



(10) **DE 10 2021 000 670 A1** 2022.08.11

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 000 670.4**

(22) Anmeldetag: **09.02.2021**

(43) Offenlegungstag: **11.08.2022**

(51) Int Cl.: **G10K 11/172** (2006.01)

G10K 11/16 (2006.01)

F24F 13/24 (2006.01)

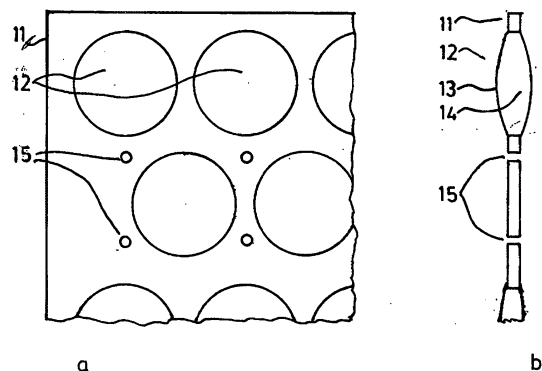
(71) Anmelder:
**Tollkühn, Thilo, Dipl.-Forstwirt, 78355 Hohenfels,
DE**

(72) Erfinder:
**Bschorr, Oskar, Dr., 81679 München, DE; Tollkühn,
Thilo, Dipl.-Forstwirt, 78355 Hohenfels, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Paneele zur Schalldämpfung und zur Schalldämmung**

(57) Zusammenfassung: Aufgabe sind dünnwandige, selbsttragende Paneele zur Dämpfung und Dämmung von Schall z.B. in Klimaanlage, bei Absorptionsdecken, Trennwänden und Akustikaggregaten. In die Paneele sind als akustisch wirksame Elemente Silatoren und Perforationen integriert. Bei Silatoren handelt es sich um volumenändernde Resonatoren, die bei ihrer Resonanzfrequenz ein Impedanzminimum aufweisen, eine Fernwirkung besitzen und so dämpfend und/oder dämmend auf den Luftschall einwirken. Bei unterschiedlichen Schallfeldern an Vorder- und Rückseite eines Paneels bewirken die Perforationen ebenfalls eine Schallreduktion. Während sich beim reinen Perforationsdämpfer funktionsbedingt die vorder- und rückseitigen Druckfelder angleichen und so wirkungslos werden, heben die Silatoren den Druckausgleich wieder auf und gewährleisten so eine optimale Perforationsdämpfung. - Die Paneele haben eine glatte, metallische Oberfläche und bieten so weniger Ansatz für Pilz- und Keimbiothope. Eine weitere Eigenschaft ist die einfache und leichte Montierbarkeit um sowohl im aus- als auch im eingebautem Zustand die Paneele reinigen und desinfizieren zu können.



Beschreibung

[0001] Aufgabe sind dünnwandige, selbsttragende Paneele mit glatter Oberfläche zur Dämpfung und Dämmung von Schall, vorzugsweise zur Lärmreduktion in Klimaanlage, Lüftungen und durchströmten Kanälen. Die glatte Paneeleoberfläche reduziert die Verschmutzung und ermöglicht deren Reinigung und Desinfizierung.

[0002] Stand der Technik sind Absorptionsschalldämpfer, bestehend aus faserigen oder offenporigen Absorptionsstoffen z.B. aus Steinwolle, die in die Führungskanäle eingebracht werden. Um eine Dämpfung auch im unteren Frequenzbereich zu erhalten, sind Kulissenpakete mit großer Bautiefe und einem entsprechend großen Platzbedarf notwendig. Die Absorptionsstoffe haben zwar einen Schutzüberzug aus Kunststofffolien, der um die Dämpfung nicht zu verschlechtern möglichst dünn ist. Bei einer Verletzung oder bei Versprödung lagern sich an den Absorptionsstoffen Staub und Feuchtigkeit an und bilden so einen idealen Nährboden für Pilze und Bakterien. Gerade in Krankenhäusern ist die Infektion über die Klimaluft ein großer Gefahrenherd. Eine Desinfektion ist an den sperrigen, empfindlichen und schwer zugänglichen Absorptionsschalldämpfer praktisch nicht möglich.

[0003] Aufgabe sind dünnwandige, selbsttragende Paneele zur Dämpfung und Dämmung von Schall, die eine glatte, metallische oder keramische Oberfläche haben, die a priori weniger Ansatz für Pilz- und Keimbiothope bieten. Eine weitere Aufgabe ist die einfache und leichte Montierbarkeit um sowohl im aus- als auch im eingebautem Zustand die Paneele reinigen und desinfizieren zu können.

[0004] Nach dem Hauptmerkmal sind in die Paneele als akustisch wirksame Elemente Silatoren und Perforationen integriert. Silatoren sind aus DE 2 632 290 und 2 834 823 bekannt. Hierbei handelt es sich um volumenändernde Resonatoren, die bei ihrer Resonanzfrequenz ein Impedanzminimum aufweisen und so dämpfend oder dämmend auf den Luftschall - und auch auf den Schall in Gasen und Fluiden - einwirken. Bei unterschiedlichen Schallfeldern auf Vorder- und Rückseite der Paneele kommt die Dämpfung der Perforationen zur Wirkung. Während sich beim reinen Perforationsdämpfer funktionsbedingt die vorder- und rückseitigen Druckfelder angleichen und so wirkungslos werden, heben die Silatoren den Druckausgleich wieder auf und gewährleisten so eine optimale Perforationsdämpfung. Dazu ist es vorteilhaft die Paneele beidseitig mit Silatoren und mit unterschiedlichen Resonanzfrequenzen zu belegen.

[0005] Nach einem weiteren Merkmal wird die Fertigungstoleranz der Silatoren so eingestellt, dass

deren Resonanzfrequenzen ohne weiteres Zutun statistisch über den geforderten Frequenzbereich streuen.

[0006] Nach einem weiteren Merkmal sind die Silatoren für extrem niederfrequenten Einsatz so eingestellt, dass sie einen minimalen Durchschlageffekt mit einer negativen Federkonstante am Wendepunkt der Druck/Weg-Kennlinie aufweisen.

[0007] Nach einem weiteren Merkmal wird das statische Druckniveau in Strömungskanälen mit dazu benützt, die druckabhängigen Resonanzfrequenzen der Silatoren global zu steuern und den gegebenen Betriebsbedingungen anzupassen.

[0008] Die Beschreibung vereinfacht sich, wenn vorab die Bezeichnungen mit zweistelligen Bezugsnummern vereinbart werden. Die 1. Ziffer bezieht sich auf die Figurennummer X der Ausführung, während die Endziffern jeweils gleichartige Komponenten bezeichnen:

X0 : Gesamtanlage X1 : Paneel

X2 : Silator X3 : Silatorwandung
(=Resonatorelement)

X4 : Silatorvolumen X5 : Perforation

X6 : Paneelverbund, -anordnung X7 : Zusatz für ein Paneel

X8, X9 : Sonderteile: Befestigungen, Verstärkungen, Montageteile.

[0009] Grundlage sind flächenförmige Paneele X1 mit einer glatten, schmutzabweisenden, vorzugsweise aus Metall, Glas, Keramik bestehenden Oberfläche. Die Paneele X1 sind selbsttragend oder durch Versteifungen montagefest. Länge und Breite der Paneele X1 sind als Halbzeug zweckmäßigerweise genormt, können zu größeren Einheiten zusammengefügt werden und auch vor Ort entlang von Schnittlinien oder auch frei zugeschnitten werden. In die Paneele X1 integriert sind die akustisch wirksamen Silatoren X2 und die Perforationen X5. Beim Silator X2 handelt es sich um einen volumenändernden Resonator, bestehend aus einem evakuierten, flachen Volumen X4 umschlossen von zwei linsenförmig gewölbten Wandungsblechen X3, z.B. Aluminium. Aufbau und Wirkungsweise der als Resonatorelemente wirkenden Silatoren sind in DE 2 623 290 beschrieben. Auch die Wirkungsweise einer Perforation X5 ist bekannt: Bei unterschiedlichen Schallfeldern an den beiden Perforationsöffnungen wird eine Luftströmung in der Perforation X5 induziert, die je nach Auslegung eine akustisch

resistive oder auch reaktive Charakteristik hat. Die Ziffer X6 ist für aus den Paneelen XI kombinierte Akustikelemente reserviert, z.B. $\lambda/4$ -Absorber, Vorsatzschale, Trennwand, Absorberstäbe, Helmholtz- oder λ/n -Resonatoren. Unter der Ziffer 7 sind weitere Paneelzusätze zusammengefasst, wie Halterungen, Versteifungen, Verstrebungen, auch wenn diese bildlich nicht besonders dargestellt sind. Die Endziffern X8 und X9 sind für Sonderteile reserviert.

[0010] Der Erfindungsgegenstand ist anhand mehrerer Ausführungsbeispiele weiter spezifiziert. Es zeigen

Fig. 1 Aufbau eines Paneels bestehend aus Silatoren und Perforationen. **Fig. 2** bis **Fig. 7**: Aus Paneelen gebildete Akustikaggregate.

Fig. 2 Aus Paneelen gebildeter $\lambda/4$ -Keilabsorber.

Fig. 3 Paneele als Vorsatzschale.

Fig. 4 Paneele als Trennwand.

Fig. 5 Paneele als Eckenabsorber.

Fig. 6 Aus Paneelen gebildeter Helmholtz-Resonator.

Fig. 7 Aus Paneelen gebildetes Absorberrohr. **Fig. 8** bis **Fig. 15**: Paneele zur Lärmreduktion in durchströmten Kanälen.

Fig. 8 Paneelschalldämpfers einer Klimaanlage.

Fig. 9 Klimakanal mit als $\lambda/4$ -Absorber wirkendem Paneelschalldämpfer.

Fig. 10 Paneelschalldämpfer in Kanalwand integriert.

Fig. 11 Schalldämpfer mit Absorberrohr.

Fig. 12 Schalldämpfer mit schräg angestellten Paneelen.

Fig. 13 Geknickter Lüftungskanal mit Paneelschalldämpfer.

Fig. 14 Lüftungskanal mit vorgebautem Paneelschalldämpfer.

Fig. 15 Lüftungskanal mit vorgebautem Paneelschalldämpfer.

[0011] In **Fig. 1a** und **Fig. 1b** sind Draufsicht und Querschnitt durch ein doppelseitig wirkendes Paneel 11 dargestellt. Geometrisch handelt es sich dabei um dünnwandige Platten vorzugsweise in genormter Rechteckgröße, die als Halbzeug zugeschnitten oder zu größeren Verbunden zusammengefügt werden können. In das Paneel 11 sind Silatoren 12 und Perforationen 15 integriert. Die Silatoren 12 umfassen ein von den Silatorwandungen 13 eingeschlossenen Vakuumraum 14. Die einzelnen Silatoren 12 des Paneels 11 sind auf unterschiedliche Resonanz-

frequenzen abgestimmt. Bei Resonanz hat ein Silator 12 einen Impedanzeinbruch und wirkt je nach Dimensionierung als akustisches Dämpfungs- oder Dämpfungselement. Liegen an den beiden Öffnungen einer Perforation 15 unterschiedliche Schalldrücke an, so kommt es bei resistiver Auslegung der Perforation 15 zu einer breitbandigen Schalldämpfung. - Das Paneel 11 mit dem Querschnitt **Fig. 1c** wirkt gegenüber **Fig. 1b** akustisch halbseitig und ist einseitig mit Silatoren 12, wieder bestehend aus Wandung 13 und Vakuumraum 14 und mit Perforationen 15 bestückt. Den Abschluss bildet hier eine Platte 17. Die akustische Wirkungsweise ist analog zu **Fig. 1a/b**.

[0012] In den **Fig. 2** bis **Fig. 7** sind mit den in **Fig. 1** beschriebenen Paneelen Schallschutzelemente realisiert um eine zusätzliche, emergente Schallwirkung zu nutzen. Mit Ausnahme in **Fig. 3** wurde in den Ausführungsbeispielen darauf verzichtet, den inneren Aufbau der Paneele mit Silatoren und Perforationen wiederzugeben. In **Fig. 2** ist aus den Paneelen 21 ein Keilabsorber gebildet. Diese Anordnung substituiert die bekannten, aus Steinwolle gebildeten $\lambda/4$ -Absorber. Vor einer Wand 28 angeordnet, lässt sich damit ein schalltoter - reflexionsfreier - Raum verwirklichen. In **Fig. 3** wirkt ein Paneel 31 mit den Silatoren 32 und den Perforationen 35 vor einer Wand 38 als sog. Vorsatzschale. Vorteilhaft ist, dass durch die tieffrequent wirkenden Silatoren gerade der kritische untere Frequenzbereich gedämmt wird und dass der Zwischenraum zwischen Wand 38 und Paneel 31 sehr viel kleiner gemacht und leichter gebaut werden kann, als bei einer konventionellen Vorsatzschale. In **Fig. 4** ist eine Trenn- oder Stellwand in Form eines Paneels 41 realisiert. In **Fig. 5** sind Paneele 51 in den Ecken eines Raumes 58 angeordnet. Die Trichterwirkung in einer Raumecke vervielfacht die Dämpfung der Paneele 51. In der **Fig. 6** ist ein Helmholtz-Resonator 66 aus Paneelen 61 zusammengebaut. In gleicher Weise sind damit einzelne oder zu Batterien integrierte $\lambda/4$ - oder $\lambda/2$ -Resonatoren zu realisieren. In **Fig. 7** ist ein rohrförmiger Stababsorber 76 aus Paneelen 71 gebildet. Der Innenraum des Absorberstabes 76 kann zusätzlich in periodischen Intervallen mit Heißluft oder Heißdampf zur Reinigung und Desinfektion geflutet werden. Ein permanenter Überdruck im Absorberstab 76 verringert das Zusetzen der hier nicht explizit dargestellten Perforationen in den Paneelen 71.

[0013] Die Ausführungen der **Fig. 8** bis **Fig. 15** betreffen die Lärmreduktion mit Paneelen in Klima-, Lüftungs- und Abgaskanälen. Der Einfachheit halber sind auch hier mit Ausnahme in **Fig. 11** die Paneele ohne Wiedergabe der Silatoren und Perforationen schematisiert. In dem Klimakanal 80 mit den Kanalwänden 88 nach **Fig. 8** befinden sich mehrere parallel zur Kanalströmung angebrachte Paneele 81. Bei dieser Anordnung wird besonders an die eingangs

begründeten unterschiedlichen Silatorresonanzen erinnert. In **Fig. 9** enthält der Kanal 90 mit den Wänden 96 aus Paneelen 91 gebildete $\lambda/4$ -Resonatoren 96. Durch den fast-parallelen Einfall der Schallwellen wirken die $\lambda/4$ -Resonatoren 96 auch im schwer zu dämpfenden langwelligen Spektrum. Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 10** befinden sich im Inneren eines Kanals 100 mit den Wandungen 108 ein oder mehrere Absorberstäbe 106. Zur Erhöhung der Dämpfung und der Inkohärenz kann im Absorberstab 106 ein zusätzlicher Absorberstab eingebracht sein. Zusätzlich zu den in **Fig. 7** genannten Funktionen der Absorberstäbe 106 können zur Reinigung und Desinfektion leicht aus- und eingebaut werden. In **Fig. 11** wird der zu dämpfende Kanal 110 direkt aus Paneelen 111 hergestellt. Diese Paneele 111 sind zweckmäßigerweise entsprechend der **Fig. 1c** halbseitig mit Silatoren 112 belegt. Da in Klimakanälen nur ein geringer Überdruck herrscht, kann der Luftverlust durch die Perforationen 115 der Paneele 101 vernachlässigt werden. Bei einer solchen Auslegung ist die Inkohärenzbedingung der Perforationen a priori erfüllt. In **Fig. 12** sind in einem Strömungskanal 120 mehrere, gegeneinander geneigte Paneele 121 eingefügt. Diese Anordnung hebt die natürliche Kohärenz der Schallfelder an den Perforationsöffnungen auf und aktiviert insofern die Perforationsdämpfung, bewirkt aber einen Strömungswiderstand. Mit drehbaren Paneelen 121 kann so der Druck im Strömungskanal 120 gesteuert werden. Dies ist insofern von Vorteil, um die druckabhängigen Resonanzfrequenzen der Silatoren zu trimmen. Bei einem geknickten Kanal 130 nach **Fig. 13** ist es vorteilhaft an den Knickstellen $\lambda/4$ -Resonatoren 136 anzubringen. Die Ausführungsbeispiele der **Fig. 14** und **Fig. 15** betreffen Klimakanäle 140 und 150, an deren Austrittsöffnung 148 und 158 Paneele 141 und 151 angebracht sind. Während in den Ausführungsbeispielen der **Fig. 8** bis **Fig. 13** die Paneele auf Schalldämpfung ausgelegt sind, werden wegen der kürzeren Baulänge die Paneele 141 und 151 auf Schalldämmung aktiviert und dienen gleichzeitig zur Lenkung der Ausflusstömung. Diese Anordnung erlaubt eine leichte Montage bzw. Zugänglichkeit und ermöglicht damit die Reinigung und Desinfizierung der Paneele 141 und 151.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- DE 2632290 [0004]
- DE 2834823 [0004]
- DE 2623290 [0009]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Dämpfung und Dämmung von Schall, **dadurch gekennzeichnet**, dass in flächenförmige, dünnwandige Paneele mit glatter, schmutzabweisender Oberfläche aus Metall, Keramik, Glas halb- oder beidseitig Silatoren und durchgehende Perforationen integriert sind und dass bei beidseitiger Belegung der Paneele mit Silatoren die Resonanzfrequenzen örtlich benachbarter Silatoren verschieden sind, um die für die Perforationsdämpfung notwendige Inkohärenz zu erhöhen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Resonanzfrequenzen der Silatoren durch die Fertigungsstreuung auf den gewünschten Frequenzbereich abgestimmt sind.

3. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass für tieffrequenten Einsatz die Druck/Weg-Kennlinie der Silatoren am charakteristischen Wendepunkt schwach negativ eingestellt ist.

4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Paneele 21 zu $\lambda/4$ -Schallabsorbern 26 zusammen geschaltet sind, dass die Paneele 51 zur Bedämpfung von Räumen in den Raumecken angebracht sind und dass die Paneele als Vorsatzschale 31 und/oder als Trennwand 41 ausgebildet sind.

5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den Paneelen 61 Helmholtz- oder $\lambda/4$ -Resonatoren 66 in Einzel- oder Batterieanordnung gebildet werden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den Paneelen rohrförmige, lang gestreckte, eigensteife Absorberstäbe 76, 106 gebildet werden und dass mit Dampf oder Heißluft im Innenkanal die Paneel-Perforationen gereinigt und die Absorberstäbe 76, 106 desinfiziert werden.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine oder mehrere Seiten eines Kanals 90 mit aus Paneelen gebildeten $\lambda/4$ -Absorberflächen 96 belegt sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandungen eines Strömungskanals 110 aus einseitig mit Silatoren 112 belegten Paneelen 111 gebildet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Strömungskanal 120 schräg angestellte, drehbare Paneele 121 ein-

gebracht sind, um den Innendruck und damit den optimalen Arbeitsdruck der Silatoren einzustellen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass Paneele 141, 151 an der Austrittsöffnung von Klimaanlage angebracht sind, so dass sie für eine Reinigung und Desinfizierung leicht zugänglich und demontierbar sind und gleichzeitig zur Strömungslenkung genutzt werden.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

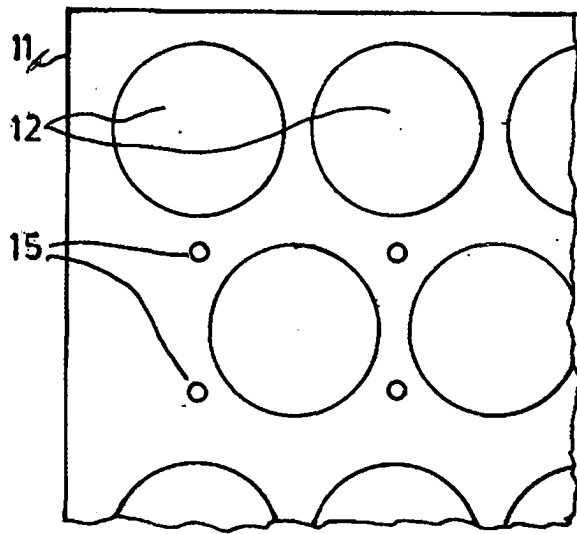


Fig. 1a

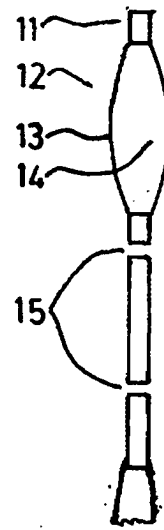


Fig. 1b

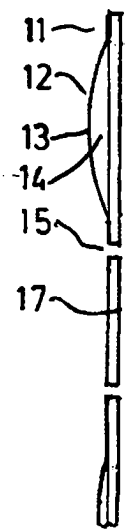


Fig. 1c

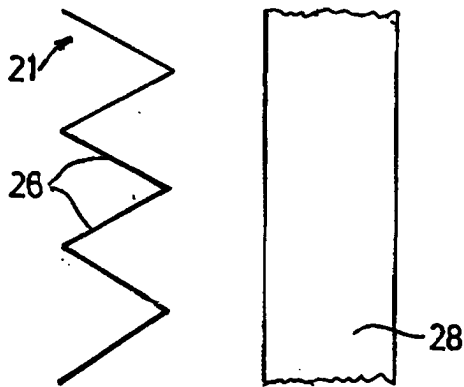


Fig. 2

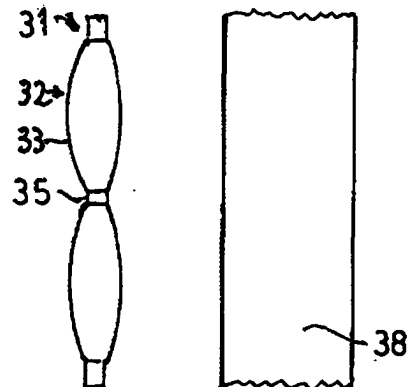


Fig. 3

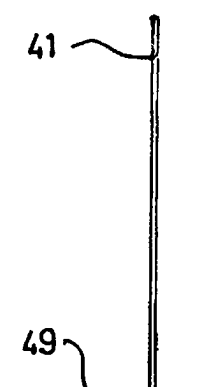


Fig. 4

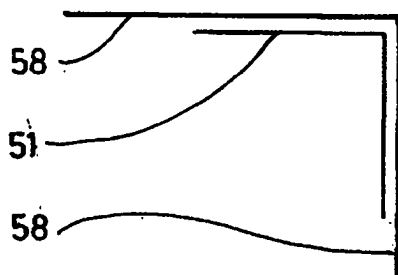


Fig. 5

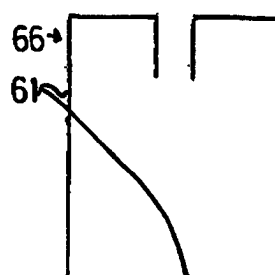


Fig. 6

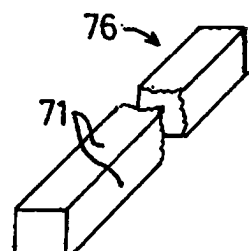


Fig. 7

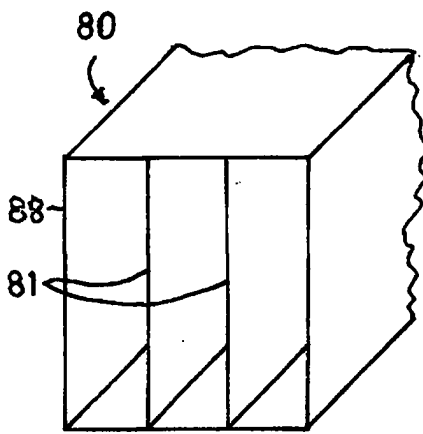


Fig. 8

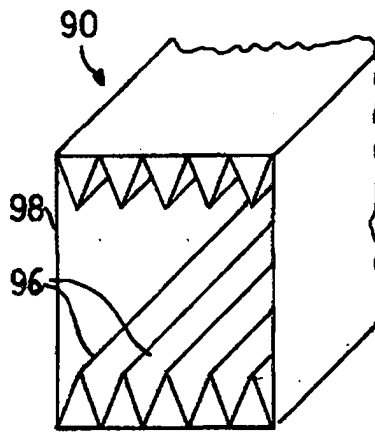


Fig. 9

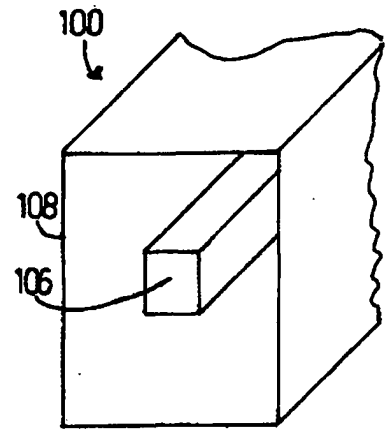


Fig. 10

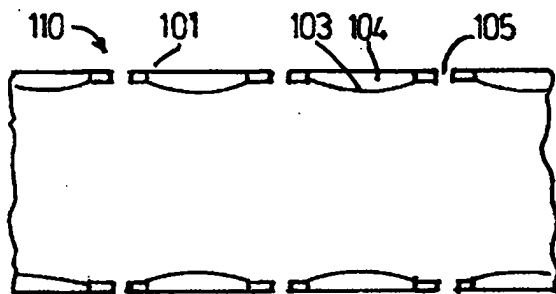


Fig. 11

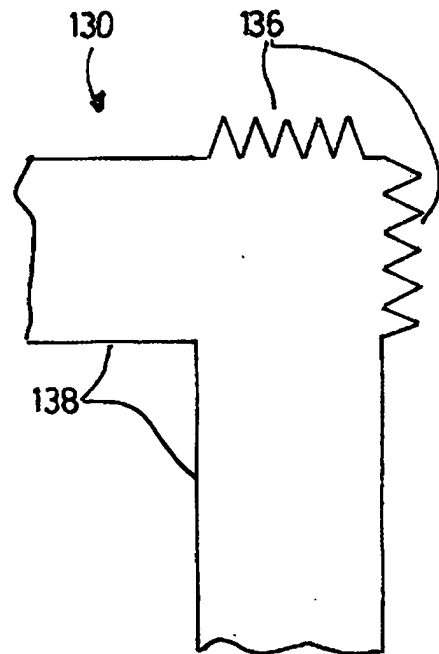


Fig. 13

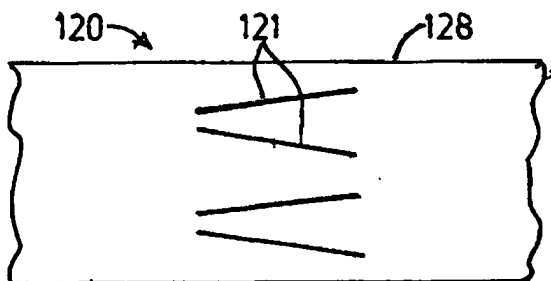


Fig. 12

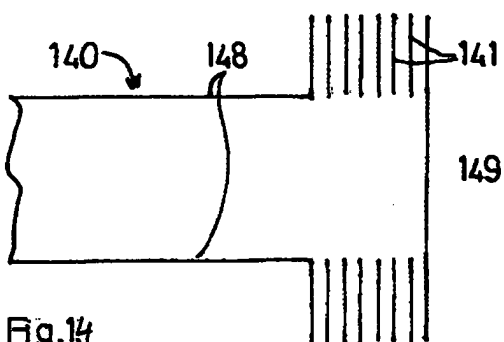


Fig. 14

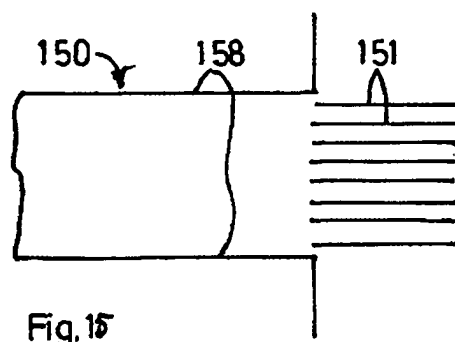


Fig. 15