

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 149917 B



DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

(21) Patentansøgning nr.: 1426/77

(51) Int.Cl.⁴: B 03 C 3/12

(22) Indleveringsdag: 31 mar 1977

(41) Alm. tilgængelig: 10 okt 1977

(44) Fremlagt: 27 okt 1986

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 09 apr 1976 SE 7604248

(71) Ansøger: *ELFI ELEKTROFILTER AB; Lidköping, SE.

(72) Opfinder: Antonios *Vlastos; SE, Peter *Albertsson; SE, Rolf *Eriksson; SE.

(74) Fuldmægtig: Th. Ostenfeld Patentbureau A/S

(54) **Elektrofilter til luftrensning**

DK 149917 B

Den foreliggende opfindelse angår et elektrofilter til luftrensning og af den i den indledende del af krav 1 angivne art.

Princippet for elektrofiltre til luftrensning er, at mod filtret indkommende partikler, som for størstedelens vedkommende er ikke ladede partikler, i et første trin oplades, når de passerer mellem to elektriske ledere, såsom mellem en tråd og to på hver side af tråden anbragte plader, hvor pladerne og tråden har forskelligt elektrisk potential. En således opladet partikel udskilles derefter mellem eksempelvis to plader, som har forskelligt elektrisk potential ved, at den ladede partikel tiltrækkes mod en af pladerne, som har modsat polaritet i forhold til partiklen.

Meget vigtig for et elektrofilters effektivitet er dimensioneringen af opladningstrinnet i forhold til udskillelsestrinnet. Hidtil har

man forsøgt at øge elektrofiltres kapacitet dels ved at øge feltstyrken i opladnings- og udskillelsestrinnet, og dels ved at forlænge udskillelsestrinnet. Disse foranstaltninger øger kapaciteten hos et filter, men kun til et vist niveau, da på den ene side feltstyrken ikke kan øges ubegrænset, og på den anden side må udskillelsestrinnet øges væsentligt, for at der skal opnås en afgørende forskel i effektivitet.

En stor ulempe, som optræder, når spændingen øges i opladningsstrinnet, er, at mere ozon produceres.

For tiden på markedet tilstedeværende elektrofiltre udskiller 50-60% af til filteret indkommende partikler. Elektrofilteret ifølge den foreliggende opfindelse udskiller op til 97% af indkommende partikler.

Den foreliggende opfindelse angår et elektrofilter til luftrensning omfattende en opladningsdel, en udskillelsesdel og et spændingsforsynende organ, hvor opladningsdelen indeholder tråde beliggende mellem indbyrdes parallelle plader, hvor trådene har et andet elektrisk potential end pladerne, og hvor udskillelsesdelen indeholder indbyrdes parallelle plader, hvor hver plade har et andet elektrisk potential end naboplader, samt hvor opladningsdelen omfatter to eller flere tråde mellem hvert par plader.

Opfindelsen er ejendommelig ved det i den kendetegnende del af krav 1 angivne. Den indbyrdes afstand C mellem to eller flere tråde, som ligger mellem to af de indbyrdes parallelle plader, ligger inden for intervallet, der beskrives af formlen $C = \frac{V \cdot T}{(n-k)}$, hvor k tilhører mængden $\{0, n-2\}$ og hvor V betegner partikelhastigheden, T betegner periodetiden for en af det spændingsforsynede organ frembragt varierende jævnspænding, og hvor n er antallet af tråde, og hvor afstanden C fortrinsvis vælges inden for intervallet $0,6 \cdot b \leq C \leq 1,2 \cdot \frac{V \cdot T}{2}$, hvor b betegner afstanden mellem de to indbyrdes parallelle plader.

I det følgende skal opfindelsen beskrives nærmere under henvisning til tegningen, hvor

figur 1 er et oversigtsbillede af et elektrofilter ifølge opfindelsen,

figur 2 et skematisk sidebillede af elektrofilteret,

figur 3 et element af elektrofilteret,

figur 4 et sidebillede af elektrofilteret, hvor et fastholdelsesorgan vises,

figur 5 et detaljeret billede af et fastholdelsesorgan,

figur 6 et billede af elektrofilterets bagside,

figur 7 og 8 fastholdelsesorganer med elektriske ledere, figur 9 en ramme tilhørende elektrofilterets opladningsdel, og figur 10 rammen set fra højre mod venstre i figur 9.

I figur 1 vises et oversigtsbillede af et elektrofilter ifølge opfindelsen. Filteret består af et opladningstrin 1 og et udskillellesstrin 2, Til opladningstrinnet 1 og udskillellesstrinnet 2 findes fælles gennemgående plader 3, hvilket også fremgår af figur 2. Disse pladers antal kan varieres ved opbygningen af et elektrofilter, Mellem hvert par af plader 3 i opladningstrinnet findes tråde 4 anbragt. Disse tråde 4 er hver især anbragt parallelt med de omgivende plader 3 og i hovedsagen midt imellem disse plader. Trådene 4 er opspændt i rammer 5 af isolerende materiale, hvor hver ramme fastholder en vertikal kolonne af tråde. Hver ramme 5 er passende fastgjort i de plader 3, hvis sider vender mod en ramme. Trådenes diameter er af størrelsesordenen 0,05-0,25 mm. En tyndere tråd giver mindre ozon end en grovere tråd ved samme koronastrøm, men trådens styrke mindskes. Mellem hvert par af de gennemgående plader 3 findes i udskillellesstrinnet 2 et antal plader 6. I figur 2 vises tre sådanne plader 6 mellem hvert par af gennemgående plader 3. Pladernes 6 antal kan være et ulige tal fra 1 og opad, hvor antallet bestemmes af afstanden mellem pladerne 3, tilgængelig spænding til pladerne 6 samt den feltstyrke, som ønskes mellem pladerne 3 og 6 samt mellem to plader 6, ved flere end én plade. Pladernes 3 og 6 potential fremgår af nedenstående beskrivelse. Antallet af plader kan være fra 1 til 7 stk. Pladerne 3,6 har en tykkelse på eksempelvis 0,5 mm og kan være udført i aluminium, kopper, stål eller andet egnet materiale, fortrinsvis aluminium. Den luft, som skal passere opladningstrinnet og derefter udskillellesstrinnet, suges ind i filterets forreste gavl, videre gennem de to trin og passerer ud gennem filterets bageste gavl ved hjælp af en ventilator 7, anbragt bag ved filterets bageste gavl. Ventilatoren 7 drives af en elektrisk motor 8.

Elektrofilteret er, undtagen på dets forreste og bageste gavl, forsynet med vægge, således at luften kun kan passere på den beskrevne måde gennem filteret.

De gennemgående plader 3 har et andet elektrisk potential end trådene 4. De nærmest mod de gennemgående plader 3 liggende kortere plader 6 har samme polaritet som trådene 4, men pladernes 6 potential bestemmes som ovenfor anført af afstanden mellem pladerne og ønsket feltstyrke i udskillellessektionen. Hveranden plade 6, regnet fra

pladen 3, har samme potential som pladen 3, og følgelig har hveranden plade regnet fra den plade 6, som ligger nærmest pladen 3, samme potential som denne plade 6. Dette medfører således, at hveranden plade i udskillelsestrinnet har samme potential. Alle enheder med samme potential er parallelkoblede.

Spændingskilden er også jordet til chassiet og føder således derefter de to potentialer til filteret.

Forskellen i elektrisk potential mellem tråde 4 og plader 3 er af størrelsesordenen 5000-6000 V.

Forskellen i elektrisk potential mellem mod hinanden liggende plader i udskillelsessektionen er af størrelsesordenen 1500-2500 volt.

Elektrofilteret ifølge opfindelsen fødes med spænding fra ensrettere med en vekselspænding overlejet på jævnspændingen på kendt måde.

Den overlejede vekselspænding er af en sådan amplitude, at den kritiske værdi for opnåelse af ultrakorona kun overstiges ved den pulserede jævnspændings spidsværdi. Dette medfører, at en pulseret ultrakorona fås, hvilket giver en væsentligt lavere ozongenerering.

I den i figur 3 viste udførelsesform, hvor et element vises, er det ene elektriske potential positivt og det andet jord.

Den principielle funktionsmåde er, at uladete partikler lades op ved passage af opladningsdelen 1 mellem en tråd 4 og en plade 3, v.h.a. derimellem i det elektriske felt tilstedeværende ioner. Efter at en partikel på denne måde statisk oplades til positivt eller negativt potential, passerer den ind i udskillelsesdelen 2 og tiltrækkes der mod en jordforbundet plade, hvis partiklen er positivt ladet, og mod en plade med positivt potential, hvis partiklen er negativt ladet. Partiklerne samles således i udskillelsesdelen 2, som rengøres ved behov, og luft med betydeligt lavere partikelkoncentration end indkommende luft forlader filteret gennem udskillelsesdelens 2 bageste gavl.

Som nævnt ovenfor er der gjort omfattende forsøg på at øge elektorfiltres kapacitet. En forøgelse af feltstyrken får til følge, at risikoen for overslag mellem en tråd 4 og en plade 3 stiger. Ved ansamling af partikler og støv forøges denne risiko specielt i udskillelsesdelen, men også i opladningsdelen. Ved høj spænding sker der ofte overslag, hvilket har til følge, at ozon produceres, og dette er meget usundt. Endvidere opstår der en meget forstyrrende støj. Risikoen for antændelse forøges også.

En anden måde at øge effektiviteten er at forlænge udskillelsestrinnet. Dette giver imidlertid kun en mindre effektivitetsforøgelse, da kun ladede partikler opsamles, medens uladete partikler passerer.

Ved den foreliggende opfindelse fås en forøgelse af effektiviteten i sammenligning med eksisterende anordninger fra en værdi for udskillelsen på 50-60% af indkommende partikler til en værdi på op til 97%.

I den foreliggende opfindelse er en serie ens opladningsanordninger placeret efter hinanden i luftens strømningsretning. I figur 2 vises som eksempel tre opladningsenheder placeret ved siden af hinanden. Hver enhed består af tråde 4 opspændt i en ramme 5. Opladningsenhedernes antal kan til en vis grad varieres med hensyn til ønsket effektivitet. Minimum er to enheder og ved anvendelse af mere end fem enheder fås ingen nævneværdig effektivitetsforøgelse. Tre enheder garanterer, at nær ved 100% af indkommende partikler lades.

Ved opladning af partikler med en som ovenfor nævnte pulserende jævnspænding, som frembringer en ultrakorona, fremkommer denne kun når jævnspændingsniveauet ligger over en vis værdi. Dette indebærer, at indkommende partikler kun bliver ladet, når de passerer forbi en tråd, når jævnspændingsniveauet ligger over den værdi, ved hvilken korona dannes.

Hvis flere tråde placeres efter hinanden i opladningsdelen, kan effektiviteten forøges væsentligt ved korrekt dimensionering af antallet tråde og fremfor alt afstanden mellem disse.

Afstanden mellem trådene skal være sådan, at hvis en partikel ikke oplades ved den første tråd, så skal den oplades ved passage af en eller anden af de efterfølgende tråde.

Et interval for afstanden mellem to nærliggende tråde bestemmes ifølge nedenstående formel, hvor den optimale afstand er afhængig af antallet af tråde. Afstanden kan ikke vælges så lille somhelst, da en degenererende effekt på koronaen fås ved små afstande, dvs. der fås en lavere koronastrøm.

Hvis T betegner periodetiden for den pulserende jævnspænding, V partikelhastigheden, som er lig med lufthastigheden i filteret, n antallet af tråde og b afstanden mellem hver tråd 4 og omgivende plader 3, kan afstanden C mellem trådene bestemmes som

$$C = \frac{V \cdot T}{(n-k)}, \text{ hvor } k \text{ tilhører mængden } \{0, n-2\}$$

og hvor $2 \leq n \leq 5$.

Med hensyn til bl.a. aftagende koronastrøm har det gennem forsøg vist sig, at en passende afstand mellem trådene ligger inden for intervallet

$$0,6 \cdot b \leq C \leq 1,2 \cdot \frac{V \cdot T}{2}$$

En væsentligt forbedret effektivitet for opladningsdelen ifølge den foreliggende opfindelse fås, når trådene opvarmes. Opvarmningen af trådene giver en lavere luftdensitet i trådenes nærhed, hvorved flere ioner pr. tidsenhed kan kastes ud fra trådenes umiddelbare nærhed.

Ved denne opvarmning, en optimal indbyrdes placering af trådene og et optimalt antal rammer med tråde giver anordningen ifølge den foreliggende opfindelse opladning af næsten 100% af de indkommende partikler.

Ved at vælge udskillelsestrinnets 2 længde i forhold til påtrykt spænding og lufthastighed under den forudsætning, at næsten 100% af alle partikler er ladet, fås et elektrofilter med en næsten 100% udskillelseeffektivitet. Udskillelsestrinnets længde vælges passende til ca. 2-5 gange opladningstrinnets længde, fortrinsvis 3 gange.

Som nævnt ovenfor medfører overslag dannelse af ozon. I kendte elektrofiltre er hver af pladerne 3,6 i udskillelsestrinnet adskilt ved hjælp af isolatorer, som er placeret ensartet over pladernes overflade. Isolatorernes placering medfører, at støv samles herpå, hvorved overslag ved krybeudladning finder sted uden på isolatorerne. Risikoen for overslag indebærer, at en lavere spænding må anvendes. Endvidere forstyrres luftstrømmen på grund af ujævn turbulens, som skabes omkring hver isolator.

I den foreliggende opfindelse er pladerne 3,6 i udskillelsestrinnet 2 skilt fra hinanden og fastholdt parallelt i forhold til hinanden v.h.a. holdere 9,10, udført som stave af isolerende materiale, vist i figur 4 og figur 5, og forsynet med spor 11, i hvilke pladerne 3,6 er indstukket. Holderne er dels forbundet med en øverste og en nederste dækplade 17, dels forbundet med sideplader 18 for filteret. Dækpladerne er fortrinsvis udført i en pladetykkelse på 1-2 mm. Ved filterets bageste gavl findes dels en holder 9,12 i hvert hjørne, dels eventuelt en holder 13 på midten af gavlen. Hver plade 3,6 fastholdes i et spor 11 i holderne 10 på filterets langsider og i holderen 13 på filterets bageste gavl.

Hver af holderne 9, 12 på filterets bageste gavl fastholder kun de plader, som har samme elektriske potential. De hjørner 14 på pladerne 3,6, som ikke er beregnet til at fastholdes af den ene af de to bageste holdere 9,12, er bortklippet som vist i figur 7 og 8.

En elektrisk leder 15, 16, såsom et bånd af eksempelvis kobber eller aluminium, løber langs hver af holderne 9, 12 i hjørnerne

på en sådan måde, at lederen er nedbøjet i hvert spor 11. Dette medfører, at kun de plader 3, 6, som ikke har afklippede hjørner, kommer i kontakt med nævnte ledere 15, 16. Som det fremgår af figur 7, er pladerne 3, 6 med det ene elektriske potential således parallelkoblede med hinanden gennem lederen 16 i den ene holder 12, og pladerne 3, 6 med det andet elektriske potential er parallelkoblede med hinanden gennem lederen i den anden holder 9.

Tre elektriske potentialer, fortrinsvis to positive potentialer og jord, forekommer. Trådene 4 i de forskellige rammer 5 sluttet til hinanden og videre gennem en elektrisk leder til et ikke vist indkoblingssted i den bageste del af filteret. De plader 6, som skal sættes under spænding via den ene af de elektriske ledere 15, 16, fødes fra et andet koblingssted i den bageste del af filteret. Jordforbindelsen af plader 3 og plader 6 etableres ved hjælp af den anden af lederne 15, 16, som står i kontakt med den nederste og øverste dækplade 17, som jordforbindes via sit anlæg mod chassiet.

Hver ramme 5 til fastholdelse af trådene 4, er fremstillet af isolerende materiale, hvor siderne i rammen forsynes med spor 19, således at rammen kan skydes på de gennemgående plader 3, se figur 9. Rammens 5 sider er forsynet med gennemgående huller 20, i hvilke tråden 4 er ført. På rammens 5 udvendige sider 21 er spor 22 anbragt, som forbinder hullerne, og i hvilke tråden placeres, således at denne beskyttes mod ydre påvirkning, se figur 10.

Fastholdelse af pladerne 3, 6 i deres yderkanter som beskrevet ovenfor medfører store fordele. En fordel er, at risikoen for gennemslag af spændingen mellem to plader formindskes, da der ikke er nogen krybestrømme langs isolatorer. For at yderligere forøge isolationsevnen i filteret ifølge den foreliggende opfindelse mellem pladerne 3, 6 i sporene 11, kan den fremstående del mellem sporene 11 udformes kileformet et stykke ind imellem nærliggende plader for at øge strækningen for krybestrømme. Et mindre antal gennemslag giver lavere ozonproduktion. En anden fordel derved er også, at spændingen mellem to nærliggende plader 3, 6 kan øges i sammenligning med, om mellemliggende isolatorer forefindes, hvilket øger udskillelsestrinnets effektivitet. Endvidere forstyrres luftstrømmen ikke af mellem pladerne tilstedeværende isolatorer, hvorfor luftstrømmen bliver laminar ved meget lave strømningshastigheder og jævnt turbulerende ved højere strømningshastigheder. Dette begunstiger en jævn afsætning af partikler på pladerne 3, 6. Yderligere fordele er, at fremstilling af filteret og rengøring af udskillelsestrinnet lettes betydeligt.

PATENTKRAV

1. Elektrofilter til luftrensning omfattende en opladningsdel, en udskillelsesdel og et spændingsforsynende organ, hvor opladningsdelen indeholder tråde beliggende mellem indbyrdes parallelle plader, og hvor trådene har et andet elektrisk potential end pladerne, og hvor udskillelsesdelen indeholder indbyrdes parallelle plader, hvor hver af pladerne har et andet elektrisk potential end nærliggende plader, samt hvor opladningsdelen (1) omfatter to eller flere tråde (4) mellem hvert par af plader (3), KENDETEGNET ved, AT den indbyrdes afstand C mellem to eller flere tråde (4) beliggende mellem to af de indbyrdes parallelle plader (3) ligger inden for intervallet, der beskrives af formlen $C = \frac{V \cdot T}{(n-k)}$, hvor k tilhører mængden $\{0, n-2\}$, og hvor V betegner partikelhastigheden, T betegner periodetiden for en af det spændingsforsynende organ frembragt varierende jævnspænding, og hvor n er antallet af tråde, og AT afstanden C fortrinsvis vælges inden for intervallet $0,6 \cdot b \leq C \leq 1,2 \cdot \frac{V \cdot T}{2}$, hvor b betegner afstanden mellem de to indbyrdes parallelle plader (3).

2. Elektrofilter ifølge krav 1, KENDETEGNET ved, AT hver tråd (4) er indrettet til at opvarmes for at formindske den i trådenes omgivelser tilstedeværende lufts densitet, hvilket giver en højere ionproduktion fra trådens umiddelbare nærhed.

3. Elektrofilter ifølge krav 1 eller 2, KENDETEGNET ved, AT antallet af tråde (4) mellem to indbyrdes parallelle plader (3) er 2-5 stk., fortrinsvis 3 stk., og AT udskillelsesdelens (2) længde er 2-5 gange opladningsdelens (1) længde, fortrinsvis 3 gange.

4. Elektrofilter ifølge krav 1, 2 eller 3, KENDETEGNET ved, AT afstanden mellem pladerne (3, 6) i udskillelsesdelen (2) er indrettet således, at den kritiske spænding for overslag mellem to nærliggende plader (3, 6) i udskillelsesdelen (2) er den samme som mellem en tråd (4) og nærliggende plader (3) i opladningsdelen (1).

5. Elektrofilter ifølge ethvert af kravene 1-4, KENDETEGNET ved, AT rammer (5) er tilvejebragt, i hvilke nævnte tråde (4) er opspændt, hvorved hver ramme (5) omfatter en kolonne af tråde (4) vinkelret på pladernes (3) længdeudstrækning, og hvor der for hver tråd er boret et gennemgående hul i rammen (5), hvorved kolonnen af tråde (4) er dannet af én tråd (4), som løber skiftevis mellem to plader (3) og skiftevis på rammens (5) yderside.

6. Elektrofilter ifølge et hvilket som helst af kravene 1-8, KENDETEGNET ved, AT fastholdelsesorganer (9, 10, 12, 13) for pladerne er udført som stave og forsynet med spor (11), i hvilke pladerne (3, 6) er indstukket, idet fastholdelsesorganerne (9, 10, 12 13) er anbragt ved pladernes (3, 6) kanter.

7. Elektrofilter ifølge et hvilket som helst af kravene 1-9, KENDETEGNET ved, AT elektriske ledere (15, 16), eksempelvis i form af bånd, strækker sig langs to af fastholdelsesorganerne (9, 12) og er indbøjet i nævnte spor (11), og AT hver plade (3, 6) har et af de længst fra opladningsdelen (1) tilstedeværende hjørner (14) afklippet, idet det ene hjørne er afklippet fra de plader (3, 6), som har det ene elektriske potential, mens det andet modstående hjørne er afklippet fra de plader (3, 6), som har det andet elektriske potential, og AT de ikke afklippede hjørner er indstukket i spor (11) i et af de med elektriske ledere forsynede fastholdelsesorganer (9, 12), mens de hjørner (14), som er afklippet, ikke berører nogen af de sidstnævnte fastholdelsesorganer (9, 12).

Fremdragne publikationer:

US patenter nr. 2639781, 3026964.

Fig. 1

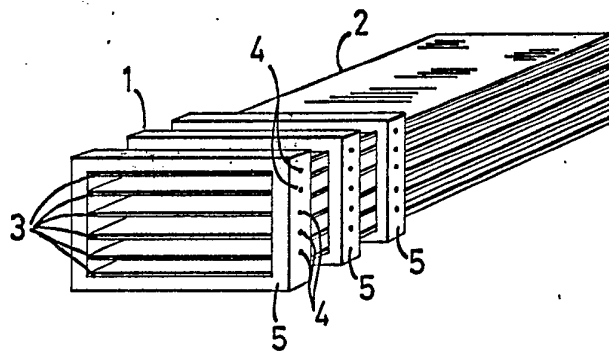


Fig. 2

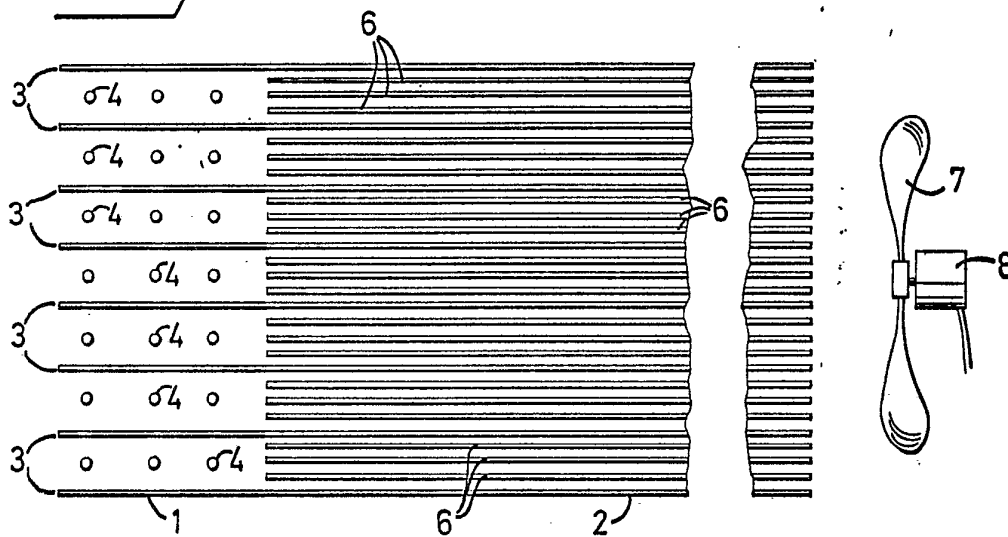


Fig. 3

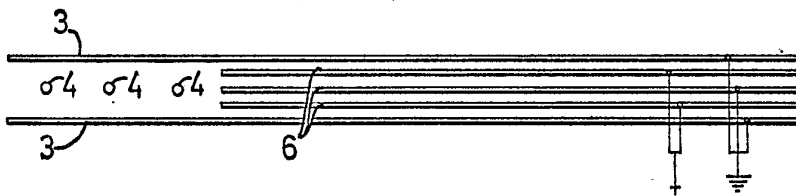
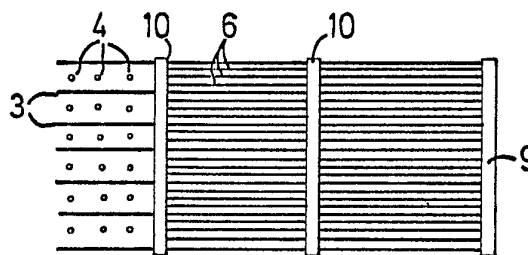


Fig. 4



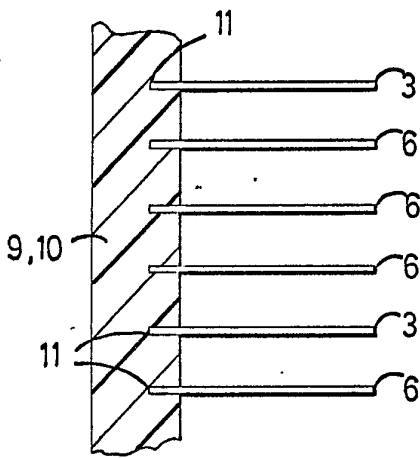


Fig. 5

Fig. 6

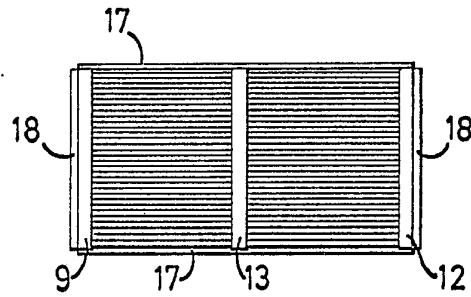


Fig. 7

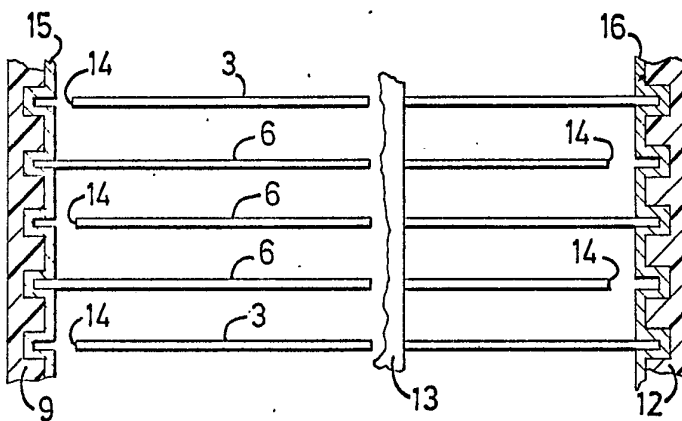


Fig. 8

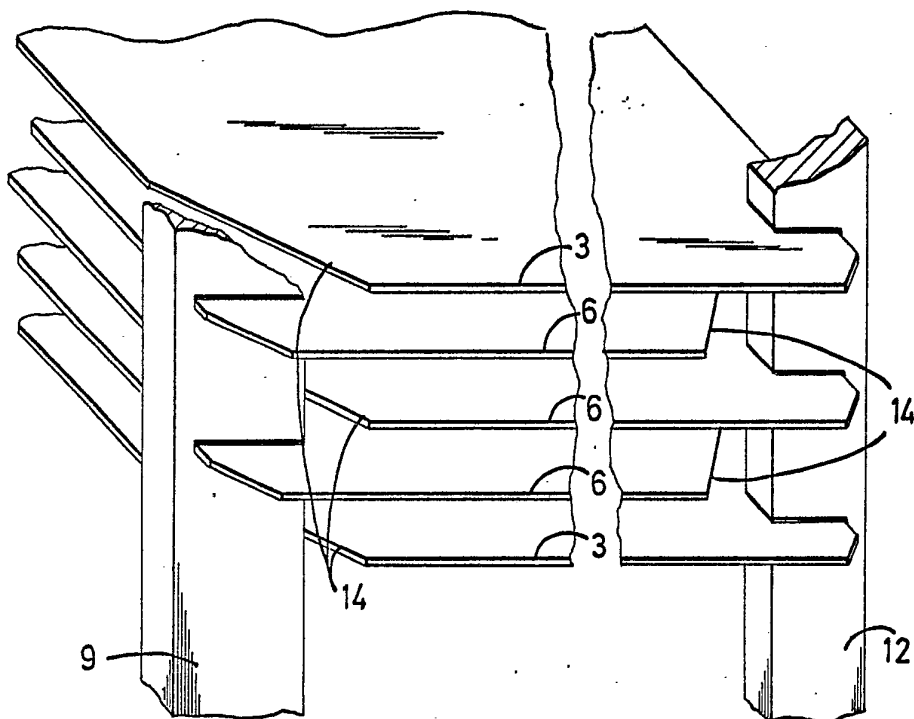


Fig. 9

Fig. 10

