(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 950 357 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.08.2010 Patentblatt 2010/33

(51) Int Cl.:
E04B 1/84 *(2006.01)* ***G10K 11/16*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **07405023.8**

(22) Anmeldetag: **29.01.2007**

(54) **Akustikelemente**

Acoustic elements

Eléments acoustiques

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.07.2008 Patentblatt 2008/31

(73) Patentinhaber: **Albers & Co.**
8022 Zürich (CH)

(72) Erfinder: **Bähler, Robert**
8512 Thundorf (CH)

(74) Vertreter: **Rentsch & Partner**
Rechtsanwälte und Patentanwälte
Fraumünsterstrasse 9
Postfach 2441
8022 Zürich (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 110 686
WO-A-2006/101403
DE-A1- 4 312 885
DE-U1- 9 116 233

- **H V FUCHS; X ZHA: "Acrylic-glass Sound Absorbers in the Plenum of the Deutscher Bundestag" APPLIED ACOUSTICS, Bd. 51, Nr. 2, 1997, - 1997 Seiten 211-217, XP002467713 ELSEVIER SCIENCE LTD**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 950 357 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft schallabsorbierende Absorptionselemente gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspuchs 1, Akustikelemente gemäss Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruch 11 sowie Verfahren zur Herstellung schallabsorbierender Absorptionselemente gemäss Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 13.

[0002] Von der Anmelderin werden seit Jahren sehr erfolgreich Akustikelemente mit schallabsorbierenden Eigenschaften aus grossflächigen, plattenförmigen Körpern hergestellt und vertrieben, die mit einer Vielzahl von Löchern oder Schlitzen versehen sind, um den Durchtritt des zu absorbierenden Schalls zu hinter den plattenförmigen Körpern angeordneten schallschluckenden Dämmmaterialien zu ermöglichen. Diese plattenförmigen Elemente sind oft aus Holz, Pressspan, Mehrkomponenten-Fasermaterialien, Gips oder Kunststoffen hergestellt und müssen die für den Baubereich geltenden Vorschriften, zum Beispiel hinsichtlich Bruchsicherheit und Brandschutz, erfüllen. Die gebräuchlichen Materialien zur Herstellung der Akustikelemente sind praktisch ausschliesslich licht-undurchlässig und die Anzahl und Anordnung der Löcher und /oder Schlitze, sowie die Verwendung der oft faserigen Dämmmaterialien schränkt Architekten und Bauherren in der Gestaltungsfreiheit erheblich ein. Die Architektur verlangt einerseits durch die offenen Räume und den vermehrten Einsatz von harten Baumaterialien wie Sichtbeton und Glas nach Schallabsorber, welche die Nachhallzeit verringern ohne dabei klare und transparente Baustrukturen zu durchbrechen. Es besteht daher das Bedürfnis nach transparenten Akustikelementen, die den bekannten in der Funktionalität und Praktikabilität nicht unterlegen sind.

[0003] In der DE4315759 ist zum Beispiel beschrieben, dass herkömmliche passive Schallabsorber, die poröses oder faseriges Material verwenden, um Luftschall-Schwingungen durch Reibung an ihrer feinstrukturierten möglichst offenen Oberflächenstruktur in Wärme umzuwandeln (passive Absorber) oder so genannten reaktive Absorber bei denen durch Mitschwingen von Folien, Platten oder Membranen dem Schall Energie in einem relativ breiten Frequenzband entzogen wird, durch Schallabsorbern aus mechanisch und chemisch hochresistenten keramischen Materialien zu ersetzen, die zudem transparent sind.

[0004] Die in der DE4315759 vorgeschlagenen Absorber bestehen ausschliesslich aus einer oder mehreren völlig lichttransparenten Platten, die an sich durch Luftschallwellen kaum anregbar sind. Sie werden durch eine Vielzahl sehr kleiner durchgängiger Löcher in ihrer dem Raum zugewandten Oberfläche in Verbindung mit einem dahinter angeordneten Hohlraum zur Absorption von auftreffenden Schallwellen in einem breiten Frequenzband im Hörbereich befähigt. Der Einsatz solcher mikro-perforierter Platten vor einer schallharten Begrenzung zur Schallabsorption wurde von D.-Y. Maa bereits 1975 in Scientia Sinica 18, H. 1, S. 55 bis 71 beschrieben. In der DE4315759 ist offenbart, dass die Löcher mittels Bohrer, Laser oder Plasmaschweissanlage gefertigt sein können. Es sind planparallel, möglichst unmittelbar vor den reflektierenden Glasbauteilen nachträglich montierbare Schallabsorber vorgesehen, die den architektonischen Entwurf nicht beeinträchtigen. Für Räume mit vorwiegenden Sprachdarbietungen weisen diese ebenen, transparenten Absorber, insbesondere bei senkrecht auftreffenden Schallwellen im Frequenzbereich zwischen f = 125 und 1250 Hz, einen Absorptionsgrad von grösser 0,5 bei 500 Hz nahe 1 auf. Als ideale Baustoffe für derartige Schallabsorber werden hochresistente Kunststoffe sowie Glas, aber im Innenraumbereich auch Acrylglas (glasklar oder eingefärbt) vorgeschlagen. Es ist ausgeführt, dass sich ganz erstaunlich breitbandige Schallabsorber entwickeln lassen, wenn man Platten aus diesem Material in einer Stärke zwischen etwa t = 2 und 12 mm mit einem Abstand zwischen D = 25 und 100 mm vor dem Glasbauteil anbringt. Sie benötigen keinerlei poröse oder faserige Materialien sondern nur relativ kleine Löcher mit Durchmessern d von 0,4-0,8 mm. In mehrschichtigen Aufbauten lassen sich gemäss Patentanmeldung DE P 4312886 auf diese weise Resonanzabsorber aufbauen, die den gesamten interessierenden Frequenzbereich auf ein und derselben Absorberfläche mehr als 80% absorbieren. Für Glasbauteile fehlt bisher eine ausgereifte Technologie zum Mikroperforieren.

[0005] Die WO-A-2006/101403 beschreibt eine Panel-Element, welches bei der Schallabsorbtion eingesetzt wird. Das Element weisst Mikroschlitzes mit einer Schlitzweite von weniger als 0.45 mm auf und eine resultierende offene Fläche von weniger als 3%. Bei der Montage der Panelelemente, werden diese im gewünschten Abstand zueinander an einer Rückwand montiert.

[0006] Eine andere Ausführungsform von schallabsorbierenden Elementen wird in der deutschen Gebrauchsmusterschrift DE-U-91 16 233 beschrieben. Hier erfolgt die Schalldämmung durch sogenannte Schallschlukkelemente die zwischen zwei parallel und in einem gewissen Abstand zu einander angeordneten Glasscheiben eingebracht sind. Die dem Raum zugewandte Glasscheibe weist dabei eine Vielzahl von Durchbrechungen auf, die beispielsweise als schlitzförmige Öffnungen, welche eine Breite von 4 bis 10 mm und eine Länge von 5 bis 20 cm aufweisen ausgeführt sind.

[0007] Die Anforderungen an transparente Absorber in Räumen sind nebst der Verringerung der Nachhallzeit die Unbrennbarkeit, die Kratzfestigkeit, die mechanische Festigkeit und die Sicherheit gegen Verletzung durch Glassplitter. Es sind zwar Sicherheitsgläser bekannt, das Bohren einer Vielzahl sehr kleinen durchgängigen Löchern, in der Grössenordnung von zirka 40'000 Löcher oder mehr per m2 und einem Durchmesser von 0,2 bis 0,8 mm ist jedoch technisch und vor allem wirtschaftlich in solchen Gläsern bisher nicht erreichbar. Glas als amorpher Feststoff ist gegen Spannungsrisse, welche beim schnellen Durchbohren oder Durchschneiden einer 2 bis

12 mm dicken Platte entstehen, ganz besonders empfindlich. Die Anforderungen an die Sicherheit durch chemisches oder thermisches Vorspannen der Gläser oder durch Verbundsicherheitsglas bleiben ungelöst.

[0008] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung Glasbauteile für Schallabsorber und Verfahren zur Herstellung derselben zur Verfügung zu stellen, die es erlauben solche Produkte effizient in grösseren Mengen und Dimensionen herzustellen und die oben genannten Nachteile nicht aufweisen. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung Schallabsorber zur Verfügung zu stellen, die hervorragende schallabsorbierende Eigenschaften aufweisen, alle Sicherheitsanforderungen im Baubereich erfüllen, auf Wunsch transparent sein können und mit vertretbarem technischen Aufwand schnell und wirtschaftlich herstellbar sind und weitere Nachteile der bekannten Absorber vermeiden.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Absorberelemente gemäss Anspruch 1, die Absorber gemäss Anspruch N und die Herstellungsverfahren gemäss Anspruch M gelöst, vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0010] In aufwändigen Versuchsreihen konnte ein Verfahren zum Erstellen von Mikroperforationen in Glasplatten entwickelt werden, das es erlaubt mittels abrasiver Wasserstrahltechnik auf Anlagen mit einer Mehrzahl von Düsenköpfen Löcher mit einem Durchmesser von 0,2 bis 0,8 mm in Glasscheiben anzubringen. Es konnte eine Prozesssteuerung entwickelt werden, die das Zerstörungsrisiko der zu perforierenden Glasscheiben zu Beginn des Perforationsvorganges zu minimieren. Es ist jedoch offensichtlich, dass auch ein kleines Risiko pro Loch beim Erstellen von 40'000 durchgehenden Mikrolöchern zu einer enormen Ausschussquote führt und wirtschaftlich nicht rentabel ist. Die Prozesssicherheit in einem zwangsweisen "stop and go" Betrieb, bei einer solch hohen Anzahl von Mikroperforationen ist kaum beherrschbar. Schlussendlich sind die Bohrzeiten in diesem "stop and go" Betrieb mit allen heute bekannten Verfahren erheblich zu gross, um grössere Glasbauteile in vertretbarer Zeit zu perforieren.

[0011] Es hat sich auch gezeigt, dass beim Durchbohren von Verbundgläsern mit innenliegenden Kunststoffmembranen der Wasserstrahl beim Übergang vom Glas zur elastischen Kunststoffmembran kurzzeitig unscharf wird und dadurch ungewollte Kavitäten im Grenzbereich der Glasschichten zum Kunststoff entstehen, die wiederum zu ungewünschten optischen Effekten und Trübungen führen.

[0012] Überraschenderweise treten diese negativen Effekte nur beim Bohren im Glas auf. Sind die Gläser einmal erfolgreich durchbohrt, kann das Glas mittels des abrasiven Wasserstrahles mit erheblich gesenktem Zerstörungsrisiko geschnitten werden. Auch die unerwünschte Kavitätenbildung im Bereich der Kunststofffolie bei Verbundgläsern bleibt beim Schneiden nach dem Durchbohren aus und die Breite der Mikroschlitze lässt sich im Gegensatz zum Durchmesser der Löcher auf bis zu 0.1 mm senken. Es ist daher ein wesentliches Merkmal der vorliegenden Erfindung, dass die Anzahl der Bohrungen, bei denen das Glas erstmals in voller Dicke durchbohrt werden muss, zu minimieren und anstelle der Vielzahl von Bohrungen oder Mikroperforationen eine wesentlich reduzierte Anzahl von Schlitzen im Glas anzubringen.

[0013] Vorteile eines neuartigen mikrogeschlitzten Schallabsorbers in Glas bestehen darin, dass die Verwirbelung und Reibung der Luft im Mikroschlitz, mit dahinten angeordneten veränderbarem Hohlraum und schallharter Begrenzung durch beliebige Variierung der Schlitzlänge und Schlitzbreite sowie durch die beliebige Anordnung der Mikroschlitze in der Fläche herstellungstechnisch äusserst effizient erhöht oder verringert werden kann. Die Schallenergie wird in einstellbaren Frequenzbereichen in Wärmeenergie umgewandelt und die Nachhallzeit in einem breiten Frequenzbereich reduziert. Die erforderliche offene Fläche im Glas, im Ausmass von zirka 0,8 bis 3,0 % der Beschallungsfläche, kann durch geeignete Schneidverfahren mit ausreichender Prozesssicherheit und mit einer, um den Faktor 10 verringerten Bearbeitungszeit gegenüber Bohrungen hergestellt werden. Die Gefahr von Mikrorissen kann durch kontrolliertes Schlitzschneiden gegenüber dem Mikrolochbohren verringert werden. Durch eine offensichtliche Reduzierung, der "stop and go" Verluste, kann die Produktivität wesentlich gesteigert werden.

[0014] Die Mikroschlitze in Glas, mit einer Breite von 0.05 bis 1.0 mm, vorzugsweise unter 0.5, besonders bevorzugt zwischen 0.1 und 0.3 mm, können homogen oder unregelmässig auf die Fläche verteilt und in gerader, geschwungener oder sonstigen von der Geraden abweichenden Geometrie und Ausführung angeordnet werden. Die beliebige Wählbarkeit der Mikroschlitzanordnung wird nur durch die Einstellung auf den zu absorbierenden Frequenzbereich und auf die Festigkeitsbeanspruchung, respektive die Bruchsicherheit begrenzt. Um in einem breiten Frequenzbereich gute Absorptionsleistungen erreichen zu können werden für jedes Absorptionselement vorzugsweise Mikroschlitze mit verschiedenen Breiten eingesetzt, oder es werden die Breiten innerhalb eines Mikroschlitzes variiert. So können zum Beispiel verschiedene Mikroschlitze mit Schlitzbreiten von 0.4 mm, 0.6 mm und 0.8 mm in einem einzigen Absorptionselement kombiniert sein, um eine grosse Bandbreite an Schallfrequenzen wirksam absorbieren zu können. Es hat sich in Versuchen gezeigt, dass unterschiedliche Schlitzbreiten Absorptionsmaxima in unterschiedlichen Frequenzbereichen aufweisen.

[0015] In der Figur 1b ist eine Sicherheitsglasplatte 1 schematisch in einer Sicht auf eine erste Oberfläche 2 dargestellt, die mit einer Vielzahl von regelmässig über die Platte verteilten Mikroschlitzen 10 versehen ist. Die Breite B der Schlitze beträgt 0.1 bis 1 mm, vorzugsweise 0.1 bis 0.9 mm und die Länge L ist zwischen 1.1 bis 20 mm gewählt. Die Anzahl der Mikroschlitze ist derart gewählt, dass die Gesamtheit der Schlitze eine offene Flä-

che in der Glasplatte von 0.8 bis 4 % ausbildet. In der Figur 1b ist ein Querschnitt durch die Platte 1 im Bereich einer Schlitzreihe entlang C-C gezeigt. Die Absorptionsleistung eines schallabsorbierenden Absorptionselements mit gleichmässig verteilten Mikroschlitzen über einen breiten Frequenzbereich wie es in der Figur 1 gezeigt ist, ist in der Figur 6 dargestellt.

[0016] In der Ausführungsform gemäss der Figur 2 sind die Mikroschlitze 11, 12, 13 nicht gleichmässig verteilt, sondern in zwei peripheren Bereichen konzentriert, so dass der zentrale Bereich der Glasscheibe frei bleibt von Schlitzen. Die Schlitze sind in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zwischen 100 und 400 mm lang, linear und im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet. Es wird bereits aus dieser einfachen Skizzierung deutlich, dass sich gemäss der vorliegenden Erfindung die Anzahl von problematischen Anstichstellen, das heisst von risikobehafteten Bohrungen von tausenden auf zum Beispiel sechs reduzieren lässt.

[0017] Aus der Figur 7, in der die Absorptionsleistung eines schallabsorbierenden Absorptionselements gemäss der Figur 2 aufgezeigt ist, geht klar hervor, dass diese Ausführungsform der oben beschriebenen Ausführungsform mit gleichmässig verteilten Mikroschlitzen über den gemessenen breiten Frequenzbereich in keiner Weise unterlegen ist.

[0018] In der Ausführungsform, wie sie in der Figur 3 gezeigt sind kommt dieser Vorteil auch zum tragen, es wird allerdings zusätzlich noch von der linearen Form der Schlitze abgewichen und es sind S-förmig geschwungene Mikroschlitze 14 in der Glasplatte angebracht. Das erfindungsgemässe Schneidverfahren lässt solche Varianten in der Form der Schlitze problemlos zu.

[0019] Während in den bisher gezeigten Ausführungsformen jeweils nur einfache Schlitze im Glas angebracht waren, ist in der Figur 4 eine Ausführungsform mit einer komplexeren Schnittform gezeigt. In der Glasplatte sind die Mikroschlitze in beispielhafter Weise auf sechs Bereiche 3 konzentriert. In jedem dieser Bereiche sind ausgehend von je einem annähernd kreisbogenförmigen Primärschlitz 15 eine Mehrzahl von zueinander parallelen Sekundärschlitzen 16 angeordnet. Mit nur einer Anstichstelle kann gemäss der Erfindung ein kammartiger oder verzweigter oder strahlenförmiger Schlitz erzeugt werden, der eine erhebliche Länge aufweist, die zur Schallabsorption zur Verfügung steht. Durch die symmetrische Anordnung der beiden kammartigen Schlitze zueinander verbliebt zwischen beiden ein Steg 4 stehen, der die einzelnen Zinken trägt und hinreichend fest mit der Grundplatte verbindet.

[0020] Anhand der obigen Beschreibung und der Beispiele ist die erfindungsgemässe technische Lehre so deutlich offenbart, dass es für den Fachmann möglich ist weitere vorteilhafte Ausführungsformen zu realisieren ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Im Extremfall kann ein einziger Mikroschlitz mit einer Breite von 0.1 bis 1 mm lang genug ausgebildet sein, um eine für den gewünschten Absorptionseffekt genügende offene Fläche von vorzugsweise 0.8 bis 4% in der Grundplatte zu erzeugen. Dieser Schlitz kann zum Beispiel platzsparend als Spirale in einem Bereich der Grundplatte konzentriert sein.

[0021] Gerade Figur 4 zeigt, dass sich mit den erfindungsgemässen Mikroschlitzen die für die Schallabsorption bevorzugte offene Fläche von 0.8 bis 4 % der gesamten Fläche einer Aussenseite des Glasbauteils fast beliebig auf gewünschte Bereiche konzentrieren lässt. Dies trägt ganz wesentlich dazu bei Stabilitätsprobleme, wie sie von der gleichmässigen Perforation zwangsläufig hervorgerufen werden, zu vermindern oder ganz zu vermeiden. Da sich die Mikroschlitze auf wenige kleine Bereiche im Glasbauteil konzentrieren lassen, ist die Bruchgefahr ebenfalls auf diese kleinen Bereiche beschränkt. Die Statik des Absorberbauteils aus Glas ist nicht wesentlich beeinträchtigt, so dass sich auch grössere Elemente mit ausreichender Eigenstabilität an Decken oder Wände montieren lassen.

[0022] Um die Bruchgefahr insbesondere im Bereich der Mikroschlitze weiter zu reduzieren, können die Zinken im Bereich ihrer freien Enden nach dem Schneiden zum Beispiel mit einer Silikoneinlage im Grundschlitz gegen die gegenüberliegende Innenwand des Grundschlitzes stabilisiert werden. Die Stabilisierung kann dabei völlig vom Grundschlitz aufgenommen werden, so dass kein Anteil über die Oberfläche der Glasscheibe ragt.

[0023] Gemäss einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Schallabsorbtion durch Mikroschlitze von der Mechanik der tragenden Grundplatte aus Glas entkoppelt.

[0024] Da beim Anbringen der Schlitze, unabhängig davon, ob dies mittels Schneiden, Sägen oder Bohren geschieht, wird zwangsläufig immer die Oberfläche/Kante des Glases geschädigt, so dass die Festigkeit der gesamten Platte in Abhängigkeit von der Elementgröße sinkt. Eine Festigkeit für die derart bearbeiteten Elemente lässt sich nur mit einigem Aufwand festlegen, was für eine Vermarktung als zugelassenen Bauprodukte Probleme bereitet, da für jede Anwendung ein Prüfzeugnis beigebracht werden muss. Dies ist zeit- und kostenintensiv.

[0025] Gemäss der folgenden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird die tragende, respektive die statische Funktion des Glases von der der schallabsorbierenden Flächenanteile getrennt. Die schallabsorbierende Funktion wird vorzugsweise von mindestens einem mikroschlitztragenden Einsatz übernommen, der in einer geeigneten Aussparung der tragenden Grundplatte angeordnet ist. Durch diese Art der Konstruktion lässt sich auch die Dicke des schallabsorbierenden Einsatzes von der statisch erforderlichen Dicke des Elements abkoppeln. Diese funktionelle Trennung führt dazu, dass die derart aufgebauten Elemente vollkommen im Bereich der zugelassenen Gläser liegen, zum Beispiel ESG (Einscheibensicherheitsglas), VSG (Verbundsicherheitsglas) aus TVG (Teilvorgespanntes Glas) und auch von den Größen weitgehend unabhängig sind.

[0026] Bei den direkt perforierten oder geschlitzten Glasplatten ist eine chemische oder thermische Vorspannung und die damit einhergehende Festigkeitserhöhung nicht umsetzbar.

[0027] Um zum Beispiel eine offene Fläche bis zu 18% vorzugsweise 7 bis 10% über die Elementfläche durch Schlitzen zu erreichen, müssen die Schlitze nicht gleichmäßig über die Elementfläche verteilt werden. Es kann auch Glas in den statisch erforderlichen Dicken mit großen Löchern, Durchbrüchen oder Ausnehmungen versehen werden, die sich mit bekannten Glasbearbeitungsmaschinen problemlos anbringen lassen. Auf diese Weise ist sogar ein nachträgliches Vorspannen möglich. In den Aussparungen werden anschliessend zur Schallabsorption geeignete Einsätze angebracht. Vorzugsweise sind diese Einsätze von der tragenden Scheibe mechanisch entkoppelt, so dass sie nicht statisch tragend sind und ihre eigene Festigkeit keine wesentliche Rolle für die Stabilität des Gesamten der Elements spielt. Die schallabsorbierenden Einsätze können von innen oder vom Rand her eingeschnitten werden. Die Einsätze werden bei Belastung der tragenden Grundplatte nicht verformt und nicht brechen.

[0028] Es hat sich gezeigt, dass durch wenige verdichtet angeordnete, d.h. kompakte Mikroschlitzpakete in der tragenden Grundplatte, auch Trägerglas genannt, eine gute akustische Absorptionen erreichbar ist und dabei der unbearbeitete Teil im Trägerglas so hoch wie möglich gehalten werden kann. Gemäss bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung wird ein Flächenanteil der Einsätze in der tragenden Grundplatte aus Glas von weniger als 10 % angestrebt. Dies bedeutet, dass die Schlitze in einem Flächenanteil von weniger als 10 % in Bezug auf eine gesamte erste Oberfläche konzentriert sind. Diese Konzentration ist auch bei den direkt geschlitzten Ausführungsformen, das heisst bei den Absorptionselementen ohne Einsätze, in bevorzugten Ausführungsformen verwirklicht.

[0029] Um gute akustische Absorption bei kompakten Mikroschlitzanordnungen zu erreichen liegt der Strömungswiderstand Rs, vorzugsweise im Bereich von 600-1200 Ns/m^3. Zudem ist es vorteilhaft den Abstand zwischen den Mikroschlitzpaketen zu optimieren.

[0030] Um mit partiellen und kompakten Mikroschlitzpaketen hohe Strömungswiderstände und damit gute Schallabsorptionswerte zu erreichen, haben sich sehr schmale Schlitze im Bereich von 0.05 bis 0.2 mm, vorzugsweise 0.1 mm als vorteilhaft erwiesen. Schlitzbreiten von unter 0.3 mm können durch entsprechend feine Schnitte, aber auch durch additive Verfahren, wie zum Beispiel versetztes Übereinanderlagern von zwei Einsätzen mit Schlitzbreiten von mehr als 0.3 mm, erreicht werden.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Absorberbauteile mehrstückig ausgebildet. In der Figur 5 ist eine Grundplatte 20 dargestellt, aus der sechs kreisrunde Scheiben 21 ausgeschnitten sind.

[0032] Gemäss eines erfindungsgemässen Verfahrens werden die ausgeschnittenen Scheiben in separaten Bearbeitungsprozessen vom äusseren Umfang her mit den Mikroschlitzen 25 versehen, so dass wiederum in ein zentraler Steg 22 entsteht, der die Zinken 23 der beiden Kämme trägt. Diese Kammscheiben 24 werden anschliessend wieder in die Grundglasscheibe eingesetzt, respektive eingeklebt. Sie können auch mit einem separaten, nicht in den Zeichnungen dargestellten Halter lösbar oder fest in die jeweiligen Öffnungen eingesetzt werden. Die beim Erstellen der Aufnahmeöffnungen anfallenden Rondelle können auch verworfen werden. In die Öffnungen werden bei dieser Ausführungsvariante anschliessend Kammscheiben aus separater Produktion eingesetzt. Dies hat den Vorteil, dass die aufwändige Bearbeitung bei der Erstellung der Mikroschlitze auf ein relativ kleines Bauteil beschränkt ist, was fertigungstechnisch, gerade auch in Hinblick auf die Grösse der benötigten Aufspannvorrichtung und die Grösse des zu bearbeitenden Bauteils, beträchtliche Vorteile mit sich bringt. Das Ausschussrisiko wird durch die getrennte Herstellung ebenfalls massiv verringert. Bei einem Produktionsfehler muss nicht die gesamte Grundscheibe mit allen bereits gefertigten Mikroschlitzen verworfen werden, sondern nur eine einzelne Kammscheibe. Die Erstellung der Aufnahmeöffnungen muss nicht mit einem Mikroschneidprozess erfolgen, sondern kann mit herkömmlichen Verfahren mit hinreichender Toleranz erfolgen. Die Aufnahmeöffungen lassen sich sogar schon während der Herstellung der Glasscheiben anbringen. Die Kanten der Aufnahmeöffnungen müssen im Gegensatz zu den Kanten der Mikroschlitze nicht vorzugsweise scharf sein.

[0033] Zwecks Erhaltung der mechanischen Stabilität und insbesondere für den Einsatz von Sicherheitsglas werden mehrteilige Glasbausteine eingesetzt. Die Grundplatten aus Glas werden wie oben beschrieben mit grösseren Bohrungen/Aufnahmeöffnungen versehen, und mit vorgefertigten mikrogeschlitzten Glaseinsätzen oder Einsätzen aus anderen Materialien bestückt.

[0034] Beim Einbringen von Mikroperforationen in eine VSG Scheibe insbesondere mit Wasserstrahlschneiden wird durch die Zähigkeit der Folie von dieser kein oder nur sehr wenig Material abgetragen. Dadurch kommt es zu einem erhöhten Staudruck, der zum einen eine Kraft auf die Folie auswirkt, zum anderen kann und wird Wasser zwischen die Grenzfläche Glas Folie gepresst, was zu Ablösungen führen kann. Ein Verbinden von mikroperforiertem Glas und mikroperforierter Folie ist technisch nur sehr schwer bis überhaupt nicht zu realisieren, da eine Positionierung mit einer Toleranz von 0.1 mm einen enormen Aufwand bedingen würde.

[0035] Von den unten genauer beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung lassen sich diese Probleme dadurch umgehen, dass die Absorptionseinsätze nachträglich elastisch in eine vorab bearbeitete Scheibe aus VSG oder ESG eingesetzt werden. Dies geschieht vorzugsweise mittels einer elastischen Verklebung um mechanische Spannungen, die aus der Verfor-

mung der Scheibe stammen, nicht in den Einsatz einzuleiten, so dass dieses durchaus eine geringe Festigkeit aufweisen kann.

[0036] Die bei der Absorption wirksamen Einsätze können in weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung in unterschiedlichen Stärken aus Glas aber auch aus anderen Materialien wie Kunstglas, anderen Kunststoffen oder Metall bestehen. Die Einsätze werden wie bereits erwähnt mit Einlagen, Haltern oder Verklebungen in die Aufnahmeöffnungen Grundglasplatte eingepasst. Diese Nicht-Glaseinsätze lassen sich zwar auch mit der abrasiven Wasserstrahltechnik herstellen, sie können aber im Gegensatz zum Glas auch mit anderen bekannten Schneid- oder Stanzverfahren hergestellt werden.

[0037] Gemäss der vorliegenden Erfindung lassen sich die Schnittbreiten der Schlitze nachträglich dadurch reduzieren, dass das geschlitzte Werkstück (geschlitzter Einsatz oder geschlitzte Grundplatte in ein Ultraschallbad mit einem dünnflüssigen Kunststoff oder Lack getaucht wird, oder der dünnflüssigen Kunststoff oder Lack mit einem anderen geeigneten Verfahren zumindest in die Schlitze eingebracht wird, so dass eine dünne Schicht der Kunststoffes oder Lackes insbesondere auf der inneren Oberfläche der Schlitze haften bleibt und dort trocknet oder ausgehärtet werden kann. Entsprechend der Dicke dieser Schichten wird die Spaltbreite reduziert. Überschüssiges Kunststoffmaterial auf der Oberfläche der Bauteile kann mechanisch oder aber durch Lösungsmittel leicht entfernet werden. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist darin zu sehen, dass die Streulichtbildung an der rauen Innenseite der Schnittfläche der Schlitze durch den Kunststoff deutlich reduziert wird. Damit werden die Schlitze im Gesamtbauteil vom Betrachter praktisch nicht mehr wahrgenommen.

[0038] Eine weitere Möglichkeit die Schalldämpfung des Schlitzes zu verbessern besteht darin, die innere Mantelfläche durch eine Verlängerung des Schnitts zu vergrößern. Dies kann durch den Einsatz dickerer Elemente, in einem gewissen Rahmen aber auch unabhängig von der Dicke des geschlitzten Materials zum Beispiel durch das Anbringen von Schlitzen, die aus den Flächennormalen geneigt sind, erreicht werden. Bei einer 6 mm dicken Scheibe ergibt sich dadurch bei einem Schnitt der um 45° aus den Flächen normalen geneigt wird eine effektive Schlitzhöhe von 8.5 mm. Durch eine Variation verschiedener Schnittwinkel und resultierenden Schnitttiefen kann somit zum einen die Absorption auf ein gewisses Frequenzspektrum abgestimmt werden oder aber es kann ein räumliche Orientierung der maximalen Absorption erreicht werden.

[0039] Dieses Verfahren ist natürlich mit der additiven Aufbringung eines weiteren Materials auf der Innenfläche der Schnittkante kombinierbar.

[0040] Gemäss bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können die Schlitze in den mikrogeschlitzten Einsätzen auch derart angeordnet sein, dass ein umlaufender geschlossener Rand stehen bleibt, der von den einzelnen Schlitzen nicht durchbrochen ist. Das Befestigen, das heisst das Einsetzen und allenfalls das Verkleben, solcher geschlossenrandiger Einsätze in den Trägerscheiben gestaltet sich einfacher als das Befestigen der kammartigen Einsätze.

[0041] Insbesondere bei den Ausführungsformen bei denen die Absorptions-Einsätze mittels Einlagen oder Haltern in den Aufnahmeöffnungen gehalten sind, ist das Verletzungsrisiko und die Bruchgefahr auf ein Minimum reduziert, da sich die Haltekraft auf die Stabilität des Absorptions-Einsatzes anpassen lässt. Fällt oder stösst jemand gegen den Einsatz, so löst sich dieser aus der Grundplatte bevor er bricht. Dieser Vorteil kommt vor allem bei Einsätzen aus Glas zum Tragen.

[0042] Damit die oben beschriebenen Absorptionselemente funktionieren können, ist, wie bereits oben ausgeführt, ihre Montage beabstandet von einer schallharten Rückwand nötig. Die Absorptionselemente werden hauptsächlich zur Verwendung als Vorsatzelemente oder zum Einbau in Kassetten eingesetzt. Sie lassen sich aus allen gängigen Glasplatten oder Glasbausteinen in Stärken zwischen 2 und 12 mm, als ebene oder gewölbte Elemente, aus Floatglas, Einscheibensicherheitsglas und/oder Verbundsicherheitsglas herstellen.

[0043] Bei der Verwendung als Vorsatzschalen oder Vorsatzelemente werden die Absorptionselemente in einem Abstand von 10 bis 350 mm, vorzugsweise in einem Abstand von 20 bis 150 mm, beabstandet von Decken, Wänden, Fenstern, Türen und/oder anderen Schallharten Flächen montiert. In bautechnischen Varianten zur Erstellung von Kassetten, Zylindern, Quadern und Profilen werden sie vor eine entsprechend gestaltete Rückwand montiert und können zum Beispiel als frei stehende Akustikelemente oder Raumteiler eingesetzt werden.

[0044] Angesichts der oben offenbarten technischen Lehre der vorliegenden Erfindung ist es für den Fachmann offensichtlich, dass in Hinblick auf die Materialauswahl und bautechnische Varianten und insbesondere die Geometrie der Mikroschlitze enorme Variationsmöglichkeiten bestehen.

[0045] Die erfindungsgemässen Absorptionselemente lassen dem Hersteller ein Höchstmass an gestalterischer Freiheit. Sowohl die Schlitzform und Anordnung kann, wie auch die Form und Ausgestaltung der mikroschlitztragenden Einsätze in weiten Bereichen variiert werden. Die einfachen Schlitze oder die primären Schlitze können linear, gebogen, abgewinkelt, spiralförmig, gezackt und in vielen weiteren Formen geschnitten sein. Die Mikroschlitze mit sekundären Schlitzen können sternförmig und fast beliebig verzweigt sein. Die Aufnahmeöffnungen und entsprechend die mikroschlitztragenden Einsätze können neben der runden Form auch ovale, quadratische, rechteckige, mehreckige, sternförmige und viele weitere Umrisse annehmen.

[0046] Die von den Mikroschlitzen gebildete offene Fläche macht bei den erfindungsgemässen Absorptionselementen bis zu 18 %, vorzugsweise von 0.8 bis 7 %, und besonders bevorzugt 0.8 bis 3 %, bezogen auf eine

erste Oberfläche umfassend die Oberflächen der Grundplatte und die der Einsätze aus. Die Schlitzbreiten werden im Hinblick auf ihre optimale Absorptionsleistung optimiert. Wie bereits erwähnt, hat es sich bei bestimmten Ausführungsformen als vorteilhaft erwiesen, Mikroschlitze verschiedener Breiten zu kombinieren oder Mikroschlitze mit variierenden Breiten anzubringen.

[0047] Bei den erfindungsgemässen Absorptionselementen mit unregelmässig verteilten oder in bestimmten Bereichen konzentrierten Mikroschlitzen ist in bevorzugten Ausführungsformen bis zu 50 % der Fläche im Zentrum der ersten Oberfläche der Grundplatte geschlossen.

Patentansprüche

1. Schallabsorbierendes Absorptionselement mit einer Grundplatte aus Glas (1,20), das mindestens einen Mikroschlitz (10,11,12,13,14,15,16,25) mit einer Breite zwischen 0.05 und 1 mm , vorzugsweise zwischen 0.1 und 0.9 mm aufweist, wobei durch den mindestens einen Mikroschlitz (10,11,12,13,14,15, 16,25) eine offene Fläche von 0.8 bis 18 %, vorzugsweise 0.8 bis 7 % und besonders bevorzugt 0.8 bis 3 %, bezogen auf eine erste Oberfläche 2 der Grundplatte (1,20) gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil der Mikroschlitze (10,11,12,13,14,15,16,25) auf mindestens einem mikroschlitztragenden Einsatz angeordnet sind, die in Aufnahmeöffnungen der Grundplatte (1,20) angeordnet sind.

2. Schallabsorbierendes Absorptionselement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine mikroschlitztragende Einsatz aus Glas, Metall oder Kunststoff gefertigt ist.

3. Schallabsorbierendes Absorptionselement nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine mikroschlitztragende Einsatz gleich dick, dünner oder dikker als die Grundplatte ausgebildet ist.

4. Schallabsorbierendes Absorptionselement nach einem der vorangegangenen Ansprüche , **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine mikroschlitztragende Einsatz in die jeweilige Aufnahmeöffnung eingeklebt oder mittels einer Haltevorrichtung fest oder lösbar gehalten ist.

5. Schallabsorbierendes Absorptionselement nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Mikroschlitz oder eine Mehrzahl von Mikroschlitzen (10,11,12,13,14,15,16,25) ungleichmässig in der Grundplatte verteilt oder in einzelnen Bereichen der Grundplatte konzentriert sind.

6. Schallabsorbierendes Absorptionselement nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikroschlitze (14) von der linearen Form abweichende Formen aufweisen.

7. Schallabsorbierendes Absorptionselement nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikroschlitze ausgehend von Primärschlitzen (15) eine Mehrzahl von Sekundärschlitzen (16) aufweisen, so dass eine komplexe Schlitzform erzielbar ist.

8. Schallabsorbierendes Absorptionselement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet dass**, um in einem breiten Frequenzbereich gute Absorptionsleistungen zu erreichen, im Absorptionselement Mikroschlitze (10,11,12,13,14,15, 16,25)mit verschiedenen Breiten eingesetzt oder die Breiten innerhalb eines Mikroschlitzes (10,11,12,13, 14,15,16,25) variiert werden.

9. Akustikelement umfassend mindestens ein schallabsorbierendes Absorptionselement gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8 und mindestens eine vom schallabsorbierenden Absorptionselement beabstandet angeordnete schallharte Rückwand.

10. Akustikelement nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand zur Rückwand zwischen 10 bis 350 mm, vorzugsweise 20 bis 150 mm beträgt.

11. Verfahren zur Herstellung schallabsorbierender Absorptionselemente gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikroschlitze (10,11,12,13,14,15,16,25) mit einer Breite zwischen 0.05 und 1 mm mittels abrasiver Wasserstrahltechnik erstellt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ausgehend von einem Primärschlitz (15) Sekundärschlitze (16) geschnitten werden.

13. Verfahren zur Herstellung schallabsorbierender Absorptionselemente gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundplatte (20) aus Glas mit Aufnahmeöffnungen versehen wird und in mindestens einem getrennten Arbeitsschritt ein mikroschlitztragender Einsatz zur Montage in der Aufnahmeöffnung erstellt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die funktionelle Schlitzbreite der Mikroschlitze (10,11, 12,13,14,15,16,25) durch Beschichten der inneren Oberfläche der Schlitze mit Lack oder dünnflüssigem Kunststoff oder versetztes Übereinanderlagern von Mikroschlitzen (10,11,12,13,14,15,16,25) zwei-

er geschlitzter Grundplatten (1) oder Einsätze verringert wird.

Claims

1. Sound-absorbing absorption element having a baseplate of glass (1, 20) and comprising at least one microslot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) with a width between 0.05 and 1 mm, preferably between 0.1 and 0.9 mm, wherein the at least one microslot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) forms an open area of 0.8 to 18%, preferably 0.8 to 7%, and particularly preferably 0.8 to 3%, based on a first surface (2) of the baseplate (1, 20), **characterized in that** at least some of the microslots (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) are arranged on at least one microslot-carrying insert which is arranged in receiving openings of the baseplate (1, 20).

2. Sound-absorbing absorption element according to Claim 1, **characterized in that** the at least one microslot-carrying insert is manufactured from glass, metal or plastic.

3. Sound-absorbing absorption element according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one microslot-carrying insert is designed to have the same thickness, to be thinner or to be thicker than the baseplate.

4. Sound-absorbing absorption element according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one microslot-carrying insert is adhesively bonded in the respective receiving opening or is held fixedly or releasably by means of a holding device.

5. Sound-absorbing absorption element according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one microslot or a plurality of microslots (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) are distributed non-uniformly in the baseplate or are concentrated in individual regions of the baseplate.

6. Sound-absorbing absorption element according to one of the preceding claims, **characterized in that** the microslots (14) have shapes which deviate from the linear shape.

7. Sound-absorbing absorption element according to one of the preceding claims, **characterized in that**, starting from primary slots (15), the microslots have a plurality of secondary slots (16), with the result that a complex slot shape can be achieved.

8. Sound-absorbing absorption element according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that**, in order to achieve good absorption capacities in a wide frequency range, microslots (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) with different widths are used in the absorption element or the widths within a microslot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) are varied.

9. Acoustic element comprising at least one sound-absorbing absorption element according to one of Claims 1 to 8 and at least one reverberant rear wall arranged at a distance from the sound-absorbing absorption element.

10. Acoustic element according to Claim 9, **characterized in that** the distance from the rear wall is between 10 to 350 mm, preferably 20 to 150 mm.

11. Method for producing sound-absorbing absorption elements according to one of Claims 1 to 8, **characterized in that** the microslots (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) are produced with a width between 0.05 and 1 mm by means of an abrasive water jet technique.

12. Method according to Claim 11, **characterized in that** secondary slots (16) are cut starting from a primary slot (15).

13. Method for producing sound-absorbing absorption elements according to one of Claims 1 to 8, **characterized in that** the baseplate (20) of glass is provided with receiving openings and, in at least one separate work step, a microslot-carrying insert for mounting in the receiving opening is produced.

14. Method according to one of the preceding Claims 11 to 13, **characterized in that** the functional slot width of the microslots (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) is reduced by coating the inner surface of the slots with a surface coating or low-viscosity plastic or by mounting microslots (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) of two slotted baseplates (1) or inserts above one another in an offset manner.

Revendications

1. Elément absorbant le bruit, doté d'une plaque de base (1, 20) en verre qui présente au moins une microfente (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) d'une largeur comprise entre 0,05 et 1 mm et de préférence entre 0,1 et 0,9 mm, une surface ouverte de 0,8 à 18 %, de préférence de 0,8 à 7 % et de façon particulièrement préférable de 0,8 à 3 % d'une première surface (2) de la plaque de base (1, 20) étant formée par la ou les micro-fentes (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25), **caractérisé en ce que**
au moins une partie des micro-fentes (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) est disposée sur au moins une garniture portant les micro-fentes disposée dans des

ouvertures de réception de la plaque de base (1, 20).

2. Elément absorbant le bruit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la ou les garnitures portant les micro-fentes sont réalisées en verre, en métal ou en matière synthétique.

3. Elément absorbant le bruit selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la ou les garnitures portant les micro-fentes ont la même épaisseur, sont plus minces ou sont plus épaisses que la plaque de base.

4. Elément absorbant le bruit selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la ou les garnitures portant les micro-fentes sont collées dans l'ouverture de réception correspondante ou sont maintenues de manière fixe ou libérable par un dispositif de maintien.

5. Elément absorbant le bruit selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la micro-fente, les micro-fentes ou plusieurs micro-fentes (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) sont réparties irrégulièrement dans la plaque de base ou sont concentrées dans certaines parties de la plaque de base.

6. Elément absorbant le bruit selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les micro-fentes (14) ont une forme différente d'une forme linéaire.

7. Elément absorbant le bruit selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les micro-fentes présentent plusieurs fentes secondaires (16) qui partent de fentes primaires (15), ce qui permet d'obtenir des fentes de forme complexe.

8. Elément absorbant le bruit selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** pour obtenir de bons résultats d'absorption dans une large plage de fréquences, des micro-fentes (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) de différentes largeurs sont utilisées dans l'élément absorbant ou leur largeur varie à l'intérieur d'une micro-fente (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25).

9. Elément acoustique comprenant au moins un élément absorbant le bruit selon l'une des revendications 1 à 8 et au moins une paroi arrière acoustiquement dure disposée à distance de l'élément absorbant le bruit.

10. Elément acoustique selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la distance par rapport à la paroi arrière est comprise entre 10 et 350 mm et de préférence entre 20 et 150 mm.

11. Procédé de fabrication d'éléments absorbant le bruit selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** les micro-fentes (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) sont réalisée à une largeur comprise entre 0,05 et 1 mm par une technique d'abrasion par jet d'eau.

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** des fentes secondaires (16) sont découpées à partir d'une fente primaire (15).

13. Procédé de fabrication d'éléments absorbant le bruit selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la plaque de base (20) en verre est dotée d'ouvertures de réception et **en ce qu'**une garniture portant les micro-fentes est formée dans au moins une étape de travail séparée en vue d'être montée dans l'ouverture de réception.

14. Procédé selon l'une des revendications 11 à 13 qui précèdent, **caractérisé en ce que** la largeur fonctionnelle des micro-fentes (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) est diminuée en revêtant la surface intérieure des fentes d'un vernis ou d'une matière synthétique fluide, ou en superposant en décalage des micro-fentes (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25) de deux plaques de base (1) ou garnitures fendues.

Fig. 1a

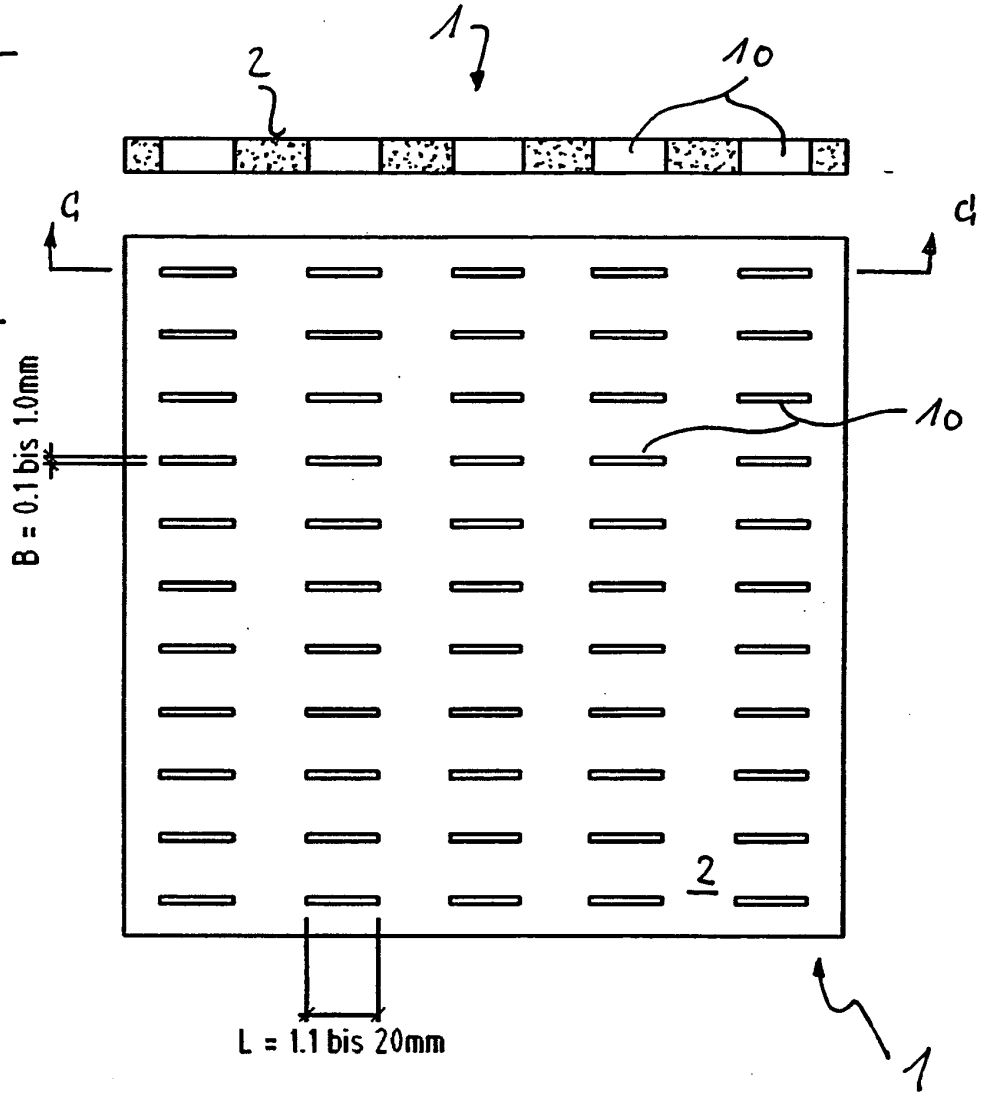


Fig. 1b

Fig. 2a



Fig. 2b

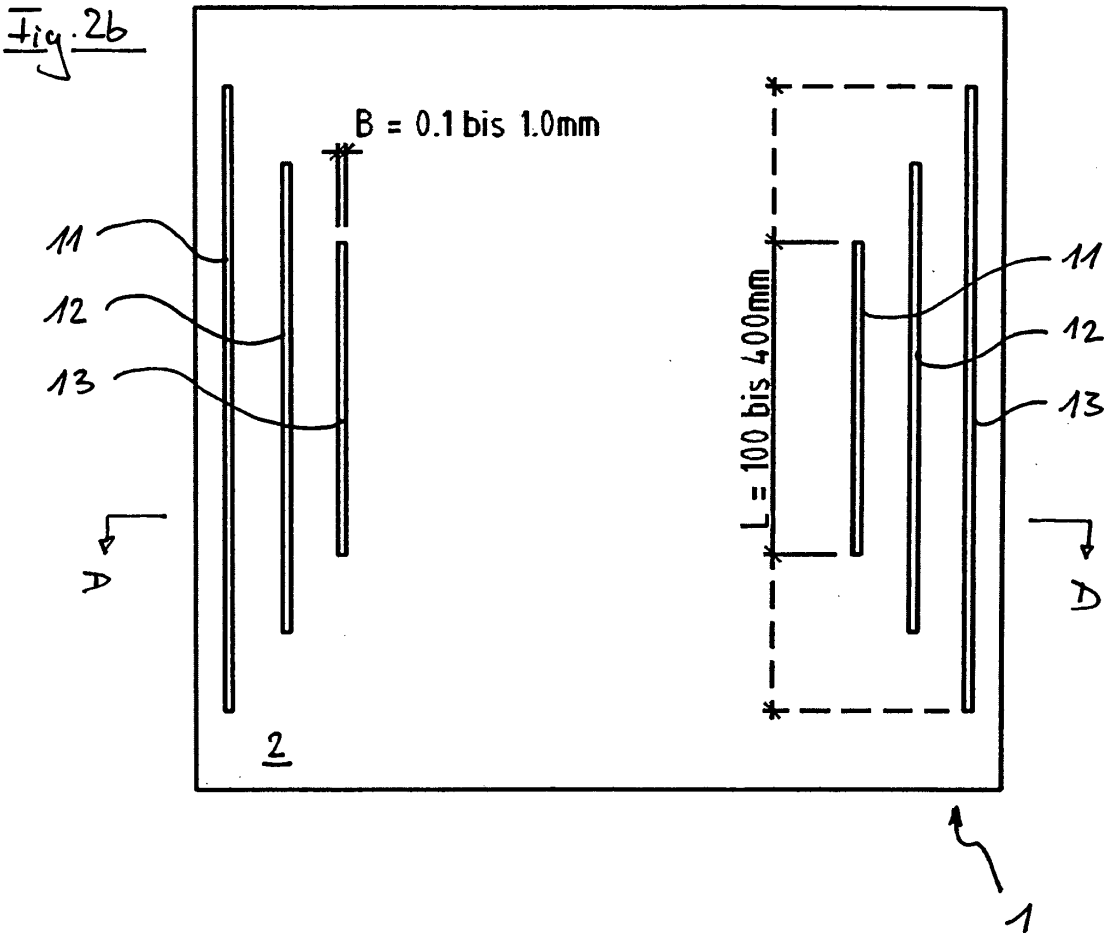


Fig. 3a

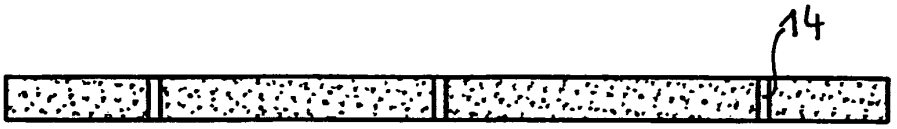


Fig. 3b

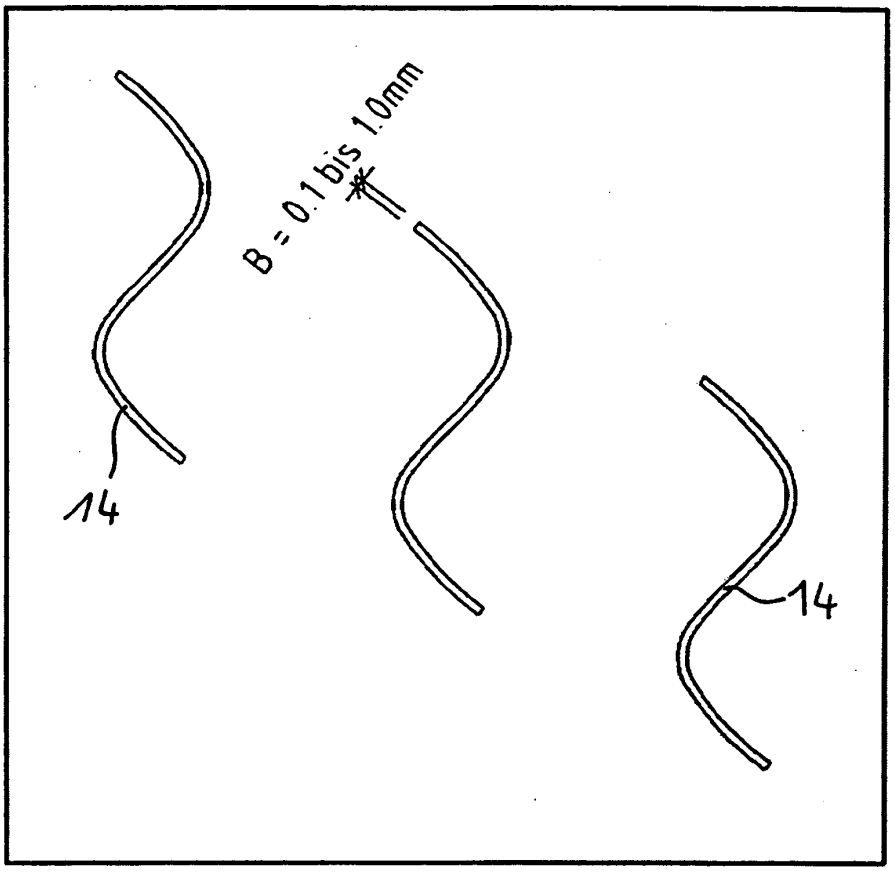


Fig. 4a

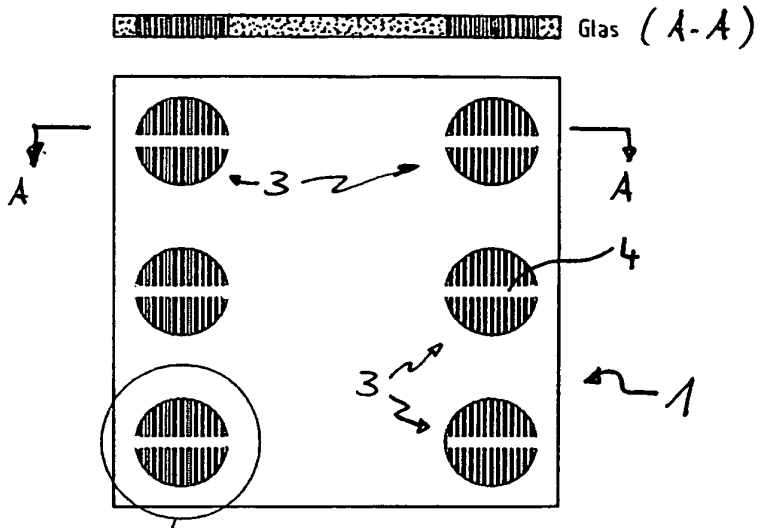


Fig. 4b

Fig. 4c

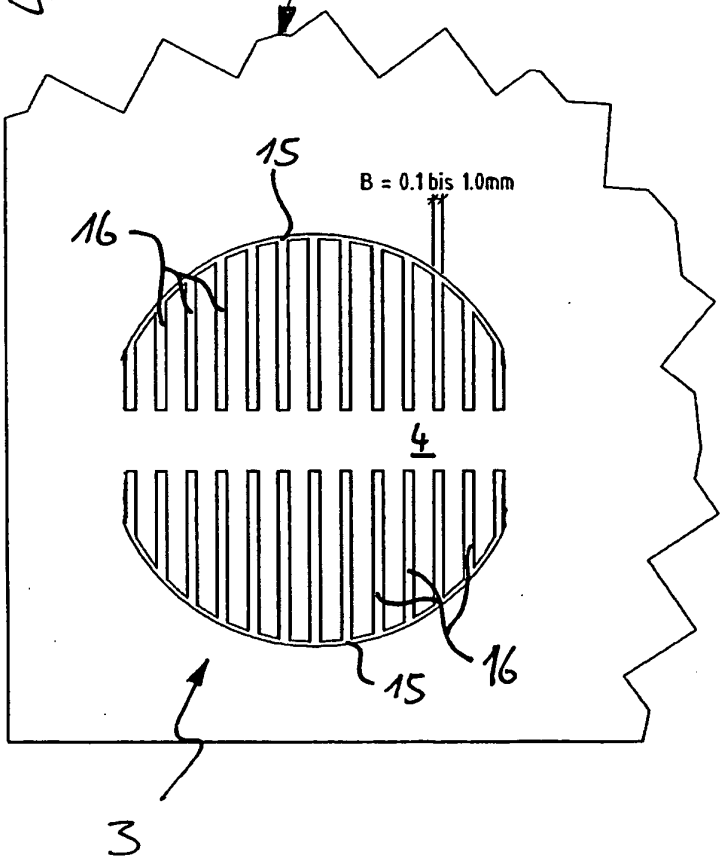


Fig. 5a

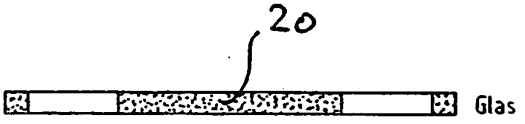


Fig. 5b

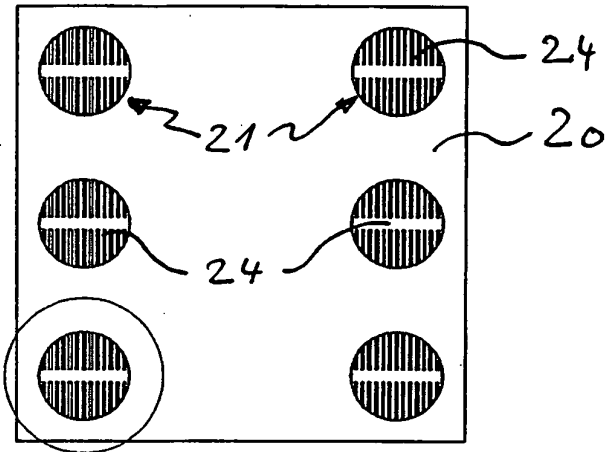


Fig. 5c

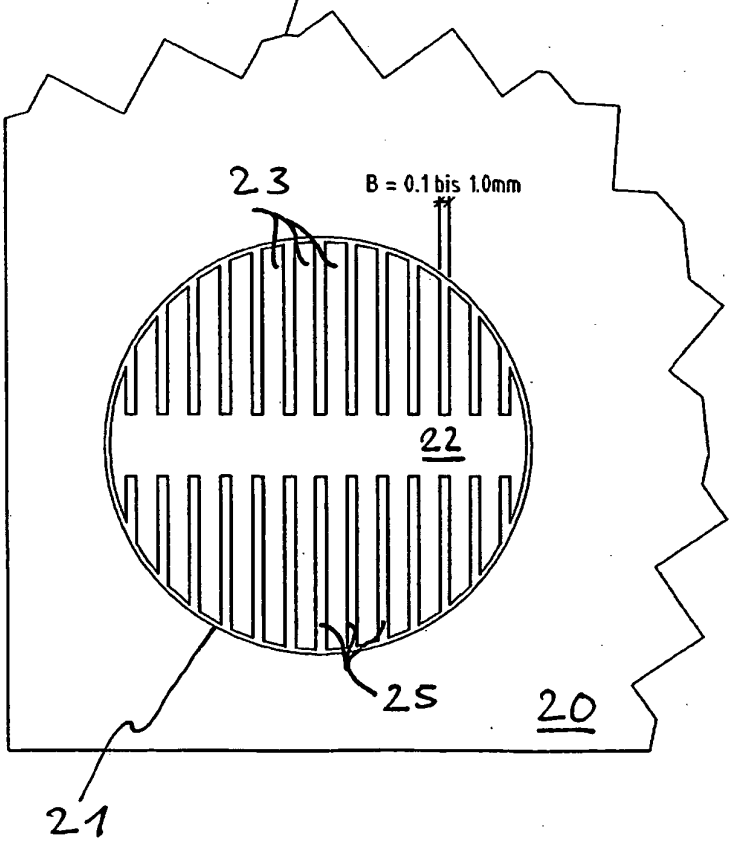
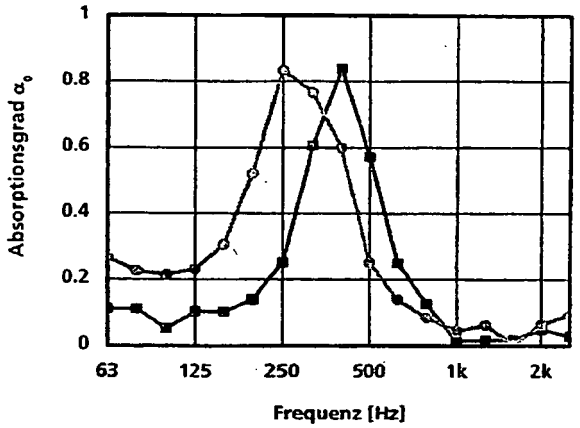
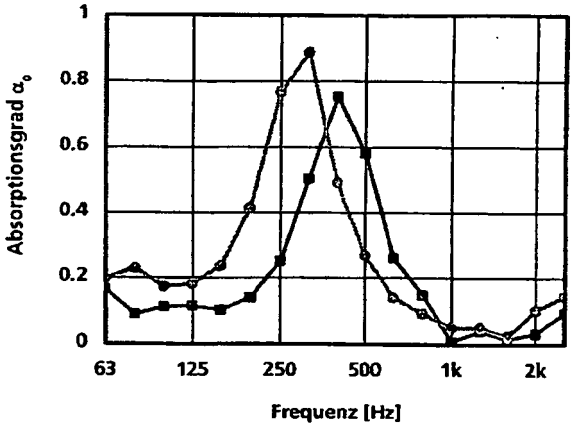


Fig. 6



—■— Glas, gleichmäßige Schlitze, d = 0.61 mm (Perf. = 1.54%), Vorderseite, D = 5 cm.
—○— Glas, gleichmäßige Schlitze, d = 0.61 mm (Perf. = 1.54%), Vorderseite, D = 10 cm.

Fig. 7



—■— Glas, Randschlitze d = 0.61 mm (Perf. = 2.25%), Vorderseite, D = 5 cm.
—○— Glas, Randschlitze d = 0.61 mm (Perf. = 2.25%), Vorderseite, D = 10 cm.

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4315759 **[0003] [0004]**
- DE P4312886 **[0004]**
- WO 2006101403 A **[0005]**
- DE 9116233 U **[0006]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **D.-Y. MAA.** *Scientia Sinica,* 1975, vol. 18, 55-71 **[0004]**