



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 690 143 A5

51 Int. Cl.⁷: G 10 K 011/175
B 60 R 013/08**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 00226/95

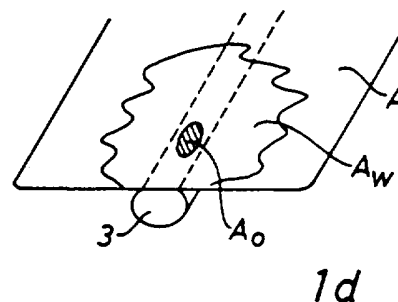
22 Anmeldungsdatum: 27.01.1995

24 Patent erteilt: 15.05.2000

45 Patentschrift
veröffentlicht: 15.05.200073 Inhaber:
Rieter Automotive (International) AG,
Seestrasse 45,
8702 Zollikon (CH)72 Erfinder:
van Ligten, Robert H., Lugano (CH)74 Vertreter:
Ritscher & Seifert Patentanwälte VSP,
Kreuzstrasse 82, 8032 Zürich (CH)

54 Lambda/4-Schallabsorber.

57 Schallabsorber aus einer Vielzahl röhrenförmiger Resonatoren 3, deren Schallöffnungen A_o an eine gemeinsame Fläche A angrenzen und derart verteilt sind, dass die Wechselwirkungszone A_w dieser einzelnen Schallöffnungen A_o möglichst flächendeckend verteilt sind und gleichzeitig nicht wesentlich überlappen.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Schallabsorber gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1 und insbesondere einen Schallabsorber für Fahrzeuge aus mehreren röhrenförmigen Resonatoren, vorzugsweise mit unterschiedlicher Länge.

Es ist das Bestreben der modernen Automobilindustrie, die von den Fahrzeugen erzeugten Geräusche zu verringern oder ganz zu eliminieren. Zur Schallabsorption werden heute im Wesentlichen Matten aus Faserdämmstoffen oder offenporigen Schäumen verwendet, die um die Lärmquellen oder in deren unmittelbaren Umgebung montiert werden. Die Verwendung solcher offenporiger Schallabsorber im Motorraum, wie bspw. in der DE 3 428 157 beschrieben, erweist sich jedoch als problematisch, weil diese mit Öl, Wasser, Staub und anderen Verunreinigungen verschmutzen und dadurch in ihrer akustischen Wirkung rasch nachlassen.

Es ist deshalb bspw. mit der DE 4 011 705, der DE 4 241 518 oder der DE 4 305 281 auch schon vorgeschlagen worden, eine öl- und wasserbeständige Anordnung aus einer Vielzahl von Helmholtzresonatoren vorzusehen. Diese bekannten Anordnungen bestehen aus kästchenförmigen Hohlkörpern, welche ein Loch oder einen Hals aufweisen. Das Volumen der Hohlkörper zusammen mit der Dimension des Loches oder Halses bestimmen die Resonanzfrequenz des Absorbers. Diese bekannten Anordnungen werden im Wesentlichen für einen Frequenzbereich von 1 bis 2 kHz ausgelegt und können an der Motorhaube, im Radkasten oder auf der Bodenwanne montiert werden.

Ausserdem beanspruchen diese Anordnungen unerwünscht viel Raum, d.h. können bei knappen Platzverhältnissen nicht eingesetzt werden.

Im praktischen Einsatz dieser Art von Absorbern müssen die Wandungen der kästchenförmigen Hohlkörper leichtgewichtig, d.h. sehr dünn gebaut sein. Diese dünnwandigen Hohlkörper neigen aber dazu, sich durch die Schalldruckschwankungen zu verformen und damit den Qualitätsfaktor des Resonators zu beschränken. Da der Qualitätsfaktor den Wirkungsgrad der Absorber wesentlich mitbestimmt, muss mit der Leichtbauweise immer auch eine Minderung der akustischen Wirksamkeit dieser Absorber in Kauf genommen werden.

Die akustische Wirksamkeit dieser Absorber ist grundsätzlich begrenzt, weil die Anzahl der schallaufnehmenden Öffnungen durch die geometrische Ausdehnung der einzelnen Hohlkörper beschränkt wird. Typischerweise weisen diese Hohlkörper eine Grundfläche von $15 \times 15 \text{ mm}^2$ bis $60 \times 60 \text{ mm}^2$ auf, bei einer Bauhöhe von 5 bis 25 mm und einem Lochdurchmesser von 4 bis 11 mm. Damit wird deutlich, dass diese Helmholtzresonatoren nur in beschränktem Masse an das störende Schallfeld ankoppeln können, da bei deren flächendeckenden Verwendung, die dem Qualitätsfaktor Q proportionale, schallaufnehmende Öffnungsfläche maximal nur 2.5% bis 4% der beschallten Gesamtfläche betragen kann.

Ausserdem sind beim Einbau der beschriebenen Helmholtzabsorber auf eine Fahrzeug-Bodenwanne

die Öffnungen nach oben gerichtet und können sich deshalb die Hohlräume leicht mit Feuchtigkeit und Schmutz füllen, was wieder die Schallabsorption beeinträchtigt.

Aus der DE 3 913 347 ist auch ein Isolierteil bekannt, welches eine Vielzahl dicht nebeneinander angeordneter, zellenartiger Hohlräume aufweist, die nach einer Seite offen sind. Mit diesem Isolierteil wird die Energie des auftretenden Schallfeldes im Wesentlichen durch irreguläre Reflexionen, Absorption im Material und Interferenzeffekte dissipiert.

Auch diese Isolierteile eignen sich nur beschränkt für den Einsatz im Automobilbau, insbesondere weil sie leicht verschmutzen und wegen ihrer mangelnden Eigenstabilität rasch verschleissen.

Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Schallabsorber zu schaffen, der die Nachteile bekannter Absorber überwindet und insbesondere einen raumsparenden Schallabsorber zu schaffen, der eine verbesserte Schallabsorption aufweist, welche auch bei einer leichtgewichtigen Bauweise und in einer stark verschmutzenden Umgebung wirksam bleibt.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch einen Schallabsorber mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, d.h. mit einem Schallabsorber aus mehreren röhrenförmigen Resonatoren, vorzugsweise mit unterschiedlicher Länge, deren mindestens eine Schallöffnung an eine schallreflektierende Fläche angrenzt. Dabei können die röhrenförmigen Resonatoren eine beliebige Lage zur schallreflektierenden Fläche einnehmen, insbesondere können die Resonatoren auch auf dieser Fläche aufliegen.

Fällt eine Schallwellenfront auf eine schallreflektierende Fläche, bildet sich ein Schalldruckmaximum direkt vor dieser Fläche. Dieses Schalldruckmaximum entsteht aus der Überlagerung der einfallenden und reflektierten Welle an dieser Stelle. Bei der erfindungsgemässen Anordnung wird die Mündung eines Röhrchens, unmittelbar an eine solche schallreflektierende Fläche gelegt. Damit läuft die einfallende Schallwelle in das Röhrchen hinein, wird an dessen Ende reflektiert, und läuft zur Mündungsöffnung zurück. Schallwellen, deren Wellenlänge das 4fache der Länge des Röhrchens betragen, erscheinen an der Mündungsöffnung mit einer Phasenverschiebung von einer halben Wellenlänge. Dies führt zu einer destruktiven Interferenz mit der im Mündungsbereich des Röhrchens reflektierten Welle gleicher Wellenlänge, da die im Röhrchen erzeugte stehende Welle ihr Schalldruckminimum an der Mündungsöffnung aufweist, während die im Mündungsbereich reflektierte Welle dort ihr Schalldruckmaximum aufweist. Damit wird im Mündungsbereich ein starkes Schalldruckgefälle erzeugt, welches lokal zu hohen Luftströmungsgeschwindigkeiten und damit zur gewünschten Dissipation akustischer Energie beiträgt.

Aus diesem Verständnis wird deutlich, dass die $\lambda/4$ -Röhrchen in jeder beliebigen Richtung angeordnet sein können und auch nicht notwendigerweise einen geradlinigen Verlauf aufweisen müssen. Ebenso kann der Querschnitt dieser Röhrchen eine beliebige Form haben. Es versteht sich für den

Fachmann, die Länge der Röhren den gewählten Formen und Resonanzfrequenzen anzupassen. Einfacherweise wird der Fachmann jedoch Formen mit im Wesentlichen gleichbleibender Querschnittsfläche wählen.

Wesentlich für die wirksame Funktionsweise der vorliegenden Erfindung ist die Ausbildung von Bereichen, in denen eine destruktive Interferenz stattfindet. Diese Bereiche werden im Folgenden Wechselwirkungszone A_w genannt, deren Ausdehnung mit der jeweiligen Schallöffnungsfläche A_o und dem Qualitätsfaktor Q in Zusammenhang gebracht werden kann. Es erweist sich nämlich, dass das Verhältnis zwischen der Fläche der Wechselwirkungszone A_w und der Schallöffnungsfläche A_o proportional zum Qualitätsfaktor Q ist.

$$Q = k \cdot \frac{A_w}{A_o}$$

Es ist also Ziel der erfindungsgemässen Ausführungsformen, darauf zu achten, dass die einzelnen Wechselwirkungszone möglichst flächendeckend verteilt sind und gleichzeitig nicht wesentlich überlappen, da durch eine solche Überlappung das erwähnte Schalldruckgefälle reduziert und damit die dissipierenden lokalen Luftströmungen vermindert würden. Um eine möglichst flächendeckende akustisch wirksame Anordnung der Wechselwirkungszone A_w zu erreichen, werden die Öffnungen der röhrenförmigen Resonatoren vorzugsweise auf die Eckpunkte eines gedachten Netzes aus gleichschenkligen Dreiecken verteilt.

Wenn eine Schallabsorption über einen breiten Frequenzbereich erwünscht ist, können mehrere Gruppen unterschiedlich abgestimmter Röhrenabsorber ineinander verschachtelt werden. Ebenso kann die Kombination der erfindungsgemässen $\lambda/4$ Absorber mit herkömmlichen Absorbern für gewisse Anwendungen durchaus sinnvoll sein.

Im bevorzugten Anwendungsgebiet sind die einzelnen röhrenförmigen Resonatoren auf ein Schallfeld im Bereich von 1–2 kHz abgestimmt, d.h. weisen eine der Viertelwellenlänge entsprechende Länge von ca. 80–40 mm auf. In diesen $\lambda/4$ -Resonatoren können sich stehende Wellen ausbilden, die gegenüber der im Mündungsbereich reflektierten Wellenfront gleicher Wellenlänge um $\lambda/2$ phasenverschoben sind und mit dieser destruktiv interferieren. Um ein fahrzeugspezifisches Geräuschspektrum wirksam absorbieren zu können weist der erfindungsgemässe $\lambda/4$ -Absorber mindestens eine Gruppe von röhrenförmigen Resonatoren unterschiedlicher Länge auf. Dabei spielt es keine wesentliche Rolle, ob die Schallöffnungen stirnseitig oder mantelseitig angebracht sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die einzelnen Resonatoren auf einer Fläche liegend verteilt. Die Wirksamkeit des aufgezeigten Mechanismus hängt wesentlich auch von der schallreflektierenden Eigenschaft des den Hohlraum bildenden Materials ab. Weiche und nachgiebige Materialien führen zu Verlusten bei der Reflexion und beein-

trächtigen den obigen Absorptionsmechanismus. Es versteht sich deshalb, dass für die erfindungsgemässen Resonatoren nur luftdichte, glatte und schallharte, d.h. gut schallreflektierende Materialien in Frage kommen.

In einer besonderen Ausführungsform sind die $\lambda/4$ -Resonatoren aus einer Blech- oder Kunststoffolie geformt. Durch die Anordnung der Resonatoren in Gruppen können diese fliesenartig am Fahrzeug befestigt und derart ausgerichtet werden, dass sich allfällige Verunreinigungen durch Wasser oder Öl nicht verfängen können, d.h. direkt wieder ausfliessen können. Die Montage dieser erfindungsgemässen Schallabsorber kann mit bekannten Mitteln erfolgen. Durch das Aufbringen der schallharten Absorber werden zu Schwingungen und Vibrationen neigende Fahrzeugteile zusätzlich versteift und gedämpft.

In einer anderen Ausführungsform sind die Hohlräume direkt in eine schallharte Matrix, vorzugsweise in eine leichtgewichtige Matrix aus Kunststoff, Metall oder Keramik eingeformt.

Die Vorteile der erfindungsgemässen Vorrichtung sind dem Fachmann unmittelbar ersichtlich und liegen insbesondere in der Schaffung eines gezielt abstimmbaren und leichtgewichtigen Absorbers mit geringer Bauhöhe. Ausserdem lässt sich dieser Absorber in stark verschmutzenden Umgebungen einsetzen, ist nicht feuchtigkeitsempfindlich und lässt sich kostengünstig herstellen. Als besonderer Vorteil erweisen sich diese Eigenschaften bei der Fahrzeugmontage. Dabei können diese Schallabsorber zusammen mit dem Fahrzeugchassis in ein Farbbad getaucht werden, ohne dieses zu verschmutzen und ohne selber Schaden zu nehmen.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und mit Hilfe der Figuren näher erläutert werden. Dabei zeigen:

Fig. 1a–d erfindungsgemässe Anordnungen zwischen einem röhrenförmigen Absorber und einer schallreflektierenden Fläche;

Fig. 2 wabenförmige Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung;

Fig. 3 schachtelförmige Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung;

Fig. 4a, b ziegelartige Ausführungsformen der erfindungsgemässen Vorrichtung;

Fig. 5 bevorzugte Verteilung unterschiedlich langer Resonatoren.

Die Fig. 1a bis 1d zeigen die grundsätzliche Anordnung der Resonatoren in Bezug auf die schallreflektierende Fläche A. In Fig. 1a steht der $\lambda/4$ -Resonator senkrecht zur schallreflektierenden Fläche A. Dabei liegt seine Mündungsöffnung A_o in dieser Fläche A. Es lässt sich experimentell nachweisen, dass die Schallabsorption in dem Masse nachlässt, in dem die Mündungsöffnung A_o die schallreflektierende Fläche A überragt. Erfindungsgemäss kann der Resonator 3 aber auch schräg oder dachziegelartig zur schallreflektierenden Fläche A stehen. Damit kann die Baudicke des gesamten Resonators reduziert werden. Diese Anordnung bietet sich insbesondere wegen deren einfachen Herstellungsweise

se an und eignet sich für die Verwendung als modulartiger Bausatz. Die Länge der einzelnen Resonatoren 3 und deren Durchmesser kann den gewünschten Absorptionseigenschaften in einfacher Weise angepasst werden. Eine bevorzugte Anordnung ist in Fig. 1c ersichtlich. Hier liegen die Resonatoren 3 parallel auf der schallreflektierenden Fläche A. Diese Anordnung funktioniert erfindungsgemäss, d.h. erzeugt im Bereich A_w lokal eine starke Luftströmung. Die in Fig. 1d dargestellte Anordnung entspricht derjenigen aus Fig. 1c, ist in der Praxis jedoch einfacher herzustellen. Dabei kann, wie in Fig. 1c dargestellt, die Schallöffnung A_0 des Resonators 3 an dessen Stirnseite liegen oder kann, wie in Fig. 1d gezeigt, im Mantel des röhrenförmigen Resonators 3 angebracht sein.

Es versteht sich, dass die Querschnittfläche des Resonators 3 jede beliebige Form aufweisen kann und insbesondere die Resonatoren 3 selbst nicht notwendigerweise einen geradlinigen Verlauf haben müssen, sondern auch mit einem gekrümmten Verlauf ausgebildet sein können.

Fig. 2 zeigt eine einfache Ausführungsform des erfindungsgemässen Schallabsorbers in Aufsicht. Eine Gruppe von Resonatoren 10 sind als gerade Hohlkörper ausgebildet, die entweder stirnseitig 13 oder bodenseitig 15 eine Schallöffnung aufweisen. Die wabenförmige Grundfläche 12 erlaubt eine flächendeckende Beschichtung. Bei dieser ca. 100 mm breiten Ausführungsform weisen die einzelnen Resonatoren 10 eine Länge von 43 mm bis 84 mm auf, d.h. sind auf Frequenzen zwischen 1 und 2 kHz abgestimmt. Diese $\lambda/4$ -Absorber lassen sich beispielsweise aus hartem und glattem Kunststoff herstellen oder aus Blechfolien formen.

Fig. 3 zeigt eine schachtelförmige Ausführungsform aus einem extrudierten Kunststoff-Formteil. Der Querschnitt der einzelnen Resonatoren 16 ist hier annähernd rechteckig. Die schallwirksamen Mündungsöffnungen 17 sind mantelseitig angebracht. In dieser Ausführungsform können die Stirnwände 18 der Resonatoren 16 in gewünschter Weise verschoben werden. Dies erlaubt eine gezielte Optimierung der akustischen Absorptionswirksamkeit. Es versteht sich, dass auch diese $\lambda/4$ -Absorber in mehreren Schichten angeordnet sein können.

Fig. 4a zeigt eine weitere modulare Ausführungsform des erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorbers. Dieser besteht aus blockartigen Bauteilen 25, in welchen die röhrenförmigen Resonatoren 27 liegen. Diese können nachträglich ausgebohrt oder mit einem entsprechenden Spritzgussverfahren direkt ausgeformt werden. In einer bevorzugten Form verlaufen die Hohlräume der Resonatoren 27 parallel zur Blockgeometrie und werden diese Blöcke 25 bei der Montage dachziegelartig aufeinander gelegt und fixiert. Es versteht sich, dass die optimale Dimensionierung der röhrenförmigen Resonatoren 23 im Bereich des fachmännischen Könnens liegt. Ebenso können für die Herstellung dieser $\lambda/4$ -Absorberblöcke verschiedene schallharte Materialien verwendet werden. So kommen für den Fahrzeugbau vorerst nur leichtgewichtige Materialien, wie harte Kunststoffe, offen- oder geschlossenzellige Schäume, insbesondere Aluminiumschaum, beschichtete Papie-

re oder Folien, insbesondere Aluminiumfolien in Betracht. Für andere Anwendungen, z.B. im Gebäude- oder Strassenbau, können selbstverständlich die dort üblichen Materialien eingesetzt werden, so lange auf eine glatte und schallharte Oberfläche innerhalb der Resonatoren geachtet wird.

In einer Variante dieser Ausführungsform gemäss Fig. 4b verlaufen die Resonatoren 27 schräg zur Blockgeometrie. Dabei kann selbstverständlich die Winkelstellung der einzelnen Resonatoren zueinander verschieden sein.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung zur Verteilung der verschiedenen langen Resonatoren. Dabei liegen die Schallöffnungen 21, 22, 23, 24 der einzelnen Resonatoren jeweils auf dem Knotenpunkt eines Netzes, welches im Wesentlichen auf gleichschenkligen Dreiecken aufgespannt ist. Aus der Fig. 5 wird deutlich, dass bei dieser Konfiguration die Wechselwirkungszone A_w der für eine bestimmte Wellenlänge angelegten $\lambda/4$ -Absorber nicht wesentlich überlappen und eine flächendeckende Anordnung der wellenlängenabhängigen Wechselwirkungszone A_w erreicht wird.

Es versteht sich, dass aus der Beschreibung der Wirkungsweise vom Fachmann viele verschiedene Ausführungsformen und Anwendungsgebiete in Betracht gezogen werden. So stellt die Minderung von Fahrzeuginnenlärm nach aussen eine wichtige Aufgabe dar, für welche der Fachmann Schallabsorber in die unmittelbare Nähe der schallerzeugenden Aggregate, insbesondere um den Motor und das Getriebe anordnet. Die höchsten und damit störendsten Schalldrücke werden von diesen Aggregaten im Frequenzbereich von 1–2 kHz erzeugt. Wenn man für die Schallfortpflanzungsgeschwindigkeit einen Wert von 340 m/s einsetzt, ergibt dies $\lambda/4$ -Resonatoren mit einer Länge von 85–42,5 mm. Resonatorengruppen in diesem Längenbereich und mit einer Querschnittsfläche von 0,25 bis 2 cm² können kostengünstig hergestellt werden, indem eine Kunststoff- oder Metallfolie derart verformt wird, dass sich halbröhrenförmige Senken bilden und diese geformte Folie gegen eine Trägerschicht- oder Trägerplatte montiert resp. aufgeklebt wird. Derartig geformte Resonatoren sind auch noch bei Verwendung dünner Folien wegen der inhärenten Steifigkeit gekrümmter Flächen schallhart und weisen als Resonatoren einen hohen Qualitätsfaktor auf.

Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet im Bereich der Fahrzeugakustik besteht in der Minderung des in der Fahrzeugzelle erzeugten Innenlärms. Dazu können die erfindungsgemässen Resonatoren resp. die oben genannten mit röhrenförmigen Senken versehenen Folien auf die Innenfläche der Wände oder des Daches von bspw. Kastenwagen geklebt werden. Dabei wirken die $\lambda/4$ -Resonatorfolien zusätzlich versteifend und erzeugen bei geeigneter Wahl des Klebers auch eine schwingungsdämpfende Wirkung.

Ein besonderes technisches Problem im Fahrzeugbau bilden Hohlräume, die durch den besonderen Aufbau des Chassis entstehen. Dabei muss insbesondere den Hohlräumen in Türen zwischen Blech und Verkleidung besondere Aufmerksamkeit

geschenkt werden. Auch in diesem Bereich kann die erfindungsgemässe $\lambda/4$ -Absorberfolie sowohl auf das Türblech als auch auf die Türverkleidung aufgebracht werden. Beim Verkleben mit dem Türblech kann wiederum von der versteifenden und schwingungsdämpfenden Wirkung profitiert werden.

Die erfindungsgemässen Absorber sind, ihrer Konzeption entsprechend, in erster Linie für Anwendungen geeignet, in welchen der störende und zu absorbierende Lärm in einem beschränkten Frequenzbereich auftritt. Insbesondere erzeugen Getriebe oder Zahnriemen, welche bei konstanter Geschwindigkeit laufen, Gebläse von Ventilatoren, elektrische Motoren oder Propellermotoren bei Flugzeugen, Lärmquellen mit einem genau definierten schmalen Frequenzbereich.

Die Verwendung der erfindungsgemässen Absorber an schallisolierenden Wänden, wie sie manchmal seitlich von Autobahnen aufgestellt werden, soll hier nur am Rand erwähnt werden. Dazu würden sich die Ausführungsformen mit der extrudierten Platte oder den modularen Ziegeln besonders eignen. Ein analoger Einsatz der erfindungsgemässen Absorber ist auch für schallabsorbierende Auskleidungen von Verkehrstunnels denkbar. Es versteht sich, dass die Verwendung der erfindungsgemässen Absorber nicht auf den Fahrzeugbereich eingeschränkt werden soll. So ist deren Einsatz auch in Schwimm- oder Sporthallen oder in Fabriken als Wand- oder Deckenverkleidung denkbar.

Patentansprüche

1. Schallabsorber zur Geräuschminderung bei Fahrzeugen, aus mehreren röhrenförmigen Resonatoren (10) mit mindestens einer Schallöffnung (13), dadurch gekennzeichnet, dass jede der Schallöffnungen (13) an eine schallreflektierende Fläche (A) angrenzt. 35
2. Schallabsorber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die röhrenförmigen Resonatoren (10) unterschiedliche Länge aufweisen. 40
3. Schallabsorber nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallöffnungen (13) um mindestens den Radius der dazugehörigen Wechselwirkungszone (A_w) voneinander beabstandet sind. 45
4. Schallabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallöffnungen stirnseitig der röhrenförmigen Resonatoren angebracht sind. 50
5. Schallabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallöffnungen mantelseitig der röhrenförmigen Resonatoren angebracht sind. 55
6. Schallabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallöffnungen verschieden gross sind.
7. Schallabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonatoren (10) im montierten Zustand nach unten offen sind, d.h. derart ausgerichtet sind, dass sich allfällige Verunreinigungen nicht verfangen können. 60
8. Schallabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonato- 65

ren zur schallreflektierenden Fläche (A) parallel angeordnet sind.

9. Schallabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonatoren in eine schallharte Matrix eingeformt sind.

10. Schallabsorber nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die schallharte Matrix aus Kunststoff besteht.

11. Schallabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens die Innenseite der röhrenförmigen Resonatoren (10) eine glatte Oberfläche aufweist.

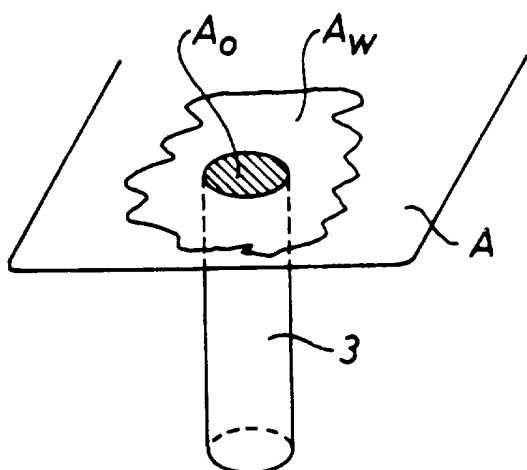


Fig. 1a

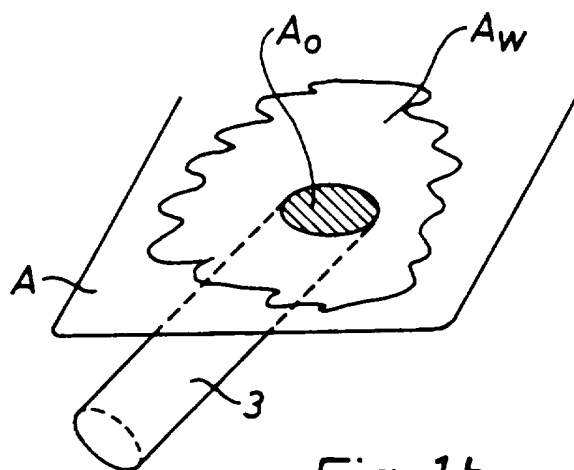


Fig. 1b

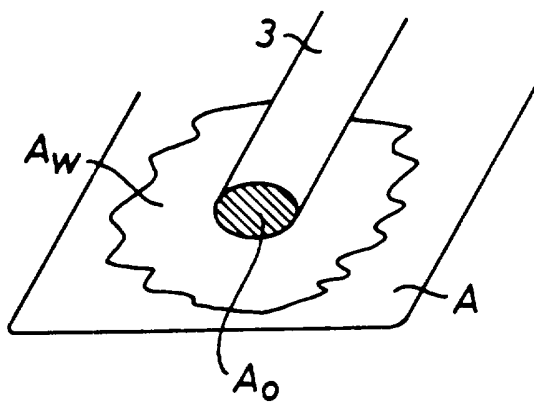


Fig. 1c

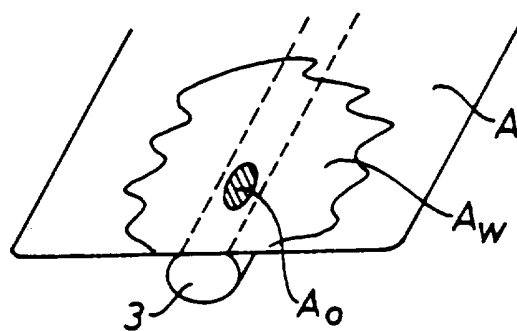


Fig. 1d

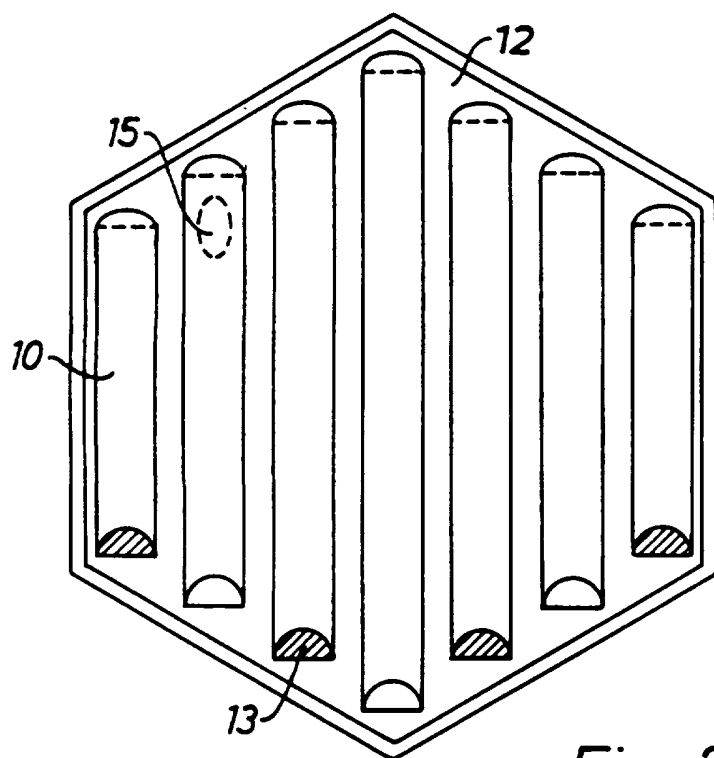


Fig. 2

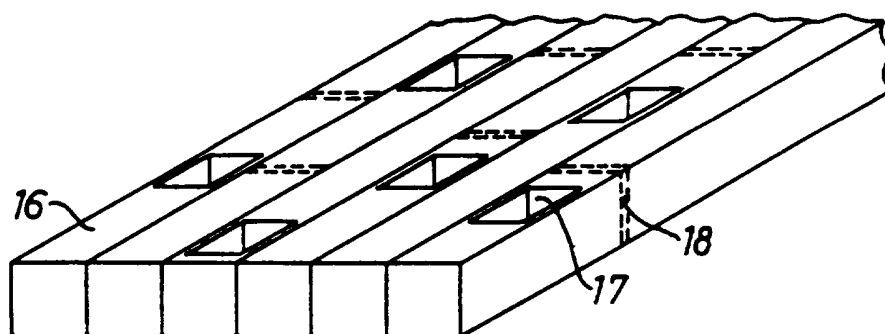


Fig. 3

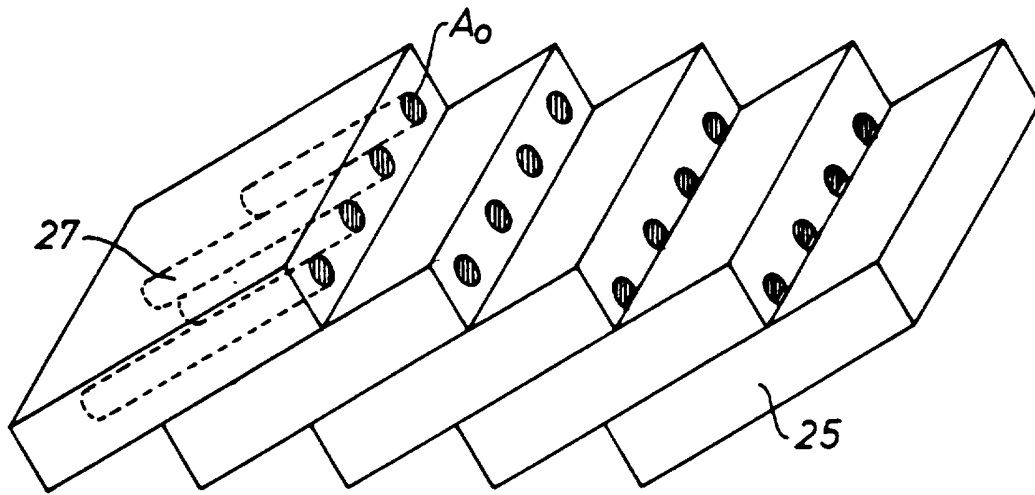


Fig. 4a

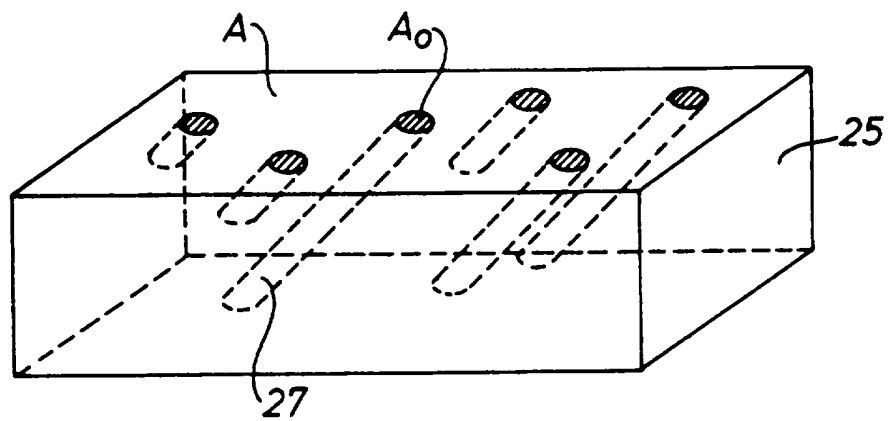
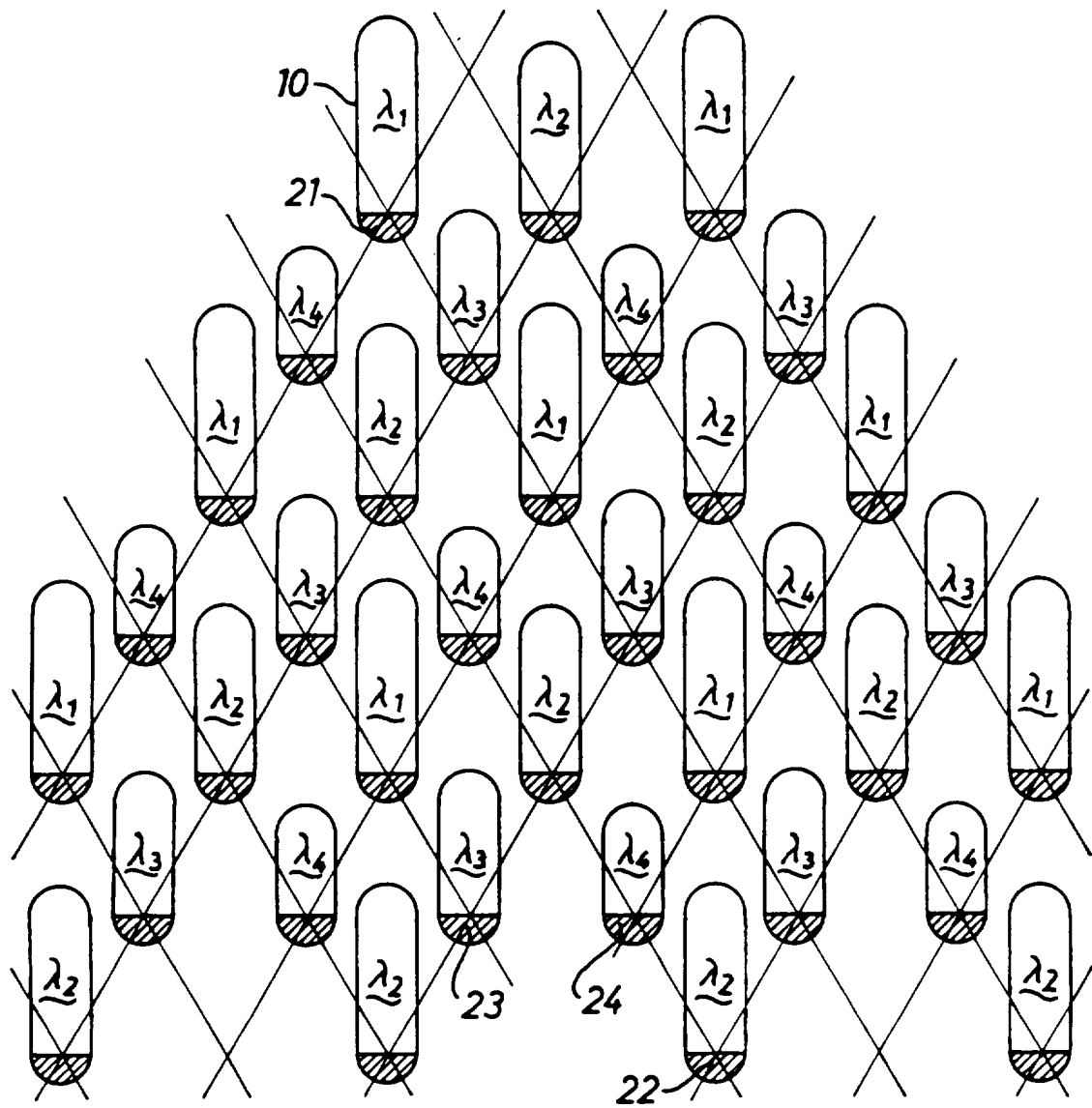


Fig. 4b

*Fig. 5*