla pinnoilla voidaan jättää huomioimatta esillä olevassa analyysissä. Yleisesti esitettynä nimenomaan yksittäisen moodisuodatinraon (tai alla kuvion 36 yhteydessä selostetuissa, silloitetuissa rakorakenteissa avoimen rakosegmentin) dimensio määrää, onko moodi tietyn dielektrisyysvakion omaavan ruokakappaleen osalta leikattu mikroaaltoenergian tietyllä aallonpituudella (tyypillisesti 2,45 GHz).

Kuviot 34 - 36 voidaan selittää viitaten ruoka-ainekappaleeseen, joka on sijoitettu tasomaisen, raot tai aukot määrittävän sähköisesti johtavan vaakalevyn viereen, jolloin z-akseli on etenemisakseli ruokakappaleeseen (ts. $z = 0$ on kappaleen pinta levyn vieressä ja etäisyys pitkin z-akselia näissä kuvaajissa on pystysuuntainen tunkeutumissyvyys kappaleeseen). Kuvaajissa $|E|^2$ (sähkökentän voimakkuuksien neliöity suuruus vektorimielessä on piirretty z:n funktiona, käyrien leikkauksen $|E|^2$-akselin kanssa ol-

lessa referenssi- tai pintaintensiteetin neliöity suuruus. Johtuen tehoabsorption (kuumennuksen voimakkuuden) riippumisesta $|E|^2$:sta, käyrät näissä kuvaajissa ilmoittavat absorption/vaimennuksen jyrkkyyden (pystysuunnassa ruokaan) erilaisille esitetyille olosuhteille, mikä osoittaa, että absorptio/vaimennusprofiilin jyrkkyys on paljon suurempi alhaalla olevalle leikkaantumiselle kuin ylhäällä olevalle leikkaantumiselle.

$|E|^2$ on verrannollinen arvoon $e^{-2\alpha z}$, missä α määritetään yhtälöllä

$$\alpha^2 = -\tfrac{1}{2}(\omega^2\mu\epsilon - k^2) + \tfrac{1}{2}[(\omega^2\mu\epsilon - k^2)^2 + \omega^2\mu^2\sigma^2]^{\frac{1}{2}}$$

ja

$\omega = 2\pi f$, f on taajuus;

$\mu = \mu_r\mu_o$ = magneettinen permeabiliteetti (tyypillisesti $\mu_r = 1$ epämagneettisilla materiaaleilla;

$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ joule $(s)^2/(\text{coulombi})^2$-metri;

$\epsilon = {}_r\,{}_o$ = dielektrisyysvakio, ${}_r$ on suhteellinen dielektrisyysvakio ja ${}_o$ vapaan tilan (sähköinen) permittiivisyys,

$\varepsilon_o = 8{,}8541878 \times 10^{-12}$ $(\text{coulombi})^2/(\text{joule-metri}$;

σ = johtavuus.

Evanesenssietenemistä hallitaan ekspotentiaalisella lailla, jonka argumentti sisältää sekä reaalisen komponentin (±) α ja kompleksisen komponentin (±) ß, joka määritetään yhtälöllä

$$\beta^2 = \tfrac{1}{2}(\omega^2\mu\epsilon - k^2) + \tfrac{1}{2}[(\omega^2\mu\epsilon - k^2)^2 + \omega^2\mu^2\sigma^2]^{\frac{1}{2}}$$

joka antaa energia-absorption lähes jaksollisen vaihtelun kasvun tunkeutumissyvyyden funktiona. Kuvaajissa esitetyt käyrät eivät huomioi ß:ta. Sellaisten ruokien tapauksessa, jotka ovat paksuja tai hyvin absorboivia, ß voidaan jättää huomiotta. Täten käyrät pitäisi ymmärtää todellisten arvojen tasoitettuina esityksinä.

Huomautettakoon, että α^2:n ja β^2:n yhtälöt sallivat α:n ja β:n saada positiivisia tai negatiivisia etumerkkejä. α:n negatiivisen etumerkin valinta suhteessa, joka määrittää $|E|^2$:n, kuvastaa energia-absorptiota ja samanaikaista $|E|^2$:n pienenemistä tunkeutumisen yhteydessä. Komponentin, jossa on positiivinen α-termi, olemassaolo ilmaisee joko tehon heijastumisen vastakkaisella pinnalla tai tehon sisääntulemisen vastakkaiselta pinnalta. Näennäisjaksollinen vaihtelu, joka johtuu $\pm\beta$:sta, seuraa Eulersin yhtälöstä

$$e^{\pm j\beta z} = \cos \beta z \pm j \sin \beta z$$

missä $j = (-1)^{\frac{1}{2}}$. On myös huomattava α:n ja β:n suhde yhdistettyyn etenemisvakioon p pystyakselilla, nimittäin $p = \alpha + j\beta$.

$_r$:n vapaan tilan arvo on 1. Ruoassa ε_r määräytyy suuresti ruoan kosteuspitoisuudesta tai vesiaktivisteetista, niin että ε_r:n arvo ruoissa, joilla on korkea kosteuspitoisuus, lähestyy lähes veden arvoa, jolle (tajuudella 2,45 GHz) ε_r vaihtelee noin 80 lämpötilassa 0 °C - noin 55 lämpötilassa 100 °C, jään arvon ollessa suurin piirtein 4. Pienitiheyksisille, alhaisen kosteustiheyden omaaville ruokakomponenteille, kuten osittain esikeitetyille taikinoille tai päällysteille, ε_r:n arvo on noin 5, mitä muuttaa niiden kosteuspitoisuuksien tasapainottuminen viereisten, korkean vesiaktiviteetin omaavien ruokien kanssa.

Mikroaaltoenergian mille tahansa etenemismoodille leikkautumisen ehto on se, että k^2 (määritettynä erotusvakioksi yhtälöille, jotka hallitsevat levyn tasoon suunnattuja komponentteja) on yhtä suuri tai suurempi kuin $\omega^2\mu\varepsilon$. Hyvin tunnetuista riippuvuuksista $c = (\mu_o\varepsilon_o)^{-\frac{1}{2}}$ ja $c = \lambda_o f$, missä c on valonnopeus ja λ_o on vapaan tilan aallonpituus, seuraa, että $\omega^2\mu\varepsilon = 4\pi^2\varepsilon_r/\lambda_o^2$, kun $\mu_r = 1$. Täten leikkausehto ($k^2 \geq \omega^2\mu\varepsilon$) voidaan ilmaista $k^2 \geq 4\pi^2/\lambda^2_{eff}$, missä tehollinen aallonpituus $\lambda_{eff} = \lambda_o/\varepsilon_r^{\frac{1}{2}}$. Taajuudelle f = 2,45 GHz, λ_o =

12,24 cm. Kun leikkaantuminen tapahtuu, termin α suuruus (joka hallitsee mikroaaltoenergian tunkeutumista ruokaan) kasvaa oleellisesti.

k^2:n arvo riippuu raon tai aukon geometriasta ja mitoista sekä tarkasteltavasta moodista. Yksinkertaisessa tapauksessa, jossa on suorakulmainen aukko, jolla on vaakadimensio L_x, L_y, ja [m,n]-moodille

$$k^2 = \pi^2[(m^2/L_x^2) + (n^2/L_y^2)]$$

ja ehto leikkaantumiselle on

$$k^2 = j^2_{m,n}/r_o^2$$

Täten esimerkiksi [0,1]- tai [1,0]-moodille leikkasehto on, että relevantti dimensio L (ts. L_x tai L_y) on yhtä suuri tai pienempi kuin $\lambda_{eff}/2$. Jälleen ympyrän muotoisen geometrian tapauksessa ja [m,n]-moodille

$$k^2 = j^2_{m,n}/r_o^2$$

missä $j_{m,n}$ on m:nnen asteen Bessel-funktion n:s nolla ja r_o on aukon säde, ehto leikkaantumiselle [0,1]-moodille on, että r_o on yhtä suuri tai pienempi kuin $0{,}3827\lambda_{eff}$. Yhteenvetona kriittiset dimensiot leikkaantumiselle esimerkkeinä anntuille aukkogeometreille ja moodeille ovat seuraavat:

Geometria		Moodi	Kriittinen dimensio
Neliö	$(L=L_x=L_y)$	[0,1], [1,0]	$L = \lambda_{eff}/2$
Neliö		[1,1]	$L = \lambda_{eff}/2^{\frac{1}{2}}$
Suorakulmainen	$(L_y=qL_x)$	[1,1]	$L_x = \lambda_{eff}(1+q^2)^{\frac{1}{2}}/2q$
Ympyrä		[0,1]	$r_o = 0{,}3827\lambda_{eff}$
Ympyrä		[1,1]	$r_o = 0{,}6098\lambda_{eff}$

Termi k^2 on helposti määritetty suorakulmaisissa ja ympyrän muotoisissa järjestelmissä (taulukot Bessel-funktioiden nollista on annettu julkaisussa G.N. Watson, A Treatise on the Theory of Bessel Function, Cambridge Univ.

Press, 1922). Analyysi on monimutkaisempi muille rako-aukko-geometrioille (esim. ellipseille), mutta se yleisteoreema pätee, että tietyn moodin leikkaantuminen tapahtuu, kun raon tai aukon relevantti vaakadimensio on yhtä suuri tai pienempi kuin raon/aukon geometria, kyseessä olevan moodin ja kulloisenkin ruokakappaleen dielektrisyysvakion määrittämä arvo. Täten kun päämääränä on saavuttaa ruskistuminen ja paahtuminen muodostamalla leikkautumisen alapuolella olevat olosuhteet, yhdessä siitä seuraavan ruoan kuumennusprofiilin jyrkkyyden kanssa, on käyttökelpoista tehdä näin moodisuodattimen rakojen tai aukkojen sopivalla mitoituksella, nimittäin pitämällä tällainen mitoitus leikkaantumisen maksimiarvon alapuolella.

Soveltamalla näitä seikkoja moodisuodattimien suunnitteluun ruskistumisen ja paahtumisen saavuttamiseksi, on havaittu, että avoimet, leveät aukot ovat tehottomia tähän tarkoitukseen, koska suurien neliömäisten tai ympyrän muotoisten aukkojen poikki on alhaiset kentän voimakkuudet ja ne eivät tämän vuoksi onnistuisi tuottamaan haluttua ruskistumista tai paahtumista. Tuomalla saarekkeet tällaisiin aukkoihin, on seurauksena korkeampia harmonisia ja kapeampien rakojen yli voidaan olettaa olevan voimakkaampia kenttiä.

Selvästikin kapeat raot antavat halutut kuumennusvaikutukset. Raon pituus on $\leq \lambda_{eff}/2$. Segmentoitujen rakojen tapauksessa haluttu segmentin pituus approksimoi arvoa $\lambda_{eff}/2$. Kaarevan raon pituuden pitäisi samoin aproksimoida arvoa $\lambda_{eff}/2$. Tapauksessa, jossa on pyöreä aukko yhdessä saarekkeen ja levyn välissä olevan pienen raon kanssa, ympäryskehän pitäisi olla lähes (tai pienempi kuin) $_{eff}$. Suuremmat raot sallivat resonanssia säteittäissuunnassa. Samalla tavoin on odotettavissa, että raon pituuden viivaintegraali kapeille, keskeytymättömille pyöreille muodoille lähestyy arvoa λ_{eff} tai on pienempi kuin se.

Yleisesti raon leveyden (saareke-aukko-pareissa tai -matriiseissa) pitäisi olla pienempi kuin noin 1 mm, jotta vältettäisiin liian suuret kentän voimakkuudet. Raon pituus on tavallisesti ainakin noin 5 mm.

Kun viitataan sekä keksinnön niihin suoritusmuotoihin, jotka käyttävät saareke-aukko (rako) -pareja tai -matriiseja ja suoritusmuotoihin, jotka käyttävät renkaita (jota selitetään lisää myöhemmin), voidaan asettaa seuraavat yleisperiaatteet, jotka hallitsevat kriittisiä (leikkaus-) -dimensioita:

Kapeiden rakojen tai renkaiden dimensiot: Rakojen tai renkaiden tapauksessa, jotka määrittää tasainen käyrä, josta puuttuvat voimakkaat käännepisteet tai kärjet ja joka ympäröi suljetun alueen, alimman asteen moodin leikkaantuminen tapahtuu, kun käyrän viivaintegraali on pienempi kuin yksi tehollinen aallonpituus (λ_{eff}). Jos tasaisen, avoimen käyrän päät eivät ole lähekkäin toisistaan erillään, leikkautuminen vastaa käyrän viivaintegraalia, joka on $\lambda_{eff}/2$. Suljetulla käyrällä, jossa on kärkiä tai käännepisteitä, odotetaan olevan leikkausdimensiot, jotka vastaavat sekä sen ympäryskehää (yksi tehollinen aallonpituus) että sen segmenttejä (joista kukin on $\lambda_{eff}/2$). Kuitenkin kun samanlaisia segmenttejä on pariton määrä, hävittävä interferenssi voi aiheuttaa niitä vastaavien moodien eliminoitumisen. Avoimella käyrällä, jossa on käännepisteitä tai kärkiä, on samalla tavoin sen koko pituus yhtenä leikkausdimensiona ($\lambda_{eff}/2$) ja se voi myös tukea korkeamman asteen moodeja leikkausdimensioilla, jotka on määritetty etäisyytenä, jonka kaksi tällaista kärkeä tai käännepistettä rajoittaa (kunkin segmentin ollessa $\lambda_{eff}/2$).

Leveät raot tai renkaat: Kuten niiden kapeat vastineetkin, leveät raot ja renkaat tunkevat resonansseja niiden pituudella. Ne kuitenkin sallivat myös kaksiulotteisia resonansseja, joille on yleisesti tunnusomaista suuremmat leikkausdimensiot. Täten kriittisiä dimensiot pienennet-

täessä leikkaantuminen tapahtuu ensin kaksiulotteisille resonansseille ja sitä seuraa leikkaantuminen raon tai ympyrän pituuksien määrittämissä resonansseissa. Valitsemalla dimensiot, jotka tukevat raon tai ympyrän pituuksien määrittämiä resonansseja, samalla aikaansaaden kaksiulotteisten resonanssien leikkaantumisen, absorboijan päämassan kuumentuminen voidaan balansoida sen pintojen kuumentumista vastaan.

Koska käytännössä ruoan pinnassa ja sen vieressä osa kentästä on ilmassa, aallonpituudella on hieman suurempi arvo kuin yllä määritelty λ_{eff}. Määritettäessä leikkausdimensioita saareke-aukko-raoille tai -renkaille, alempi raja aikaansaadaan päämassa-aallonpituudella, joka saadaan vapaan tilan aallonpituutena λ_o, joka on jaettu absorboijan suhteellisen dielektrisen vakion, jota tässä merkitään $\varepsilon_{r(m)}$, neliöjuurella. Jos nämä rakenteet upotettaisiin hyvin absorboijan päämassan sisään, tämä alaraja määrittäisi tarkasti leikkausdimensiot raoille tai renkaille. Kuitenkin kenttien samanaikainen olemassaolo absorboijaa ympäröivässä ilmassa aiheuttaa sen, että aallonpituudet, joita käytetään määritettäessä leikkausdimensiot absorboijan pinnassa (kiinnostava paikka ruskistus- ja paahtamisilmiötä varten), ovat oleellisesti suurempia kuin $\lambda_o/\varepsilon_{r(m)}^{\frac{1}{2}}$.

Käyttökelpoinen approksimaatio tehollisen dielektrisyysvakion ε_{eff} määrittämiseksi dielektrisen materiaalin pinnassa on se, jota ehdottaa S.B. Cohn, IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, MTT 17(10), 768 (1969), nimittäin dielektrisen materiaalin suhteellisen dielektrisyysvakion $\varepsilon_{r(m)}$ ja sen pinnan päällä olevan vapaan tilan suhteellisen dielektrisyysvakion $\varepsilon_{r(m)}$ aritmeettinen keskiarvo. Koska vapaan tilan dielektrisyysvakio saa arvon ε_o suhteellisen dielektrisyysvakion $\varepsilon_{r(s)}$ täytyy olla yksi. Täten approksimoitu tehollinen aallonpituus λ_{eff} rakojen ja

HYV. NÄHT.

renkaiden leikkausdimensioiden määrittämiseksi ruoan tai muun kuumennettavan kuorman pinnalla saadaan yhtälöllä

$$\lambda_{eff} = \lambda_o/[(1 + \epsilon_{r(m)})/2]^{\frac{1}{2}}$$

Nyt viitataan esimerkinomaisesti dimensioihin, jotka on yllä annettu kuviossa 1 esitetylle rakenteelle (suorakulmaisten aukkojen 5 x 4-matriisi, jossa kukin aukko on 2,2 x 1,9 cm ja ympäröi saareketta, joka on 1,8 x 1,4 cm, niin että raon maksimileveys on 2,5 mm), jolloin edellä esitetyt "kapean raon tai renkaan" -tekijät määräävät, että leikkaantumisen kriittiset dimensiot ovat kehä tai raon pituuden leveyden summa, joka on yhtä suuri kuin λ_{eff} tai joko pituus tai leveys, joka on yhtä suuri kuin $\lambda_{eff}/2$. Erilaisille raonpituuksille, jotka perustuvat aukon dimensioihin (eikä saarekkeen), saamme

λ_{eff} (cm)	$(1 + \epsilon_{r(m)})/2$ leikkaus	$\epsilon_{r(m)}$ leikkauksen alaraja
3,8	10,4	19,8
4,1	8,9	16,8
4,4	7,7	14,5
8,2	2,2	3,5

Ruokatuotteen tapauksessa, jossa on taikina tai leivitetty päällyste, jonka dielektrisyysvakio on pienempi kuin noin 14, eteneminen päällysteessä leikkautuu kaikissa, paitsi hypoteettisessa moodissa, joka vastaa raon kehädimensiota; eteneminen ei kuitenkaan leikkaannu alla olevassa ruoan päämassassa sen oleellisesti suuremman dielektrisyysvakion vuoksi.

Ympyrän muotoisten rakojen tai renkaiden tapauksessa kriittiset dimensiot ovat halkaisijat, joka on yhtä suuri λ_{eff}/π.

Vaakatason kuumennusjakautuman ja "pystyakselin" kuumennusgradienttien säätö kasvaa, kun säteilyn sisääntuloa muiden ruoan pintojen kautta vaimennetaan. Tämä vai-

mentaminen voidaan saavuttaa valitsemalla moodisuodattimen kokonaisdimensiot ja erotus, moodisuodattimen reunojen muodolla tai ääriviivalla (kuten ottamalla mukaan hyvin tunnetut "kuristin"-rakenteet), ja/tai ottamalla mukaan metalliseinät (jotka voivat olla yhtä kappaletta moodisuodattimen kanssa ja joka voi myös sisältyö moodisuodattimiin).

Tämän keksinnön moodisuodattimien toiminta tulee tyypitetyksi seuraavalla:

Käsitellään ensin yksimoodisuodatinmatriisia, ts. yhdellä pinnalla kuumennuksen jakaantumisen muunteluastian ja/tai ruoan vaakatasossa on yleensä saatu sijoittamalla saarekematriisi aukkomatriisin päälle ja sijoittamalla näin saatava rakenne metalli- tai komposiittiastian päälle. Suunnitteluperiaatteet, joita käytetään tietyn kuumennuskuvion aikaansaamiseksi, ovat samanlaiset kuin ne, joita käytetään edellä mainitussa US-patenttijulkaisussa 4 866 234 selostetuissa astioissa, lukuun ottamatta sitä, että esillä olevassa keksinnössä ei ole niin suurta tarvetta kompensoida "alempien" moodien sisääntuloa.

Kun sitä käytetään edellä mainitussa EP-patenttihakemuksessa 246 041 selostetuissa paahtoastioissa, esillä olevan keksinnön mukaisen moodisuodattimen saarekematriisi voi olla pystysuunnassa välimatkan päässä aukkomatriisin ylä- tai alapuolella. Tässä rakenteessa paahtaminen voidaan saada samanaikaisesti sekä ruoan ylä- että alapinnoilla. Erityisen tehokas rakenne on sellainen, jossa saarekkeet koskettavat ruokaa, mutta ovat erillään aukkomatriisista sen alapuolella. Kun sitä käytetään ruskistamiseen tai paahtamiseen, moodisuodatin yleensä käyttää saareke- ja aukkodimensioita, joissa sivu on pienempi kuin 2 cm.

Esimerkkejä keksinnön juuri selostetuista suoritusmuodoista, jotka on aikaansaatu mikroaaltokuumennusastiatarjottimien pohjalle siihen muodostettujen korotettujen

rakenteiden tai ulkonemien yhteyteen, on esitetty kuvioissa 27 ja 28. Kuviossa 27 dielektristä materiaalia (esim. valettua muovia) oleva astian pohja 301 on varustettu yhdellä tai useammalla ylöspäin suuntautuvalla ulkonemalla 303, joissa on tasomainen vaakapinta, joka on pohjan ylemmän vaakapinnan yläpuolella. Aukot määrittävä johtava levy 304 on asennettu viimeksi mainitulle pinnalle, jolloin se määrittää ainakin yhden aukon 306, jonka kautta ulkonema 303 ulkonee pohjasta; johtava saareke 310 on asennettu ulkoneman yläpinnalle määrittämään (aukon kanssa) tasalevyisen rengasmaisen raon, jolloin muodostuu keksinnön mukainen moodisuodatin. Kuviossa 28 dielektristä materiaalia oleva astian pohja 311 on varustettu yhdellä tai useammalla alaspäin suuntautuvalla ulkonemalla 313, joilla on tasomainen vaakasuuntainen alapinta, joka on pohjan alemman vaakapinnan alapuolella; aukot määrittävä johtava levy 314 on asennettu viimeksi mainitulle pinnalle määrittämään aukko 316, jonka kautta ulkonema 313 ulkonee alaspäin, kun taas johtava saareke 320 on asennettu ulkoneman 313 alapinnalle, jälleen niin että se määrittää aukon ympäryskehän kanssa tasalevyisen rengasmaisen raon. Kumpikin näistä kuvioiden 27 ja 28 moodisuodattimista voi, kuten tullaan ymmärtämään, sisältää aukkojen, saarekkeiden ja ulkonemien, joista kummassakin tapauksessa on selvyyden vuoksi esitetty vain yksi, matriisin.

Moodisuodatinrakenteet, jotka on tarkoitettu monien pintojen samanaikaiseen käsittelyyn, ovat erityisen kiinnostavia leivottujen ja leivitettyjen ruokien, kuten kalapuikot, paistettu kana jne. ruskistamiseen tai paahtamiseen. Näissä järjestelyissä, samalla tavoin kuin kuvioiden 7, 23 ja 24 astioissa, yksi tai useampi ruokatuote sijoitetaan kahden moodisuodatinrakenteen väliin. Saareke- ja aukkodimensiot valitaan siten, että tehostetaan ruoan päällysteessä tapahtuvaa kuumentumista. Voidaan saavuttaa kahdentyyppistä ruskistumista tai paahtumista:

(A) "Tasainen": Saarekematriisit ovat lähellä ruokapintoja tai kosketuksessa niiden kanssa ja aukkomatriisit ovat joko samantasoisia tai "pystysuunnassa" ruoasta poispäin siirrettyjä. Tätä rakennetta voidaan käyttää antamaan lähes tasainen tehostettu pintojen kuumentuminen. Kun (kuten kuvioissa 29 ja 30 on esitetty) dielektrinen pohja 331, joka tukee aukot määrittävää levyä 334 ja saarekkeita 340, on varustettu sisäänpäin suuntautuvilla ulkonemilla 333, tämän tuloksena saarekkeiden väliin syntyvät kanavat 335 parantavat ruoan tuuletusta ja ilmanpoistoa mikroaaltokuumennuksen aikana.

(B) "Grillaus": Aukkomatriisit ovat suhteellisen lähellä ruokapintoja. Seurauksena oleva ruskistus/paahtokuvio vastaa karkeasti aukkomatriisin metallialueita. Kun moodisuodattimen saarekkeet ovat ulospäin suuntautuvilla ulkonemilla, näin muodostetut syvennykset parantavat tuuletusta ja mahdollistavat ruoasta tulevan valuman keräämisen.

Nämä ja niitä muistuttavat rakenteet tarjoavat monia etuja nk. "suskeptori"-pakkauksiin:

(a) Koska lämpö indusoidaan ruoassa eikä itse pakkauksessa, voidaan käyttää alhaisempaan lämpötilaan sopivia materiaaleja. Alhaisempien lämpötilojen etu on pyrolyyttisten sivutuotteiden syntymisen väheneminen.

(b) Moodisuodatusrakenteiden vaakatasossa toteutettava kuumennuksen jakautumisen säätö mahdollistaa tasaisempien kuumennus- ja/tai ruskistus- ja paastovaikutusten saavuttamisen.

(c) Rakenteiden esittämä suhteellisen suuri impedanssi aikaansaa kuumennuksen tasaisemman jakautumisen monille ruokatuotteille. Moodisuodatinrakennetta muuttamalla voidaan myös aikaansaada selektiivinen kuumennus. Haluttujen tulosten saavuttaminen on myöskin vähemmän riippuvainen tietystä käytetystä uunista.

(d) Kuumennus- ja/tai ruskistus- ja paahtovaikutukset voidaan "tasapainottaa" ruoan ylä- ja alapintojen välillä muuttamalla moodisuodatinrakennetta.

(e) Moodisuodatusrakenteiden kokonaismuotoa voidaan muuttaa sen mukauttamiseksi paremmin käsiteltävään tuotteeseen.

(f) Poisto ja tuuletus voidaan saavuttaa moodisuodatinrakenteen sisäisenä piirteenä. Kun tukena toimivat ulkonemat synnytetään lämpömuovauksella, on tuloksena joustavampi pakkaus, joka kykenee paremmin mukautumaan ruoan pinnan epäsäännöllisyyksiin.

(g) Lämmön kesto- ja lämmön jakautumisominaisuudet niissä metallipinnoissa, joita voidaan käyttää kosketuksessa ruoan kanssa, minimoivat vahingot, jotka aiheutuvat pakkaukselle paikallisista "kuumista" alueista ja pienentävät vaaraa, että ruoka saastuu astian kuumentumisen seurauksena syntyvien tuotteiden vaikutuksesta.

(h) Koska moodisuodatusrakenteet voidaan tukea muoviselle dielektriselle aineelle, voidaan tarjota erilaisia astia- ja pakkausmuotoja muovin muokkaus/valmistusmenetelmien monipuolisuuden ansiosta.

Yllä selostetut moodisuodattimet ovat alaryhmä paljon laajemmassa ryhmässä, joka on käsitteellisesti yhteydessä myös yllä mainitun EP-patenttihakemuksen johtaviksi tarkoitettuihin rakenteisiin. Tätä laajempaa ryhmää voidaan myös luonnehtia seuraavilla piirteillä:

(1) Johtava alue on tehty sähköisesti erilliseksi ympäröivistä tai viereisistä johtavista alueista. Tätä erillistä aluetta vastaavat moodit indusoidaan lähellä olevassa ruoka-aineessa (tai absorboivassa materiaalissa). Moodit eivät ole välttämättä samoja kuin ne, jotka indusoituvat tällä alueella, mutta vastaavat ympäröivää tai viereistä johtavaa aluetta ja ovat myös indusoituneet ruoka-aineeseen. Kaikki nämä moodit ovat korkeampia moodeja kuin ne, jotka ovat perusmoodeja ruoka-aineen ja astian

yhdistelmälle. Niitä voidaan tämän vuoksi käyttää modifioimaan kuumentumisen jakautumista ruoan sisällä ja/tai aikaansaamaan ruskistumis- tai paahtumisvaikutuksen.

(2) Johtava alue voi olla tehty erilliseksi (seuraten kohtaa 1) useilla tavoilla, joita voidaan käyttää yksinään tai yhdistelmänä ja jotka sisältävät seuraavat:

(a) Johtava alue voi olla erotettu ympäröivistä tai viereisistä alueista ilma-raolla tai dielektrisellä aineella täytetyllä raolla.

(b) Alue voi olla johtavasti kytketty ympäröiviin tai viereisiin alueisiin ollen kohotettu tai laskettu näiden ympäröivien tai viereisten alueiden määrittämään tasoon nähden, mutta käsittäen pystysuuntaisen erotuksen, joka aikaansaa jonkin asteisen sähköisen erilaisuuden (ts. pystysuuntainen vaihesuhde). Tämä kytkentä voi olla monikulmaisen alueen yhdellä tai useammalla sivulla, niin että kaikkien sivujen sivujen ollessa kytkettyjä, on tuloksena rakenteet, jotka on selostettu edellä mainitussa hakemuksessa, jonka sarjanumero on 044 588.

(c) Tällaisen johtavasti kytketyn alueen sähköinen erotettavuus voi olla aikaansaatu myös muodostamalla impedanssi (liuskalinja/rakolinjaperiaatteella), joka on näillä alueilla erilainen kuin tämän kytkentävälineen impedanssi, esimerkiksi muuttamalla tämän kytkentävälineen leveyttä. Erilaiset impedanssit voidaan saada myös, kun alue tai kytkentäväline on lähellä ruokaa tai muuta dielektristä ainetta.

(3) Yhtä tai useampaa tällaista johtavan alueen ja ympäröivien tai viereisten johtavien alueiden yhdistelmää voidaan käyttää, kuten yllä on selostettu. Näiden yhdistelmien ei tarvitse olla rakenteeltaan samanlaisia, vaan niitä voidaan muuttaa erottavan raon tai johtavasti kytkevän välineen koolla tai valinnalla ja/tai dimensioilla.

Havainnollistavana esimerkkinä valmistettiin moodisuodattimia folioarkeista, jotka tehollisesti sisälsivät

tässä tarkastellun moodisuodattimen rakenteena, joka on selostettu edellä mainitulla hakemuksessa, jonka sarjanumero on 044 588. Nämä moodisuodattimet oli tarkoitettu leivitettyjen ja päällystettyjen kalafileiden paahtamiseen. Folioalueet, jotka koskettivat fileitä, olivat samankokoisia ja sijoitettuja samoihin paikkoihin kuin "saarekkeet" moodisuodattimissa, joita aikaisemmin käytettiin samaan tarkoitukseen. Kuitenkin kosketusalueet olivat sähköisesti yhtenäiset folioarkkien kanssa, niin että näiden suorakulmaisten alueiden kaksi vastakkaista sivua oli kytketty arkkiin ja siirretty ylöspäin siitä erilleen (ts. kohti fileitä). Toiset vastakkaiset sivut eivät olleet kytkettyjä, niin että näillä sivuilla oli ilmavälit tai raot. Kalafileiden paahtuminen oli täysin verrattavissa siihen, jotka saatiin "saareke"-rakenteilla. Vaikka paahtuminen voidaan saavuttaa myös silloin, kun koskettavat alueet ovat itse asiassa taitettuja liuskoja (jotka on liitetty folioarkkeihin), näiden rakenteiden suunnittelussa täytyy olla varovainen, jotta estetään valokaaret tai ruokatuotteen pintojen paikallinen kärventyminen. Kun ruoka sijoitetaan kahden rakenteen väliin, rakenteiden rakojen ei tarvitse olla kohdakkain.

Seurauksena monista mahdollisista saarekkeiden/aukkojen muodoista on ilmeistä, että on olemassa jopa vieläkin suurempi määrä yhdistelmiä, joissa monikulmaisten "saarekkeiden" yksi tai useampi sivu on kytketty "aukkomatriisiin". Pitäisi mainita, että näitä rakenteita voidaan myös katsoa rakokuvioina, siten että raot määrittävät liuskat tai muut muodot ja saattavat jopa määrittää rakenteita, jotka muistuttavat mutkittelevia rako/liuskalinjoja. Koska yksi rako tuottaa kenttämaksimin keskiosaansa (ja täten paikallisen kuumentumisen samalla alueella), on toivottavaa, että raot muotoillaan siten, että ne joko antavat halutun kuumennuskuvion tai tasaisen kuumennuksen. Vaikka rakojen määrittämillä rakenteilla voi olla kärkiä

tai ne voivat olla luonteeltaan kulmikkaita, myös pyöreitä tai kierteisiä muotoja voidaan käyttää.

Lisää esimerkkejä keksinnön mukaisista rakenteista, jotka toteuttavat muutamia juuri selostetuista piirteistä, on esitetty kuvioissa 31 - 33. Kuviossa 31 metallilevy 350 on varustettu useilla, toisistaan erillään olevilla suorakulmaisilla ulokkeilla 352, joista kussakin on tasainen huippu 354, joka on levyn pääpintojen suuntaisessa ja niistä erillään olevassa tasossa. Kunkin ulokkeen 352 vastakkaiset sivuseinät 356, jotka ovat yhtä kappaletta ulokkeen ja levyn kanssa, yhdistävät huipun 354 levyn kahdella sivulla. Huipun 354 kahdella muulla sivulla on avoin rako-osa 358 huipun ja levyn välissä. Tässä rakenteessa kukin johtava "saareke" on ulokkeen tasainen huippu 354, sen ympäryskehän muodostuessa taivekohdista 364 ja raon alareunoista 366. Seinämät 356 muodostavat johtavat sillat, jotka ulottuvat aukon ja saarekkeen välisen raon poikki. Avoimet rako-osat 358 aikaansaavat aukon ja saarekkeen dielektrisen eristyksen, kun huipun 354 ja levyn 350 välillä on pystysuuntainen välimatka, johtuen vaihe- tai sähköisistä välimatkailmiöistä.

Kuvion 31 rakenne on muodostettu yhdestä metallilevystä halkaisemalla ja venyttämällä se muodostamaan ulokkeet 352. Kuvion 32 muunnetussa rakenteessa, joka on myös muodostettu yhdestä metallilevystä 350a, vierekkäisten ulokkeiden 352a välissä olevat levyosuudet 368 on taivutettu pois levyn pääpintatasoista määrän, joka on yhtä suuri ja vastakkainen ulokkeiden taivutukselle, niin että metallin venyttämistä ei tarvita.

Kuvio 33 havainnollistaa tasomaista moodisuodatusrakennetta, jossa (johtava) metallilevy 370, joka määrittää suorakulmaisen aukon 372, ja suorakulmainen (johtava) metallisaareke 374, joka on pienempi kuin aukko ja sijoitettu sen sisään, on kytketty johtavilla siltaosuuksilla 376, jotka ulottuvat saarekkeen ja aukon ympäryskehien

väliin rajoittuvan raon 378 poikki. Levy, saareke ja sillat on muodostettu yhtenä kappaleena yhdestä metallilevystä (esimerkiksi sopivan vahvuisesta alumiinifoliolevystä) leikkaamalla levystä pois raon 378 toisiaan vastapäätä olevat C-muotoiset osuudet 380. Nämä osuudet 380 ovat raon avoimia (mikroaaltoja läpäiseviä) osuuksia tai segmenttejä. Näin muodostettu moodisuodatin aikaansaa vaikutuksen, joka on verrattavissa sellaisten moodisuodattimien vaikutuksiin, joissa on täydellinen eristys saarekkeen ja aukon ympäryskehän välissä, kuten yllä selostetuissa kuvioiden 1 - 30 rakenteissa. Keksinnön mukaisessa moodisuodatusrakenteessa voi olla yksi tällainen moodisuodatin tai näiden siltatyyppisten moodisuodattimien matriisi, jossa suodattimet on järjestetty esimerkiksi samalla tavoin kuin kuvion 1 suorakulmaiset moodisuodattimet.

Kuvion 33 järjestely on vain esimerkki silloitusjärjestelyistä, joissa saarekkeet tehdään yhtenäisiksi niihin liittyvien, aukot määrittävien johtavien levyjen kanssa toisistaan erillään olevien johtavien siltojen avulla, jotka ulottuvat aukon ympäryskehien ja saarekkeiden välisten rengasmaisten rakojen poikki. Tällaiset järjestelyt tarjoavat valmistuksen kannalta tärkeitä etuja, sikäli että aukkojen ja saarekkeiden muodostama täydellinen moodisuodatusyksikkö voidaan muodostaa yhtenä kappaleena yhdestä alumiinifoliolevystä tai vastaavasta ja asentaa yhtenä yksikkönä mikroaaltoja läpäisevälle astian kannelle tai muulle tukipinnalle. Näissä rakenteissa avoimet rako-osuudet tai -segmentit (viitenumero 380 kuviossa 33) on mitoitettu aikaansaamaan jyrkkä vaimennus pystysuunnassa, niin että saavutetaan kuumennettavan ruoka-ainekappaleen pinnan ruskistuminen tai paahtuminen.

Kuvio 37 esittää ohuen mikroaaltoja läpäisevää materiaalia olevan levyn 410 muodossa olevan laitteen, jolle on sijoitettu alumiinista tai muusta metallifoliosta valmistettujen suorakulmaisten renkaiden 411 matriisi. Kukin

rengas 411 määrittää aukon 412, joka pysyy mikroaaltoja läpäisevänä samoin kuin myös renkaiden välissä olevat tyhjät tilat 413 ja 414.

Levyä 410 voidaan käyttää vakiotyyppisen ruoka-astian 415 yhteydessä ja se voidaan sijoittaa astiaan ruokatuotteen (ei esitetty) alapuolelle tai tällaisen tuotteen yläpuolelle riippuen siitä, mille ruokatuotteen pinnoista on kohdistettava kohotettu lämpötila ruskistusta ja/tai paahtamista varten. Vaihtoehtoisesti, jos sekä ylä- että alapinnat on altistettava kohotetulle lämpötilalle, voidaan astiassa 415 käyttää kahta tällaista levyä, yhtä ruokatuotteen alapuolella ja yhtä yläpuolella.

Kukin levy 410 voi olla joustava, niin että se kykenee mukautumaan epäsäännöllisen muotoiseen ruokatuotteeseen. Se voi olla tehty esimerkiksi polypropyleenista, polyesteristä, polykarbonaatista tai muista pienihäviöisistä materiaaleista, jotka ovat oleellisesti mikroaaltoenergiaa läpäiseviä.

Vaihtoehtoisesti levy 410 voi olla jäykempi, ts. valmistettu pienihäviöisestä muovivaahdosta tai kartonkimaisesta materiaalista. Vielä eräänä vaihtoehtona se voi olla valmistettu keraamisesta aineesta tai lasista, olettaen että tällainen materiaali on oleellisesti mikroaaltoenergiaa läpäisevää.

Levy 410 voi olla toteutetta astiassa 415 sen osana, esim. pohjana tai kantena tai molempina. Vaihtoehtoisesti levy 410 voi olla erillinen elementti, jota käyttäjä käyttää astian yhteydessä. Käyttäjä voi esimerkiksi sijoittaa tavanomaisen ruoka-astian (jossa mikroaaltoja läpäisevä pohja) mikroaaltouunissa olevan levyn 410 päälle, tai hän voi sijoittaa levyn 410 ruokatuotteen päälle tavanomaisen astiankannen poistamisen jälkeen.

Lisäksi levyä 410 voidaan käyttää suoraan ruokatuotteen kanssa, ilman että tarvitaan lainkaan astiaan. Esimerkiksi pizza voidaan kuumentaa yksinkertaisesti si-

HYV. NÄHT.

joittamalla se levylle 410 mikroaaltouunissa, olettaen että levy 410 on riittävän välimatkan päässä uunin pohjan yläpuolella valokaarien välttämiseksi.

Kaikkiin näihin erilaisiin mahdollisuuksiin kohdistuu kuitenkin vaatimus, että levyn 410 toiminta (joka selostetaan yksityiskohtaisemmin alla) on sellainen, että se pitäisi normaalisti sijoittaa lähelle sitä ruoan pintaa, joka vaatii tehostettua kuumentamista maksimisuorituskyvyn saavuttamiseksi, vaikka toivottuja vaikutuksia voidaan saavuttaa, kun ruoan ja levyn välissä on hieman rakoa.

Metalliset renkaat 411 muodostavan metallikalvon paksuus on riittävä estääkseen sitä toimimasta susceptorina, jolloin tällainen metallikalvo on näennäisesti mikroaaltoenergiaa heijastava ja absorboi ainoastaan mitättömiä määriä tällaista energiaa. Kun renkaisiin käytetään alumiinifoliota, sen paksuus on edullisesti noin 6 tai 7 mikronia, koska tämä on sopiva valssauspaksuus alumiinille. Kuitenkin kun katsotaan jäljelle jäävän mikroaaltojen heijastavuuden ja susceptorina toimimattomuuden kannalta, saatettaisiin käyttää niinkin pieniä paksuuksia kuin noin 0,2 mikronia (jotka saadaan sputteroimalla). Tämä on vastakohtana noin 0,01 mikronin paksuudelle, joka absorboisi mikroaaltoenergiaa ja kuumenisi.

Ennen metallirenkaiden 411 toiminnan selostamista on sopivaa viitata niihin vaihtoehtoisiin muotoihin, joita nämä renkaat voivat saada. Kuvio 38 esittää neliömäisiä renkaita 420; kuvio 38A esittää neliömäisiä renkaita 420a, jotka on katkaistu kohdassa 420b; kuvio 39 esittää ympyrän muotoisia renkaita 421; kuvio 40 esittää kolmikulmaisia renkaita 422 ja kuvio 41 esittää kuusikulmaisia renkaita 423. Kaikissa näissä viimeksi mainituissa muodoissa voi olla myös keskeytyksiä renkaassa, analogisesti kuvion 38A kanssa, eikä tällaisten keskeytysten tai katkaisujen tarvitse välttämättä olla lukumäärältään kaksi, vaan niissä voi olla yksi keskeytys tai useampia kuin kaksi keskeytys-

tä. Lisäksi renkaan määrittämän aukon muodon ei tarvitse välttämättä vastata renkaan ulointa muotoa. Esimerkiksi voidaan käyttää pyöreää aukkoa neliömäisessä renkaassa. Näiden erilaisten muotojen sekoitukset tietyssä matriisissa ovat mahdollisia, samoin kuin muunnelmat matriisijärjestelyssä ja vaihtelut eri muotojen koossa tietyssä matriisissa. Esimerkiksi kuvion 38 neliömäisten renkaiden 420 vuorottelevat rivit voivat olla porrastettuja, jotta saatetaan renkaiden välissä oleva mikroaaltoja läpäisevä materiaali seuraamaan mutkittelevaa reittiä ja välttämään pitkiä suoria reittejä. Lisäksi on ymmärrettävä, että renkaiden muodot voivat vain approksimoida mainittuja geometrisia muotoja ja että normaalisti terävät kulmat, jotka on esitetty yksinkertaisuuden vuoksi kuvioissa, vältetään pyöristämällä, niin että pienennetään valokaaren riskiä, ja kuten yllä on ilmaistu, renkaat voivat sietää jonkin verran keskeytyksiä samalla kun ne yhä tehokkaasti määrittävät aukon.

Näiden renkaiden toiminnan selostamiseksi on sopivaa aloittaa yksinkertaisella esimerkillä kuviossa 38 esitetystä neliömäisestä muodosta, jossa on esitetty dimensiot Di, Do ja Db, jotka vastaavasti merkitsevät kunkin renkaan sisämittaa, ts. aukon leveyttä, kunkin renkaan ulkomittaa tai ulkopuolista leveyttä ja vierekkäisten renkaiden välistä etäisyyttä (kun oletetaan kyseessä olevan symmetrisen matriisin).

Renkaiden tehtävä on muodostaa olosuhteet, joissa kussakin renkaassa oleva aukko aiheuttaa niiden mikroaaltoenergiamoodien, jotka etenevät aukkojen kautta, leikkaantumisen ilmassa ja aineissa, jotka sisältävät oleellisia määriä ilmaa, esim. taikina, leivänmurut, leivonnaiset jne., joista ruokatuotteen pintakerros todennäköisesti muodostuu, mutta edullisesti ei näiden moodien leikkaantumista ruokkatuotteen pääosassa, joka on sen pintakerroksesta sisäänpäin.

Esimerkiksi mikroaaltoenergian aallonpituus ilmassa on standardi taajuudella 2,45 GHz, suurin piirtein 12,24 cm, kun taas ruokamassassa (joka normaalisti muodostuu pääasiallisesti vedestä, jonka suhteellinen dielektrisyysvakio on luokkaa 80), aallonpituus on alueella, joka alkaa noin 1,3 cm:stä (puhdas vesi) ja päättyy noin 2,0 cm:iin ruoassa olevan veden osuudesta riippuen. On ymmärrettävä, että nämä arvot ja alla annetut arvot ovat väistämättä approksimaatioita ja ne voivat vaihdella melko laajasti ruoan tai muun kuumennettavan tuotteen luonteesta riippeun. Jos pintakerros on eri ainetta kun ruokatuotteen pääosa, aallonpituus tällaisessa pintakerroksessa on normaalisti jossakin ilman aallonpituuden ja tuotteen pääosan aallonpituuden välimailla. Suhteellisen dielektrisyysvakion ε_r arvo tällaiselle kerrokselle vaihtelee (johtuen, kuten yllä mainittiin, pintakerroksen alussa suhteellisen alhaisen vesiaktiviteetin tasapainottumisesta alla olevan ruoan vesiaktiviteetin kanssa); esimerkinomainen ε_r:n alapään arvo päällysteille (sellaisille kuten taikinat ja vastaavat), jotka ovat tällaisten tarkasteluiden kohteena, on viisi. Laajemmin esitettynä havainnollistava (mutta ei rajoittava) ε_r:n alue laajalle pintakerrosten ryhmälle on 1,5 - 16, joille vastaava aallonpituuksien alue (taajuudella 2,45 GHz) on 10,0 - 3,0 cm. Esimerkiksi murupinnoite tai noussut leivonnaisen kuori, joka sisältä suuren määrän ilmataskuja, voi tyypillisesti omata kokonaisuudessaan suhteellisen dielektrisyysvakion, joka antaa tuloksena luokkaa 8,0 - 10,0 cm olevan aallonpituuden. Tiheämpi päällyste, esim. pistetaikina, voi toisaalta tyypillisesti tuottaa aallonpituuden, joka on enemmänkin noin 3,0 - 5,0 cm luokkaa, vaikka aallonpituus voi vaihdella tämän alueen ohi päällysteen tarkasta luonteesta riippuen. Siitä seuraa, että renkaiden dimensiot voi olla räätälöity tietyille ruoille ja päällysteille (pintakerroksille), kun niiden approksimoidut suhteelliset dielektrisyysvakiot

tunnetaan tai yrityksen ja erehdyksen kautta, jotta järjestettäisiin siten, että aukot, ts. leveysdimensio Di, olisi sellainen, että muutamat mikroaaltoenergian moodit, jotka etenevät aukkojen läpi, tulisivat alempana leikatuiksi, ts. jota yleisesti kutsutaan "sisällä tapahtuvaksi" leikkautumiseksi, pintakerroksessa (ja ilmassa), mutta itse ruoan pääosan yläpuolella ("ei sisällä"). On ymmärrettävä, että sisäleikkautumistilan saavuttamiseksi [1,0]- ja [0,1]-moodeille, dimension Di täytyy suorakulmaisen rakenteen tapauksessa olla pienempi kuin puolet aallonpituudesta kyseisessä aineessa. Siten näiden numeeristen tekijöiden taulukoimiseksi puoliaallonpituudet ovat

pääruoka	0,65 - 1,0 cm
ruoan pintapäällyste	1,0 - 3,0 cm
ilma	6,0 cm

Näissä olosuhteissa hyvä valinta Di:n arvoksi on alueella 10 - 16 mm, edullisesti noin 12 - 14 mm, koska tämän arvon pitäisi saavuttaa tilanne, jossa mikroaaltoenergian dominoivan moodit, jotka etenevät aukkojen kautta, sisäleikkaantuvat pintapäällysteessä (ja ilmassa), mutta eivät sisäleikkaannu ruoan päämassassa. Toisaalta, jos tietyssä tilanteessa ei ole tärkeää, että perusmoodit eivät sisäleikkaannu ruoan päämassassa, tämän alueen alapäätä voidaan jatkaa alaspäin, esim. viiteen tai kuuteen millimetriin. Samalla puheella, jos ruoan pintapäällysteellä on suhteellisen alhainen dielektrisyysvakio, tämän alueen yläpäätä voidaan jatkaa ylöspäin, esim. noin 20 - 25 mm:iin.

On tärkeää toistaa, että yllä annetut numeeriset arvot ovat vain esimerkkejä, niitä voidaan tarvittaessa muuttaa sopimaan tiettyihin olosuhteisiin ja erityisesti kuumennettavan ruoan erityisluonteeseen.

Kun renkaat eivät ole neliömäisiä, esimerkiksi yksi muodoista, jotka on esitetty kuvioissa 37, 39, 40 tai 41, efektiivinen leveysdimensio, jota tarkastellaan siltä kan-

nalta, että aukko tehdään riittävän pieneksi varmistamaan leikkaantuminen pintakerroksessa (ts. ekvivalenttidimensiolle Di), tulee olemaan suurempi sisäpituus suorakulmaisen renkaan (kuvio 37) tapauksessa, sisähalkaisija ympyrän muotoisen renkaan (kuvio 39) tapauksessa, sisemmän kolmion korkeus kolmikulmaisen renkaan (kuvio 40) tapauksessa ja vastakkaisten sisäpuolisten pintojen parin välinen etäisyys kuusikulmaisen renkaan (kuvio 41) tapauksessa.

Lisäksi kriteeri "pienempi kuin aallonpituudesta" on tiukasti ottaen totta vain neliömäisille tai suorakulmaisille aukoille. Ympyrän muotoisilla aukoilla se tulee monimutkaisemmaksi (esimerkiksi TE01-moodin tapauksessa leikkausaallonpituus $\lambda_{co.} = \pi D/2{,}4048$, missä D on aukon halkaisija), ja vieläkin monimutkaisemmaksi muilla geometrioilla. Kuitenkin yleisehdon saamiseksi leikkausdimensioille on riittävää sanoa, että aukon suurin dimensio vastaa suurin piirtein puolta aallonpituutta ja että tarkemmat dimensiot voidaan määrittää rutiinitesteillä.

Leikkaustilannetta on havainnollistettu kaavamaisesti kuviossa 42, joka esittää levyn 410 sisään tulevan energian E. Tässä piirroksessa esitettyjen aaltojen koot on tarkoitettu edustamaan niiden vastaavia amplitudeja eikä niiden spatiaalisia sijainteja. Energia E kulkee yhdessä renkaista 411 olevan aukon 412 kautta. Ensimmäiseksi se kohtaa ilmaraon 425, jossa on vaimennus kuljettua etäisyysyksikköä kohden (koska energia on sisäleikkauksessa). Sitten jäljellä oleva energia E' tulee sisään pintakerrokseen 426, jossa se on edelleen leikkauksessa. Lopuksi jäljellä oleva energia E" tulee sisään ruokatuotteen pääosaan 427, jossa se ei ole enään leikkauksessa ja siten siellä on paljon pienempi, vain absorptiosta johtuva vaimennus etäisyysyksikköä kohti.

Ilmaväli 425 rakenteen ja ruoan välissä pidetään niin lyhyenä kuin mahdollista, koska kenttä vaimenee eva-

HYV. NÄHT.

nesenttisesti ilmassa ja päämääränä on, että pääosa energiasta absorboituisi pintakerroksessa 426.

Kuten kuviossa 42 on esitetty, energia E", joka on jäljellä ruokatuotteen pääosan 427 absorboitavaksi, kuumentaa sitä tasaisemmin etenemisen syvyyssuunnassa, mikä on toivottavaa, koska ruokatuotteen pääosalla on normaalisti suurempi syvyysdimensio kuin sen pintakerroksella.

Kokonaistuloksena on täten kasvanut kuumennus tilavuusyksikköä kohti pintakerroksessa 426 suhteessa kuumennukseen tilavuusyksikköä kohti pääosassa 427 ja siten pintakerroksen saattaminen suhteellisesti korkeampaan lämpötilaan (sitä seuraavine ruskistus- ja paahtamisvaikutuksineen) ja tasaisempi lämmön absorptio (alemmassa lämpötilassa) pääosan, niin että tämän pääosan sisäosat, jotka ovat suhteellisen kaukana pintakerroksessa, eivät ole täysin kuumentumattomia.

Kun otetaan esimerkiksi kuvion 38 matriisi, jossa Di:n arvo on 10 - 14 mm, sopiva arvo Do:lle olisi noin 20 - 25 mm ja Db:lle noin 4 - 5 mm, minimin ollessa noin 3 mm. Jos Db:n arvo tehdään liian pieneksi, on olemassa valokaaren vaara. Jos Db tehdään liian suureksi, mikroaaltoenergia pyrkii etenemään tyhjien tilojen 413 ja 414 kautta aukkojen 412 sijasta. Oletettaessa, että suhteellinen dielektrisyysvakio on yllä mainitulla esimerkinomaisella arvoalueella (1,5 - 16), niin mikäli Db ei ole suurempi kuin noin 6 mm, nämä tyhjät tilat ovat myös leikkauksessa ilmalle ja pintakerrokselle. Toisaalta se tosiasia, että nämä tyhjät tilat 413, 414 ovat pitkänomaisia, saattaa mahdollistaa sen, että hieman energiaa kulkee niiden kautta. Jos tämän ilmiön havaitaan olevan epäedullista, sitä voidaan vähentää porrastamalla renkaat, niin että muodostetaan mutkittelevammat reitit renkaiden väliin, kuten on esitetty kuvioissa 39 ja 41. On myös havaittu, että hyviä tuloksia saadaan laitteesta silloin, kun renkaat on kytketty toisiinsa (kuten on esitetty esimerkiksi

katkoviivoilla 430 kuviossa 38) samanlaisella mikroaaltoja heijastavalla, oleellisesti absorboimattomalla materiaalilla. Tällainen yhteenkytkettyjen renkaiden rakenne mahdollistaa koko matriisin meistämisen yhtenä toimenpiteenä alumiinifoliolevystä ja asentamisen yhtenä yksikkönä alustalle 410.

Toinen tapa tarkastella rengasmatriisien vaikutusta on pitää niitä mikroaaltoenergian korkeamman asteen moodien generaattoreina.

Suoritusmuodot, joissa on jatkuvat, oleellisesti suorat avoimet, mikroaaltoja läpäisevää materiaalia olevat linjat (kuviot 37, 38 ja 40), sallivat alemman asteen moodien etenemisen ja siten pyrkivät aikaansaamaan enemmän päämassan kuumentumista (mikä saattaa joissakin tapauksissa olla toivottua riippuen ruokatuotteen luonteesta, erityisesti sen vesisisällöstä). Tätä vaikutusta voidaan pienentää välttämällä tällaisia avoimia linjoja, kuten kuvioissa 39 ja 41, tai porrastamalla rengasrivejä, kuten kuvioissa 37, 38 tai 40.

Tähän mennessä selostetut ja kuvatut keksinnön suoritusmuodot ovat saaneet mikroaaltoja läpäisevällä levyllä olevien metallirakenteiden matriisin muodon. Kuitenkin sen sijaan, että muodostetaan aukot, jotka ovat tarpeen leikkauksen aikaansaamiseksi, ohuiden heijastavien metallimuotojen tai rakenteiden avulla muodostetuilla muodoilla, keksintö voidaan myös käytännössä toteuttaa määrittämällä aukot sellaisen materiaalin muodoilla tai rakenteilla, joka eroaa mikroaaltoja läpäisevästä levystä jonkin muun sähkömagneettisen ominaisuuden osalta, kuten johtavuuden, häviöttömyyden, dielektrisyysvakion, spatiaalisen paksuuden, askelmaisen epäjatkuvuuden tai magneettisen ominaisuuden osalta, kuten on selostettu yllä viitatuissa EP-patenttihakemuksissa.

Koe 1

Ensimmäinen koe toteutettiin neliömäisessä astiassa, jossa sivuseinät ja kansi olivat alumiinia ja jossa

HYV. NÄHT.

pohja oli 10 tuhannesosatuuman mikroaaltoja läpäisevää polykarbonaattia, niin että kaikki energia tulisi sisään astiaan sen pohjan kautta. Astian dimensiot olivat 110 x 110 x 27 mm. Keksinnön vertaamiseksi tekniikan tason kanssa käytettiin kahta erilaista neliömatriisia "A" ja "B". Matriisissa "A" (tekniikan taso), kukin rengas oli täydellisesti täytetty, ts. siitä tuli saareke, jossa ei ollut lainkaan aukkoa, ja matriisissa "B" (keksinnön mukainen) oli aukkoja, kuten kuvioissa 37 ja 38. Molemmissa tapauksissa Do = 20 mm ja Db = 5 mm. Di:n arvo oli

Matriisi	Di/mm
A	0
B	14

Kummallakin matriisilla oli yhdeksän kappaletta (saarekkeet matriisin "A" tapauksessa ja renkaat matriisin "B" tapauksessa). Järjestettynä neliöön porrastamattomaksi ryhmitelmäksi, kuten kuviossa 38.

Molemmat testit suoritettiin muutoin identtisissä olosuhteissa, nimittäin tasaisella kuormalla, jonka muodosti 315 g Cream of Wheat -viljavalmistetta, jota valmistaa Nabisco Co. ja kuumentamalla täydellä teholla Sanyon 700-wattisessa, Cuisine-Master-merkkisessä mikroaaltouunissa kolmen minuutin ajan. Kuten kuviossa 43 on esitetty, lämpötila-anturit vietiin jäykkien muoviputkien kautta kuorman L keskelle, joka kuorma täytti astian täydellisesti, jolloin anturi "X" oli pohjassa tai lähellä sitä, anturi "Y" oli upotettu 3/4 kuorman syvyydestä ja anturi "Z" oli upotettu puolet kuorman syvyydestä.

Mitatut lämpötilat on esitetty kaavamaisesti kuvioissa 44A ja 44B, ja huomataan, että kolmen minuutin jälkeen ero käyrän "X" (joka vastaa anturia "X") ja käyrien "Y" ja "Z" (jotka vastaavat antureita "Y" ja "Z") välillä saavutti noin 26 °C kuviossa 44B vastakohtana noin 5 °C:eelle kuviossa 44A. Käyrän "X" lämpötilan absoluuttiarvo oli myös merkittävästi korkeampi. 5 °C:n etu käyrässä

"X" verrattuna käyrään "Y" kuviossa 44A on luettavissa mikroaaltoenergian normaaliksi vaimenemiseksi, kun se kulkee kuorman läpi, mutta sitä on pidettävä riittämättömänä tuottamaan haluttu ruskistuminen tai paahtuminen.

On ymmärrettävä, että koska kuorma oli tasainen massa Cream of Wheat -viljavalmistetta, kuormalla oli pintakerros, joka ei luonteeltaan (ja siten suhteelliselta dielektrisyysvakioltaan) merkittävästi eroa sen pääosasta. Koe kuitenkin tästä riippumatta demonstroi merkittävästi kasvaneet pintalämpötilat, jotka voidaan saavuttaa esillä olevan keksinnön mukaisella matriisilla, jopa dielektrisyysvakioeron puuttuessa kuorman pintakerroksen ja pääosan väliltä. Kun myös tällainen ero suhteellisissa dielektrisyysvakioissa on olemassa, kuten kokeessa 2, lämpötilaeron ruoan pintakerroksen ja pääosan välillä odotetaan olevan jopa vieläkin korostuneempi.

Koe 2

Toinen kod suoritettiin käyttäen erilaisia ruokatuotteita, joista kullakin oli erityyppinen pintakerros, joka vaati ruskistamista tai paahtamista, ja samalla vaihdeltiin renkaiden ja sitä kautta aukkojen muotoja.

Esimerkiksi astia, jossa oli jäätynyttä, taikinoitua ja murupinnoitettua kalaa (kolja), kuumennettiin ensin käyttäen kuusikulmaisia renkaita ja sitten käyttäen neliömäisiä renkaita. Havaittiin, että käytettäessä neliömäisiä renkaita, oli joskus parasta käyttää erilaisia reikädimensioita ylä- ja alapinnoilla.

Tällä kalatuotteella oli tasainen pohjapinta ja pyöristetty yläosa ja sivut, ja se painoi suurin piirtein 190 g. Se sijoitetaaiin mikroaaltoja läpäisevään astiaan, jonka alusta oli sovitettu 28 (4 x 7) neliömäisen renkaan muodostaman matriisin kanssa, jossa dimensiot olivat Do = 20 mm ja Di = 10 mm. Samanlainen rakenne sijoitettiin tuotteen yläosan päälle, ts. 28 (4 x 7) neliömäistä rengasta, mutta niiden dimensiot olivat Do = 20 mm ja Di =

HYV. NÄHT.

13 mm. Tätä kokoonpanoa kuumennettiin 4 - 1/2 minuuttia täydellä teholla samassa 700 watin uunissa. Tuloksena oli tuote, jossa kala itsessään oli tasaisesti kuumennettu sopivaan tarjoilulämpötilaan, mutta ei ylikypsä, samalla kun pinta oli asianmukaisesti paahtunut.

Koe 3

Tämä koe suoritettiin 750-wattisessa Gerling-uunissa, joka oli mallai GL701(MPS 229-10). Astia oli neliömäinen ja sen pituus oli 88 mm, leveys 88 mm ja korkeus 30 mm ja se oli valmistettu messingistä, jotta varmistettiin, että kaikki mikroaaltoenergia tuli kuormaan ylhäältä.

Ensimmäinen kuorma, jota käytettiin, oli puhdistettu agarhienossa jyvämäisessä muodossa, jota oli liuotettu kuumassa vedessä, niin että oli aikaansaatu geelitiheys 1,03 g/ml (myydään tavaramerkillä "Bacto-Agar", Difco Laboratories, Detroit, Michigan, USA).

Ensimmäiset ajot täydellä teholla 20 sekunnin ajan muuttamattomassa astiassa, ts. ei kantta, ja erilaisilla kuormasyvyyksillä, osoittivat kaikissa tapauksissa tavanomaisen lateraalisen epätasaisuuden kuumennuksessa, ts. kylmä keskusta seurauksena perusmoodien dominoivasta vaikutuksesta.

Vastaavat ajot täydellä teholla 20 sekunnin ajan kuvioissa 37 ja 38 esitetyn moodisuodatusmatriisin kanssa, joka ulottui kuorman yläosan poikki kosketuksessa kuorman pinnan kanssa, antoi tasaisemman lämmönjakautumisen kuorman pinnan poikki, sisältäen merkittävästi enemmän lämpenemistä keskialueella.

Lämpötilamittaukset suoritettiin AGA THERMOVISION infrapunakameralla, malli 780, ja käsiteltiin VIEWCAN LTD:n pyyhkäisykonvertterilla 700 ja Viewsoft ohjelmistolla.

Vaihteluita kuumennuskuvioissa havaittiin erilaisilla kuormasyvyyksillä, ts. syvyydellä 6 - 7 mm (teoreettisesti minimiabsorptiosyvyys) ja syvyydellä 10 - 11 mm

(teoreettisesti maksimiabsorptiosyvyys). Syvyyden vaikutus energian absorptioon on kohteena CA-patenttihakemuksessa 590 860, joka on jätetty 13.2.1989 (US-patenttihakemus 359 589, jätetty 1.6.1989). Havaittiin, että vaikka kuumennusvaikutuksessa esiintyi eroja erilaisilla kuormasyvyyksillä, kaikilla syvyyksillä testit, jotka suoritettiin esillä olevan keksinnön mukaisella moodisuodatusmatriisilla, antoivat kuumennusvaikutuksen, jolla oli yhtenäisempi lateraalinen tasaisuus kuin testit, joissa tällaista matriisia ei ollut.

Lämmönjakautumisen tarkkailemiseksi pystysuunnassa kokeessa käytettiin LUXTRON 750 merkkistä fluoro-optista termometrijärjestelmää, jossa käytetään kahta anturia. Yksi anturi sijoitettiin 2 mm näytteen pinnan alapuolelle ja toinen 5 mm näytteen pinnan alapuolelle. Molemmat olivat näytteen keskellä pituus- ja leveyssuunnassa. Ensimmäinen anturi mittari "pintalämpötilaa". Nämä dimensiot säilytettiin kuormasyvyydestä riippumatta, joka oli joko 6 mm tai 10 mm. "Pintalämpötilan" mittaamista anturilla, joka oli itse asiassa 2 mm pinnan alapuolella, vaativat anturin itsensä äärelliset dimensiot ja pinnan jäähtymisilmiön minimointi.

Käytetyt kuormat olivat leivonnaisia (Gainborough Easi-dough), jotka oli kaulittu joko 6 mm:n tai 10 mm:n tasaiseen paksuuteen.

Ensimmäiset ajot suoritettiin samassa messinkiastiassa, jossa ei ollut mitään matriisia kuorman päällä. Täydellä teholla lämpötilaero pinnan ja päämassan välillä 120 sekunnin jälkeen oli suurin piirtein 20 °C 6 mm syvyiselle kuormalle ja suurin piirtein 10 °C 10 mm syvyiselle kuormalle. Tehokasta paahtumista ei saavutettu.

Samanlaiset ajot suoritettiin erilaisten matriisien ollessa kosketuksessa kuorman kanssa.

Käytetty matriisi (kuvio 45), joka on periaatteessa samanlainen kuin kuvion 1 rakenne, erotettiin kahteen

osaan, nimittäin saarekkeiden 428 matriisiksi (kuvio 46) ja aukkojen 429 matriisiksi (kuvio 47). Kolme näytettä testattiin identtisissä olosuhteissa, yksi pelkästään saarekematriisin (kuvio 46) kanssa, toinen pelkästään aukkomatriisin (kuvio 47) kanssa ja kolmas näiden kahden matriisin kanssa, jotka oli yhdistetty aikaansaamaan kuvion 45 yhdistelmämatriisi. Havaittiin, että kumpikaan yksittäisistä matriiseista, kun niitä käytettiin yksinään, ei ollut tehokas. Kuitenkin yhdistelmä tuotti moodisuodatusmatriisin, joka aikaansai tasaisen kuumentumisen leivonnaisen pinnalla ja kuumentumisen voimistumisen pinnalla, ts. epätasaisen kuumenemisen pystysuunnassa, joka oli riittävä aikaansaamaan tyydyttävän ruskistumisen koko pinnalla.

Antureilla mitattuina lämpötilaerot pinnan ja päämassan välillä olivat noin 45 °C ja 38 °C vastaavasti 6 mm ja 10 mm syville näytteille.

Lisäajo suoritettiin käyttäen leivonnaiskuormaa, joka oli 10 mm syvä sekä kuviossa 48 esitettyä moodisuodatusmatriisia, jossa oli "metallirenkaista" 431, joilla oli sellainen muoto, että ne määrittivät ristimäiset aukot 432, näiden renkaiden ollessa ryhmitetty mikroaaltoja läpäisevää materiaalia olevalle levylle 433. Pinta- ja päämassalämpötilojen välinen ero oli jo suurin piirtein 35 °C täydellä teholla 20 sekuntia tapahtuneen kuumentamisen jälkeen ja säilyi suurin piirtein tässä arvossa kun kuumentaminen edistyi. Kuvion 48 matriisia testattiin sen demonstroimiseksi, että renkaan sisämuodon, ts. aukon, tässä tapauksessa ristin, ei tarvinnut välttämättä vastata renkaan ulkomuotoa, tässä tapauksessa neliötä.

Vaikka yllä esitetty teoria, nimittäin että parannettu pintakuumennus, jonka yllä olevat kokeet ovat demonstroineet olevan saavutettavissa, seuraa pohjimmiltaan siitä tosiasiasta, että muutamat mikroaaltoenergian moodeista, jotka etenevät aukkojen läpi, leikkaantuvat pinta-

kerroksessa, on tällä hetkellä paras hakijoiden tuntema selitys, halutaan kuitenkin korostaa sitä, että järjestelmässä voivat vaikuttaa myös muut yhtä monimutkaiset tekijät, kun mikroaaltoenergia etenee rajoitetussa tilassa. Esimerkiksi havaittu parantunut pinnan kuumentuminen voi olla seurausta erilaisten vaikutusten yhdistelmästä, joka sisältää kussakin renkaassa olevan aukon koon lisäksi myös renkaan muodostavan mikroaaltoa heijastavan materiaalin leveyden ja renkaiden välisen välimatkan.

Uskotaan, että tärkein mielessä pidettävä tekijä on se, että oleellisesti parantuneet käytännön tulokset on saavutettu käyttäen tässä selostettuja rakenteita ja että tämä tosiasia on riippumaton teoriasta, joka on esitetty näiden parannusten saavuttamiseen liittyvästä mekanismista.

On ymmärrettävä, että keksintöä ei ole rajoitettu edellä erityisesti esitettyihin piirteisiin ja suoritusmuotoihin, vaan se voidaan toteuttaa muilla tavoin poikkeamatta patenttivaatimusten suojapiiristä.

HYV. NÄHT.
2

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä mikroaaltoenergialla (E) kuumennettavan tuotteen pintakerroksen (426) kuumenemisen lisäämiseksi, t u n n e t t u siitä, että mainittu energia suunnataan useiden aukkojen (412) läpi pintakerrokseen ja sieltä tuotteen pääosaan (427) sellaisella tavalla, että mainitun energian (E') moodit leikkaantuvat pintakerroksessa lämmittääkseen pintakerrosta suoraan tällä energialla.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että pintakerroksella on alhaisempi dielektrisyysvakio kuin pääosalla ja energia (E') ei leikkaannu pääosassa, jolloin energian absorptio pintakerroksessa tuotteeseen kuljettua välimatkayksikköä kohti on suurempi kuin energian absorptio pääosan kuljettua välimatkayksikköä kohti, mikä aiheuttaa pintakerroksen korkeamman lämpötilan kuin pääosan lämpötila.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että energia etenee pintakerrokseen useiden aukkojen (412) kautta, jotka aukot määritetään mikroaaltoja heijastavasta, oleellisesti absorboimattomasta materiaalista valmistetuilla renkailla (411).

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kullakin aukolla on leveysdimensio (Di), joka on suurin piirtein 5 - 25 mm.

5. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u tuotteen kuumentamisen tasaisuuden parantamisesta sivuttaissuunnissa, jotka ovat poikittaiset energian etenemissuuntaan pintakerroksen läpi, synnyttämällä tai voimistamalla tällaisen energian korkeamman asteen moodeja tuotteessa.

6. Laite patenttivaatimuksen 1 mukaisen menetelmän toteuttamiseksi, joka laite käsittää mikroaaltoja läpäisevää materiaalia olevan levyn (20, 410) ja välineet, jotka määrittävät joukon mikroaaltoja läpäiseviä aukkoja (26,

412) mikroaaltoenergian siirtämiseksi mainittuun tuotteeseen, t u n n e t t u siitä, että mainituilla aukoilla on sellaiset dimensiot, että mikroaaltoenergian taajuudella ja levyn ollessa sijoitettuna kuumennettavan tuotteen pintakerroksen viereen sellaiset energian (E') moodit, jotka etenevät aukkojen läpi, leikkaantuvat mainitussa pintakerroksessa lämmittääkseen pintakerrosta suoraan tällä energialla.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että aukoilla on sellaiset dimensiot, että energia, joka etenee aukkojen läpi, ei leikkaannu tuotteen pääosassa (427), joka sijaitsee pintakerroksen alapuolella ja jolla on suurempi dielektrisyysvakio kuin pintakerroksella.

8. Patenttivaatimuksen 6 tai 7 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainitut välineet aukkojen määrittämiseksi käsittävät mainitulla levyllä joukon renkaita (411), jotka ovat mikroaaltoja heijastavaa, oleellisesti absorboimatonta materiaalia.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että renkaat on järjestetty matriisiksi.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että matriisi on sellainen, että mainittujen renkaiden välissä oleva mikroaaltoja läpäisevä materiaali seuraa mutkittelevia reittejä.

11. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainitun matriisin renkaat on kytketty keskenään yhteen mikroaaltoja heijastavalla, oleellisesti absorboimattomalla materiaalilla.

12. Jonkin patenttivaatimuksen 6 - 11 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainitut renkaat ovat oleellisesti suorakulmaisia, oleellisesti neliömäisiä, oleellisesti ympyrän muotoisia, oleellisesti kolmikulmaisia, oleellisesti kuusikulmaisia tai tällaisten muotojen yhdistelmiä.

13. Jonkin patenttivaatimuksen 6 - 12 mukainen laite käytettäväksi ruokatuotteen kuumentamiseen mikroaaltoenergialla, jonka taajuus on 2,45 GHz, t u n n e t t u siitä, että kullakin aukolla on poikkidimensio, joka on alueella noin 5 - 25 mm.

14. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainituilla renkailla on ulkoleveys, joka on noin 10 - 16 mm, edullisesti 12 - 14 mm.

15. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite käytettäväksi tuotteen kanssa, jonka pintakerroksella on suhteellisen alhainen dielektrisyysvakio, t u n n e t t u siitä, että mainituilla renkailla on ulkoleveys, joka on noin 20 - 25 mm.

16. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainittu matriisi on sellainen, että se aikaansaa renkaiden välille välimatkat, jotka ovat noin 3 - 6 mm.

17. Jonkin patenttivaatimuksen 6 - 16 mukainen laite yhdistelmänä kuumennettavan tuotteen kanssa, t u n n e t t u siitä, että laite sisältyy ainakin yhteen seinään astiassa, johon mainittu tuote on asetettu, mainitun seinän tai seinien ollessa astian pohja tai kansi tai molemmat.

18. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite, t u n n e t t u sähköisesti johtavasta laatasta (24), joka on sijoitettu mainitulle mikroaaltoja läpäisevästä materiaalista valmistetulle levylle, mainitun laatan määrittäessä ainakin yhden mainitun aukon (26, 36, 56), jolla on suljettu ulkokehä ja ainakin yhden sähköisesti johtavan saarekkeen (30, 40, 60), joka on sijoitettu oleellisesti kohdakkain mainitun aukon kanssa määrittämään mikroaaltoenergiaa siirtävä rako (32, 42, 62) saarekkeen ulkokehän ja aukon ulkokehän väliin kehittämään kuumennettavaan tuotteeseen ainakin yhden mikroaaltoenergiamoodin, joka on korkeampaa astetta kuin perusmoodit mainitussa tuotteessa.

HYV. NÄHT.

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainittu rako on jatkuvasti avoin.

20. Patenttivaatimuksen 18 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainittu rako on silloitettu tietyin välimatkoin sähköisesti johtavalla materiaalilla, joka ulottuu mainitun laatan ja mainitun saarekkeen välisen raon poikki.

21. Patenttivaatimuksen 18 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainitussa saarekkeessa on aukko (27d).

22. Patenttivaatimuksen 18 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainittu laatta ja mainittu saareke on sijoitettu samaan tasoon toistensa kanssa.

23. Patenttivaatimuksen 18 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainittu laatta ja mainittu saareke on vastaavasti sijoitettu samansuuntaisiin tasoihin, jotka ovat toisistaan erillään mainittuihin tasoihin nähden poikittaisessa suunnassa.

24. Patenttivaatimuksen 23 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainittu saareke on pinta-alaltaan pienempi kuin mainittu aukko.

25. Patenttivaatimuksen 23 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainittu saareke on pinta-alaltaan ainakin yhtä suuri kuin mainittu aukko.

26. Patenttivaatimuksen 18 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainittu laatta määrittää useita aukkoja, jotka ovat jakautuneet sen pinta-alalle toisistaan erilleen, jolloin useita mainittuja saarekkeita on sijoitettu kohdakkain vastaavien aukkojen kanssa muodostamaan rengasmaiset raot, jotka ovat jakautuneet mainitun laatan pinta-alalle.

27. Jonkin patenttivaatimuksen 18 - 26 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että laite muodostaa mainitun tuotteen astian ensimmäisen seinäosuuden.

HYV. NÄHT.

28. Patenttivaatimuksen 27 mukainen laite, t u n n e t t u toisesta laitteesta, joka muodostaa astian toisen seinäosuuden, joka on vastapäätä ensimmäistä seinäosuutta.

29. Patenttivaatimuksen 27 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että astia käsittää ylöspäin avautuvan tarjottimen tuotteen säilyttämiseksi ja kannen ylöspäin avautuvan tarjottimen peittämiseksi, mainitun laitteen ollessa sijoitettu kannen päälle siten, että laitteen johtava laatta ulottuu oleellisesti kannen koko pinta-alan yli.

30. Jonkin patenttivaatimuksen 6 - 29 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainitut välineet aukkojen määrittämiseksi käsittävät välineet, jotka on sijoitettu mainitulle mikroaaltoja läpäisevästä materiaalista valmistetulle levylle ja joilla on erilaiset sähkömagneettiset ominaisuudet kuin tällä levyllä.

31. Patenttivaatimuksen 30 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että mainittu sähkömagneettinen ominaisuus on johtavuus, häviöttömyys, dielektrisyysvakio, spatiaalinen paksuus, askelmainen epäjatkuvuus tai magneettinen ominaisuus.

HYV. NÄHT.

Patentkrav

1. Förfarande för ökning av upphettningen av ytskiktet (426) av en produkt som upphettas med mikrovågsenergi (E), k ä n n e t e c k n a t av att energin riktas via ytskiktet mot produktens huvuddel (427) på så sätt att energins (E') modus avskärs i ytskiktet.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att ytskiktets dielektricitetskonstant är lägre än huvuddelens och energin (E") inte avskärs i huvuddelen, varvid absorptionen av energi i ytskiktet av produkten per avståndsenhet är större än absorptionen av energi i huvuddelen per avståndsenhet, vilket förorsakar en högre temperatur i ytskiktet än temperaturen i huvuddelen.

3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t av att energin fortplantar sig via ett flertal i ytskiktet befintliga öppningar (412) som avgränsas med mikrovågsreflekterande, av väsentligen icke-absorberande material framställda ringar (411).

4. Förfarande enligt patentkrav 3, k ä n n e t e c k n a t av att varje öppning har en breddimension (Di) som är ungefär 5 - 25 mm.

5. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t av förbättring av jämnheten i produktens upphettning i sidoriktningar, som är tvärgående mot energins fortplantningsriktning genom ytskiktet, genom att en dylik energis modus av högre ordning alstras eller stärks i produkten.

6. Anordning för utförande av förfarandet enligt patentkrav 1, vilken anordning omfattar en skiva (20, 410) av mikrovågsgenomsläppande material och organ som avgränsar ett antal mikrovågsgenomsläppande öppningar (26, 412) för överföring av mikrovågsenergi till produkten, k ä n n e t e c k n a d av att öppningarna har sådana dimensioner att på mikrovågsenergins frekvens och då skivan är

placerad i närheten av ytskiktet av en produkt som upphettas, sker i ytskiktet avskärning av sådana modus hos energin (E') som fortplantar sig genom öppningarna.

7. Anordning enligt patentkrav 6, k ä n n e t e c k n a d av att öppningarna har sådana dimensioner att energin som fortplantar sig genom öppningarna inte avskärs i produktens huvuddel (427) som är belägen under ytskiktet och som har en större dielektricitetskonstant än ytskiktet.

8. Anordning enligt patentkrav 6 eller 7, k ä n n e t e c k n a d av att organen för avgränsning av öppningarna omfattar på skivan ett antal ringar (411) av ett mikrovågsreflekterande, väsentligen icke-absorberande material.

9. Anordning enligt patentkrav 8, k ä n n e t e c k n a d av att ringarna är anordnade som en matris.

10. Anordning enligt patentkrav 9, k ä n n e t e c k n a d av att matrisen är sådan att det mikrovågsgenomsläppande, mellan ringarna belägna materialet följer krokiga vägar.

11. Anordning enligt patentkrav 9, k ä n n e t e c k n a d av att matrisens ringar är sammankopplade med ett mikrovågsreflekterande, väsentligen icke-absorberande material.

12. Anordning enligt något av patentkraven 6 - 11, k ä n n e t e c k n a d av att ringarna är väsentligen rektangulära, väsentligen fyrkantiga, väsentligen cirkelformiga, väsentligen triangulära, väsentligen sexkantiga eller kombinationer av dylika former.

13. Anordning enligt något av patentkraven 6 - 12 för användning av upphettning av livsmedel med mikrovågsenergi vars frekvens är 2,45 GHz, k ä n n e t e c k n a d av att varje öppning har en tvärdimension om ca 5 - 25 mm.

14. Anordning enligt patentkrav 8, k ä n n e t e c k n a d av att ringarna har en yttre bredd om ca 10 - 16 mm, företrädesvis 12 - 14 mm.

15. Anordning enligt patentkrav 8 för användning med en produkt vars ytskikt har en relativt låg dielektricitetskonstant, k ä n n e t e c k n a d av att ringarnas yttre bredd är ca 20 - 25 mm.

16. Anordning enligt patentkrav 9, k ä n n e t e c k n a d av att matrisen är sådan att den förorsakar avstånd om ca 3 - 6 mm mellan ringarna.

17. Anordning enligt något av patentkraven 6 - 16 i kombination med en produkt som skall upphettas, k ä n n e t e c k n a d av att anordningen ingår i åtminstone en vägg i en behållare dit produkten är placerad, varvid väggen eller väggarna är en botten eller ett lock eller båda i behållaren.

18. Anordning enligt patentkrav 6, k ä n n e t e c k n a d av en elektriskt ledande platta (24) som är anordnad på den av mikrovågsgenomsläppande material framställda skivan, varvid plattan avgränsar åtminstone en av öppningarna (26, 36, 56) med en sluten periferi och åtminstone en elektriskt ledande ö (30, 40, 60) placerad väsentligen invid öppningen för avgränsning av en mikrovågsöverförande skåra (32, 42, 62) mellan öns periferi och öppningens periferi för alstring i produkten som upphettas åtminstone ett mikrovågsenergimodus av högre ordning än produktens grundmodus.

19. Anordning enligt patentkrav 18, k ä n n e t e c k n a d av att skåran är fortsättningsvis öppen.

20. Anordning enligt patentkrav 18, k ä n n e t e c k n a d av att skåran är överbryggad på vissa avstånd med ett elektriskt ledande material som sträcker sig över skåran mellan plattan och ön.

21. Anordning enligt patentkrav 18, k ä n n e t e c k n a d av att ön uppvisar en öppning (27d).

22. Anordning enligt patentkrav 18, k ä n n e t e c k n a d av att plattan och ön är anordnade i plan med varandra.

NYV. NÄHT

23. Anordning enligt patentkrav 18, k ä n n e t e c k n a d av att plattan och ön är var för sig anordnad i parallella plan som är åtskils i tvärriktningen i förhållande till planen.

24. Anordning enligt patentkrav 23, k ä n n e t e c k n a d av att öns areal är mindre än öppningen.

25. Anordning enligt patentkrav 23, k ä n n e t e c k n a d av att öns areal är åtminstone lika stor som öppningen.

26. Anordning enligt patentkrav 18, k ä n n e t e c k n a d av att plattan avgränsar ett flertal öppningar som är åtskils fördelade på dess areal, varvid ett flertal öar är anordnade invid motsvarande öppningar för formning av ringformiga skåror som är fördelade på plattans areal.

27. Anordning enligt något av patentkraven 18 - 26, k ä n n e t e c k n a d av att anordningen utgör ett första väggparti i en behållare för produkten.

28. Anordning enligt patentkrav 27, k ä n n e t e c k n a d av en andra anordning som utgör behållarens andra väggparti som är mittemot det första väggpartiet.

29. Anordning enligt patentkrav 27, k ä n n e t e c k n a d av att behållaren omfattar en bricka som utmynnar uppåt för förvaring av produkten och ett lock för täckning av brickan som utmynnar uppåt då anordningen är anordnad på locket på så sätt att anordningens ledande platta sträcker sig väsentligen över lockets hela areal.

30. Anordning enligt något av patentkraven 6 - 29, k ä n n e t e c k n a d av att organen för avgränsning av öppningarna omfattar organ som är anordnade på den av mikrovågsgenomsläppande material framställda skivan och vars elektromagnetiska egenskaper är olika än skivans.

31. Anordning enligt patentkrav 30, k ä n n e t e c k n a d av att den elektromagnetiska egenskapen är ledningsförmåga, förlustfrihet, dielektrisk konstant, spatial tjocklek, stegvis diskontinuitet eller en magnetisk egenskap.

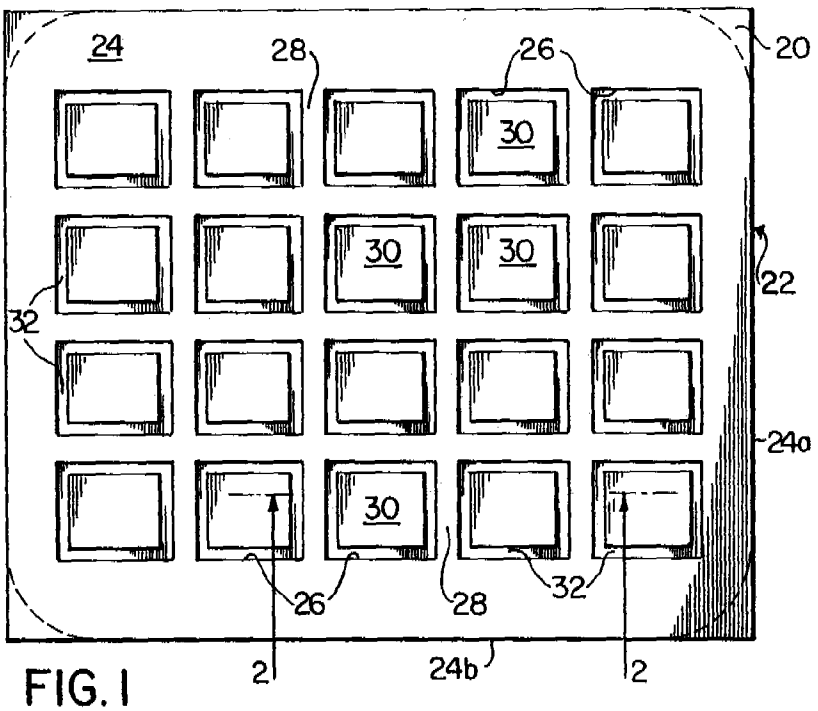


FIG. 1

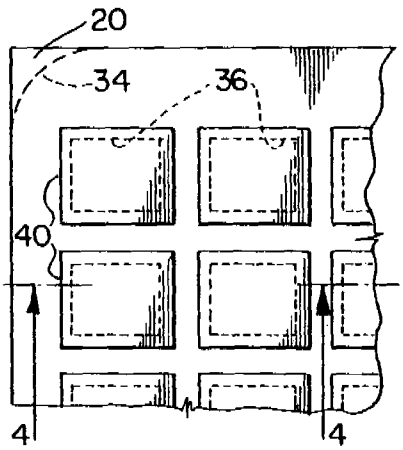


FIG. 3

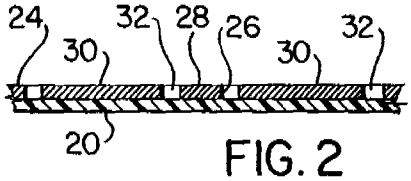


FIG. 2

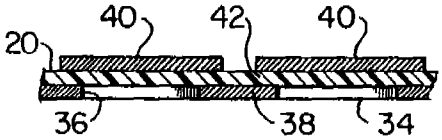


FIG. 4

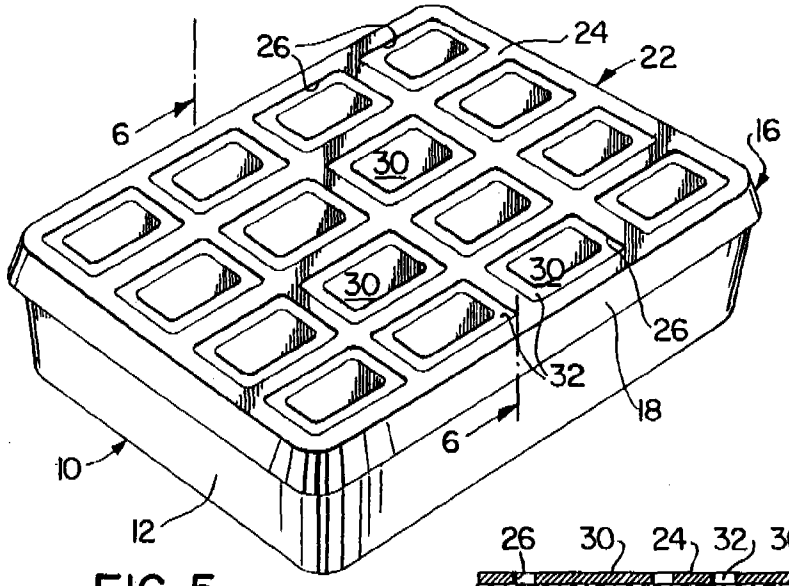


FIG. 5

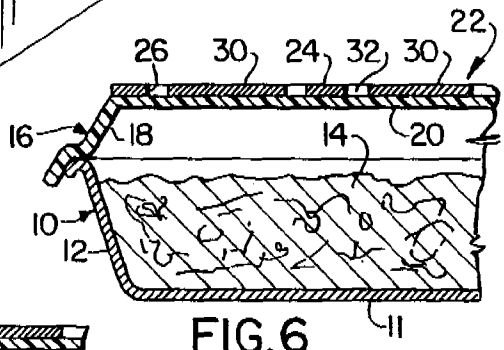


FIG. 6

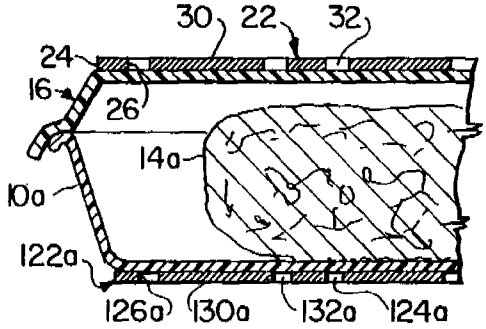


FIG. 7

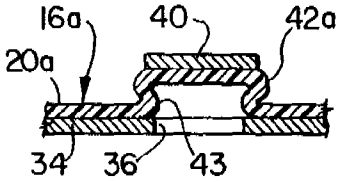


FIG. 8

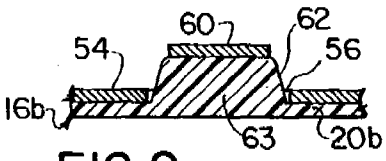


FIG. 9

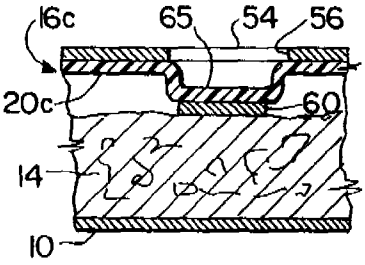


FIG. 10

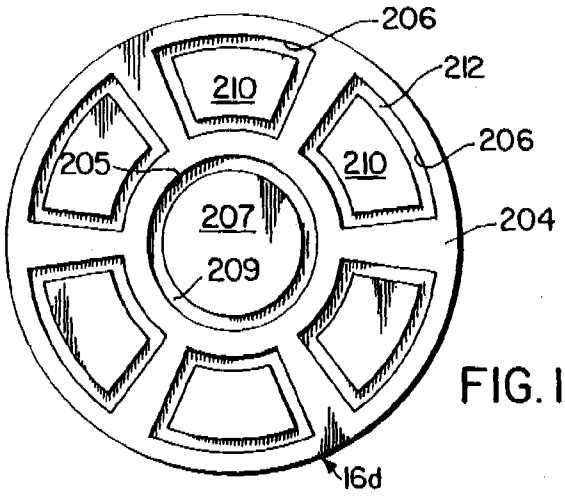


FIG. 11

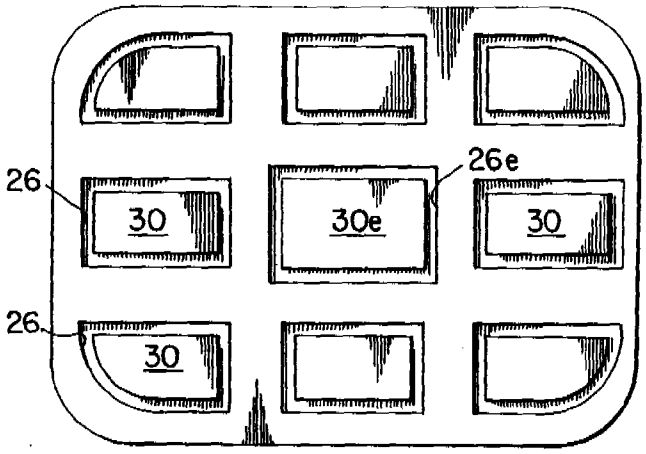


FIG. 12

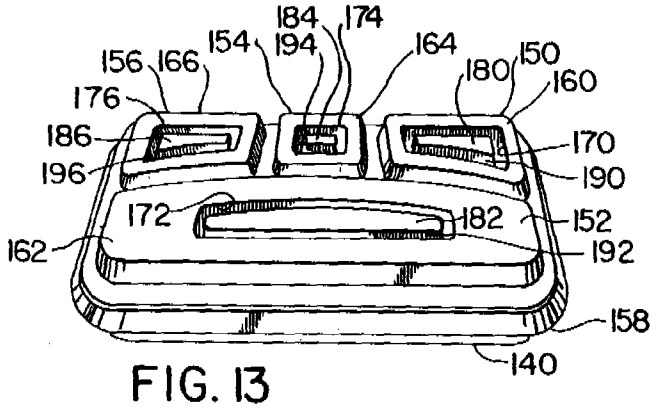


FIG. 13

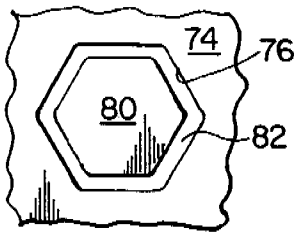


FIG. 14

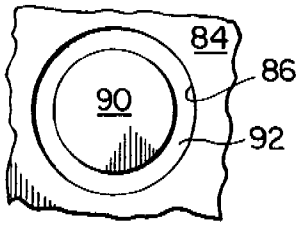


FIG. 15

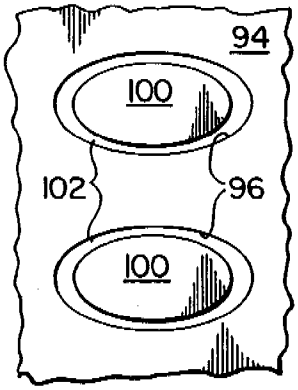


FIG. 16

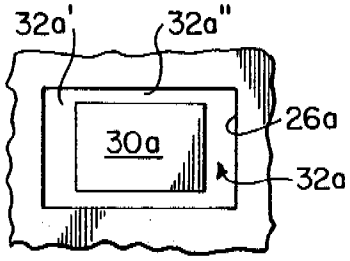


FIG. 17

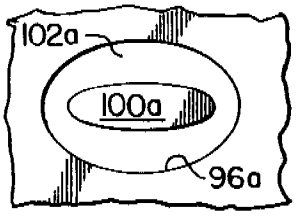


FIG. 18

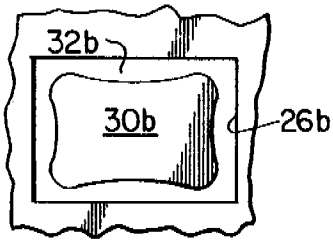


FIG. 19

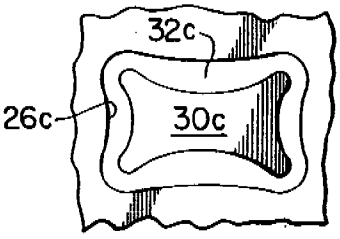


FIG. 20

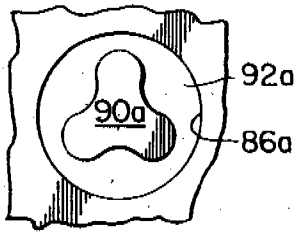


FIG. 21

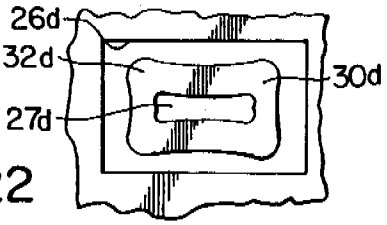


FIG. 22

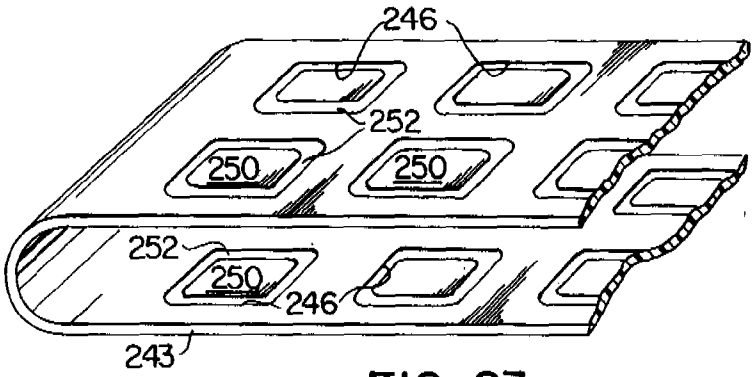


FIG. 23

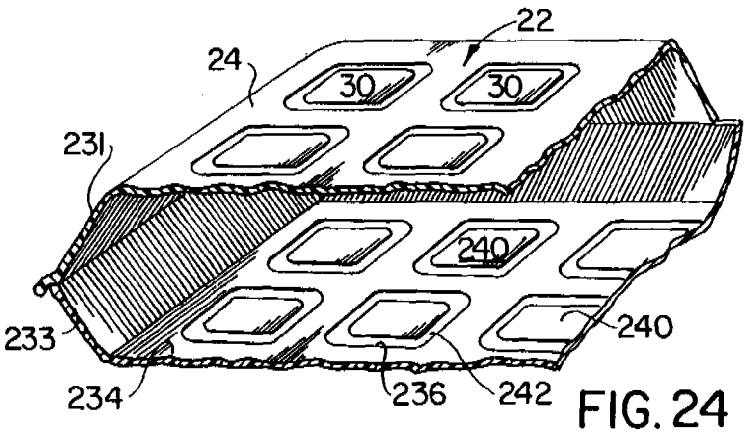


FIG. 24

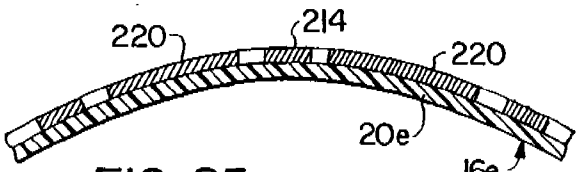


FIG. 25

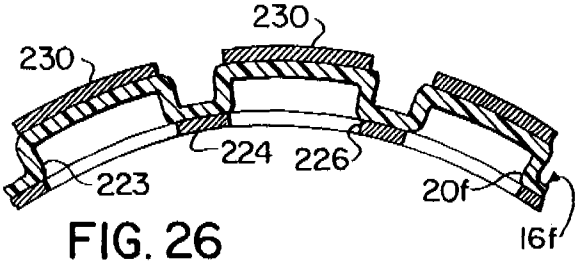


FIG. 26

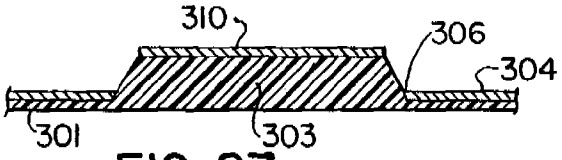


FIG. 27

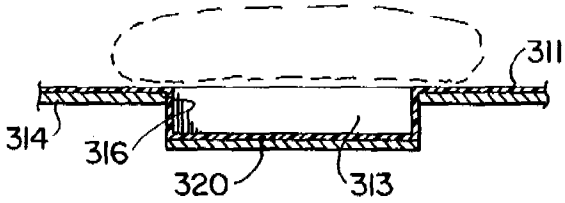


FIG. 28

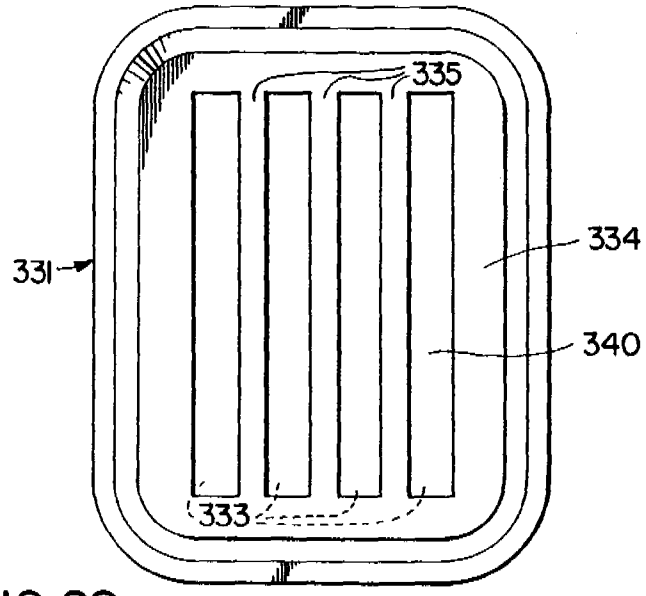


FIG. 29

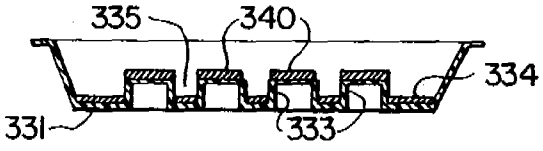


FIG. 30

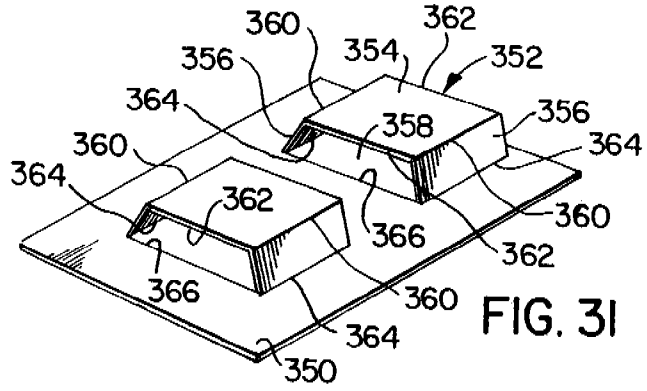


FIG. 31

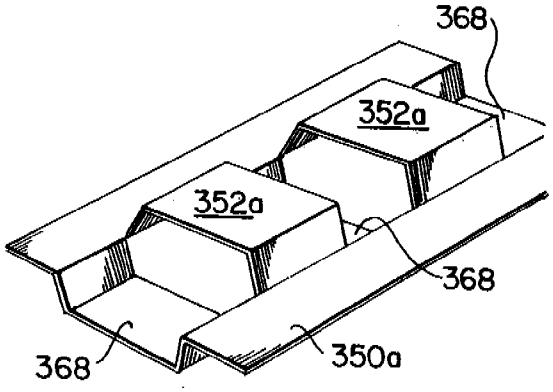


FIG. 32

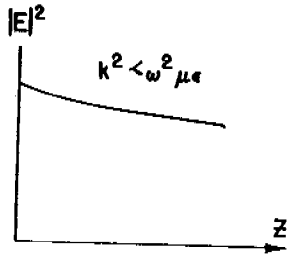


FIG. 34

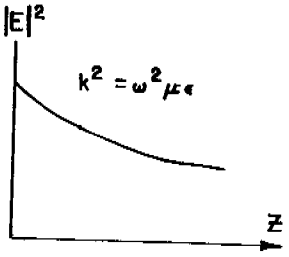


FIG. 35

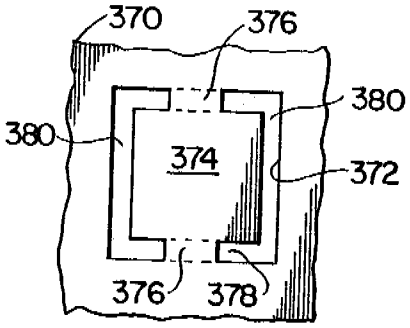


FIG. 33

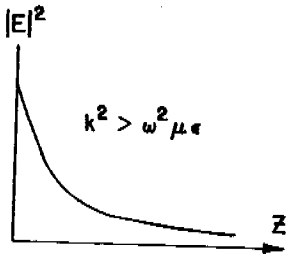


FIG. 36

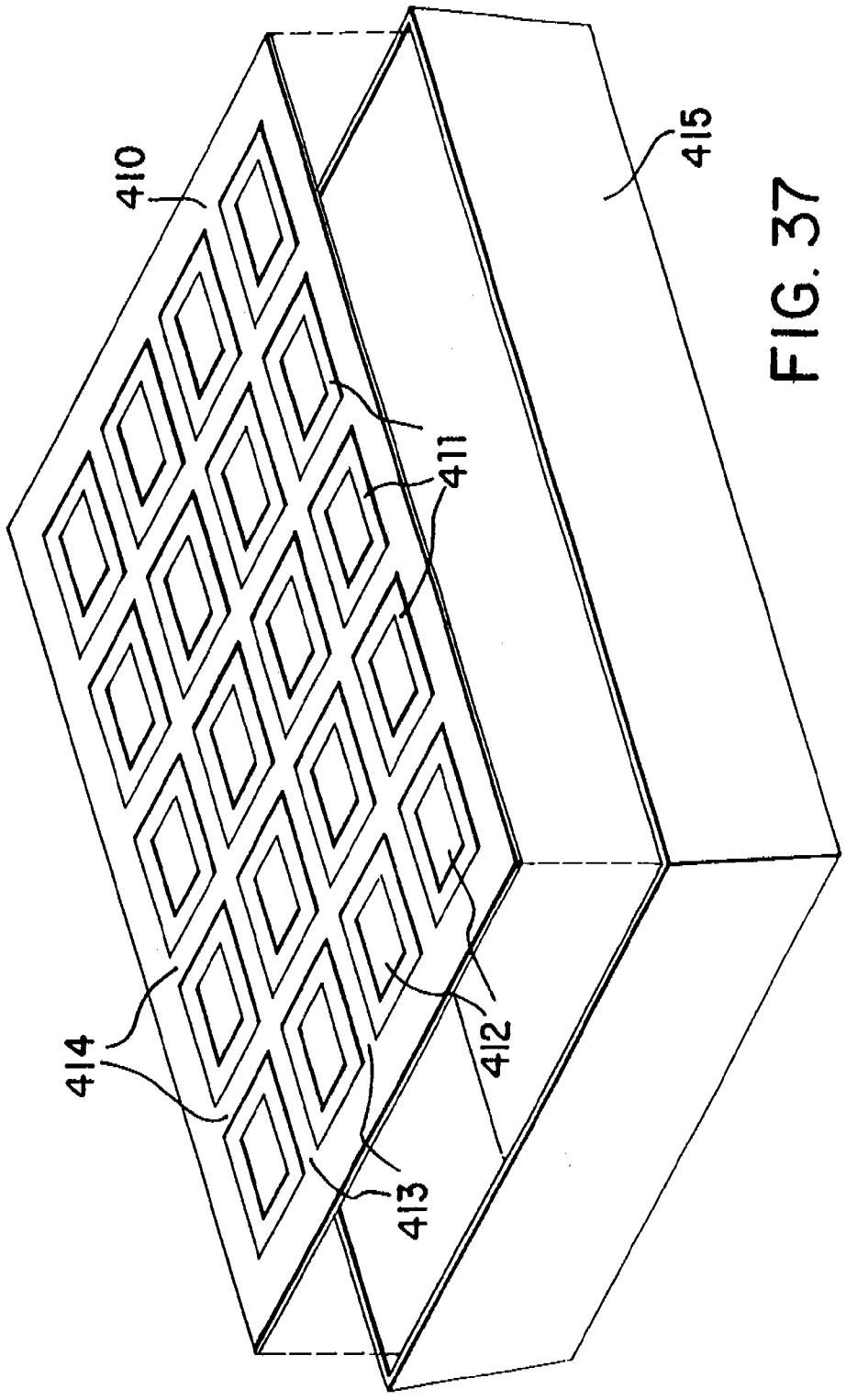


FIG. 37

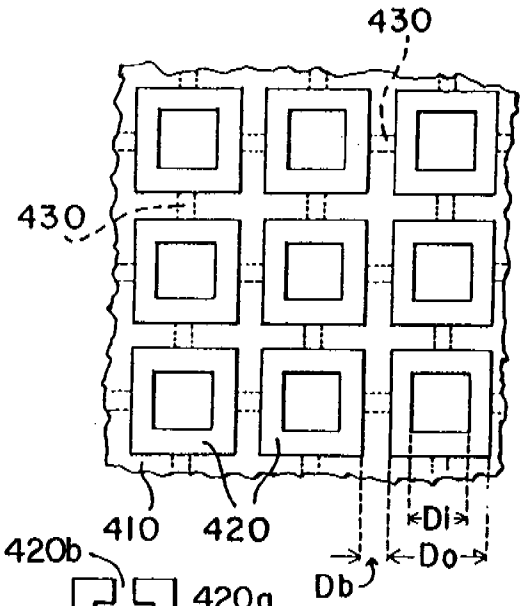


FIG. 38

FIG. 38A

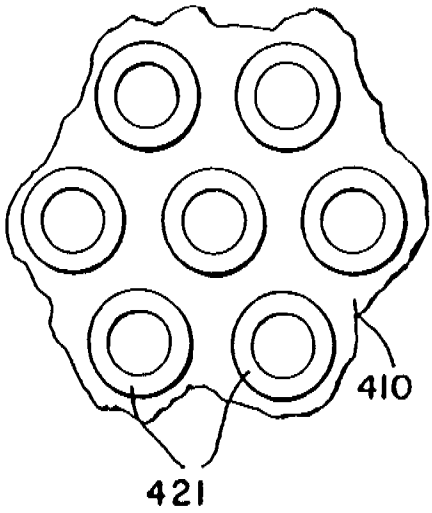


FIG. 39

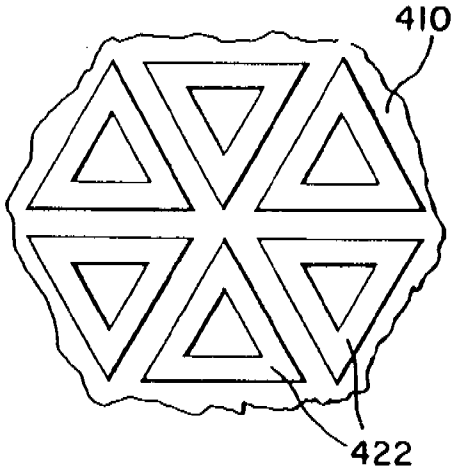


FIG. 40

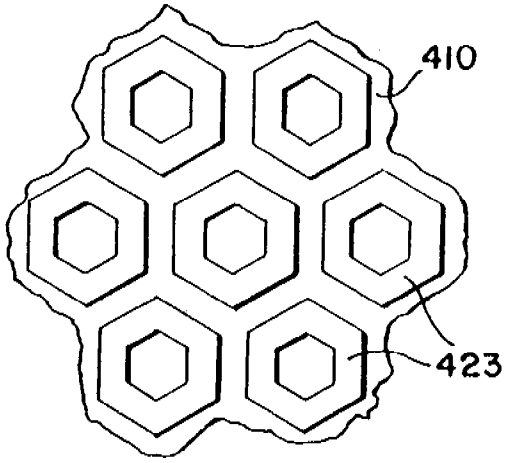


FIG. 41

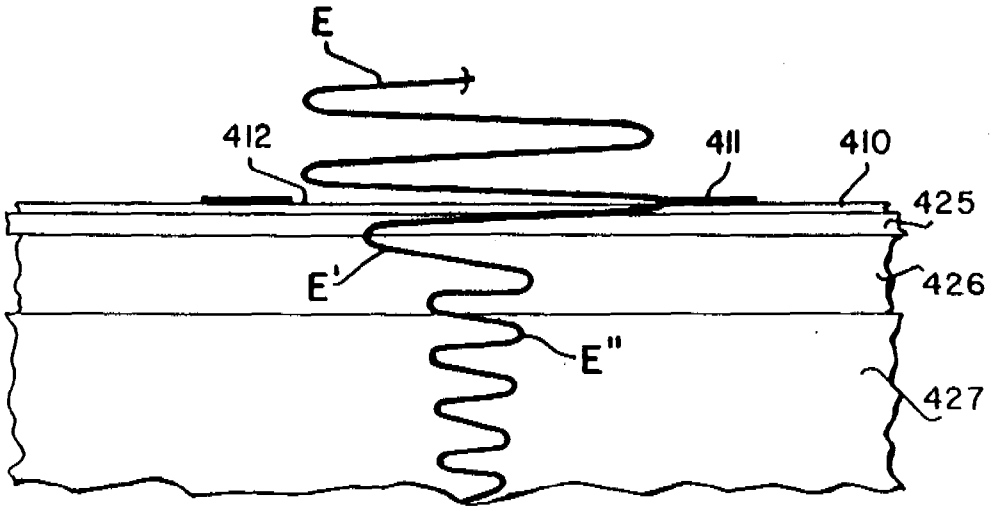


FIG. 42

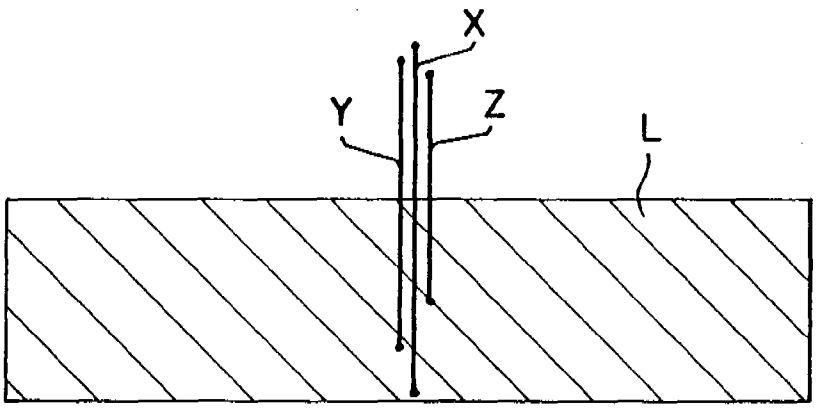
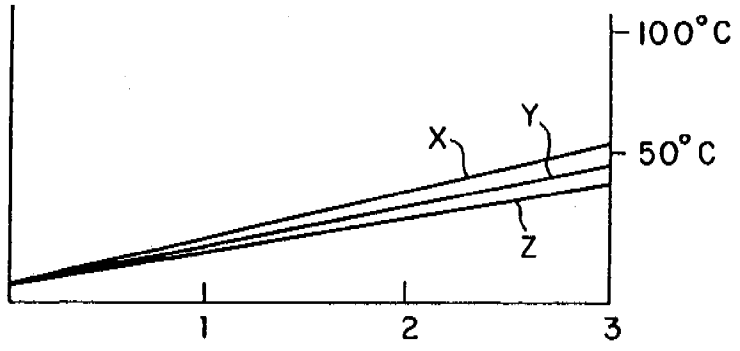


FIG. 43

FIG. 44A



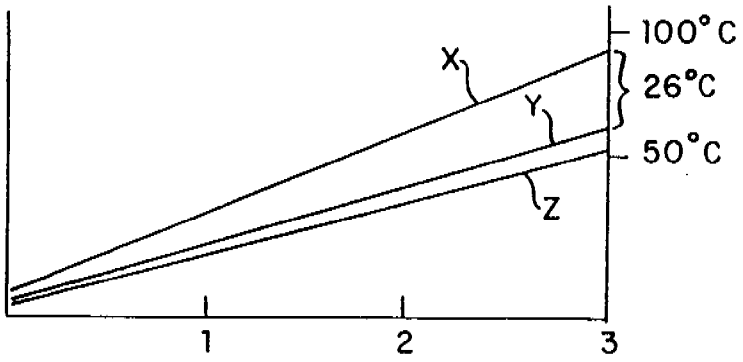


FIG. 44B

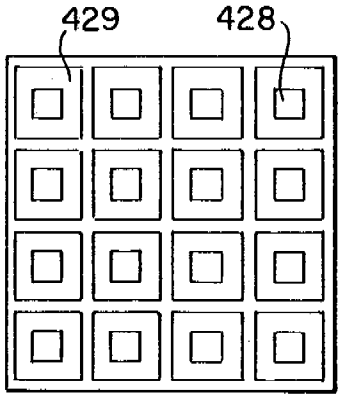


FIG. 45

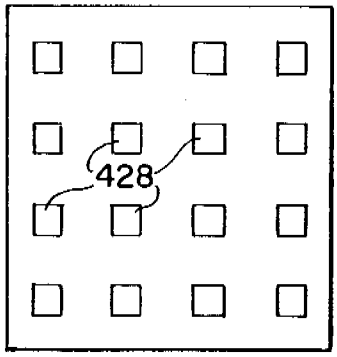


FIG. 46

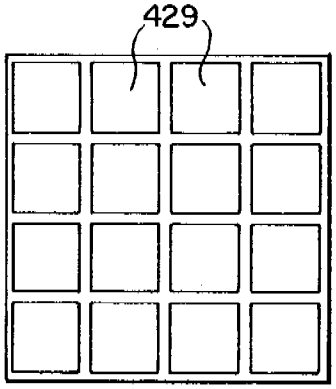


FIG. 47

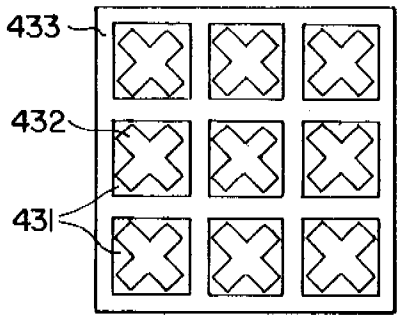


FIG. 48

PATENTTI-JA REKISTERIHALLITUS
PATENTTIOSASTO

HYV. NÄHT.

TUTKIMUSRAPORTTI

PATENTTIHAK.NRO	LUOKKA	TUTKIJA	TUTKIMUSTUL. SAATU
900648	H05B 6/64	IA	EP X

TUTKITUT LUOKAT	TUTKITUT MAAT FI SE NO DK CH DE WO EP GB US	TUTK. KESK. *)
H05B 6/64	X X X X	

PATENTTIVIRASTOJEN JULKAISUT	LUOKKA	HUOM!
1)		
2)		
3)		
4)		
5)		
6)		
7)		
8)		
9)		

*) TUTKIMUS KESKEYTETTY ESTEEN LÖYTYMISEN TAKIA

KÄÄNNÄ!

PATENTTIVIRASTOJEN JULKAISUT	LUOKKA	HUOM!
10)		
11)		
12)		
13)		
14)		
15)		
16)		
17)		
18)		
19)		

MUITA JULKAISUJA / ON-LINE TUTKIMUS, JOS TEHTY (TIETOKANTA, HAKUSANAT YM.)

HELSINKI 12.5.1995
PÄIVÄYS

Ilari Auttila
ALLEKIRJOITUS