

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Dezember 2006 (07.12.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/128632 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G10K 11/168 (2006.01) **E04B 1/86** (2006.01)
B61D 17/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/004995

(22) Internationales Anmeldedatum:

24. Mai 2006 (24.05.2006)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2005 024 549.8 28. Mai 2005 (28.05.2005) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **AIRBUS DEUTSCHLAND GMBH** [DE/DE]; Kreetslag 10, 21129 Hamburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **THOMAS, Christian** [DE/DE]; Oeverseestr. 10, 22769 Hamburg (DE). **WANDEL, Martin** [DE/DE]; Hartenholmer Str. 4, 24640 Hasenmoor (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, 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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

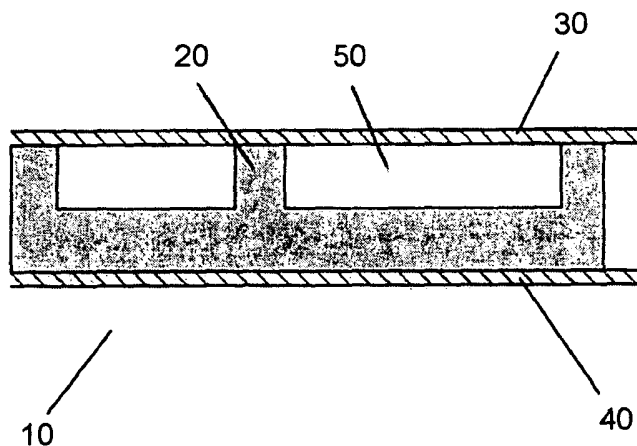
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: SANDWICH STRUCTURE HAVING A FREQUENCY-SELECTIVE DOUBLE-WALL BEHAVIOR

(54) Bezeichnung: SANDWICHSTRUKTUR MIT FREQUENZSELEKTIVEM DOPPELWANDVERHALTEN



(57) Abstract: The invention relates to a sandwich structure (1, 10) which comprises a core (2, 20) and cover layers (3, 4, 30, 40) disposed on both sides of the core (2, 20). Said core (2, 20) is provided with core recesses (5, 50) which are dimensioned in such a manner that the acoustic behavior of the sandwich structure (1, 10) in the area of the core recesses (5, 50) corresponds to the acoustic behavior of a double wall while at the same time maintaining the global acoustic behavior of the sandwich structure (1, 10).

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Sandwichstruktur (1, 10) beschrieben, welche einen Kern (2, 20) sowie beidseitig des Kerns (2, 20) angeordnete Deckschichten (3, 4, 30, 40) umfasst, bei der der Kern (2, 20) Kernaussparungen (5, 50) aufweist, welche so bemessen sind, dass das akustische Verhalten der Sandwichstruktur (1,

10) im Bereich der Kernaussparungen (5, 50) dem akustischen Verhalten einer Doppelwand entspricht, und gleichzeitig das globale akustische Verhalten der Sandwichstruktur (1, 10) erhalten bleibt.

WO 2006/128632 A1

Sandwichstruktur mit frequenzselektivem Doppelwandverhalten

B e s c h r e i b u n g

5

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Sandwichstruktur, umfassend einen Kern sowie beidseitig des Kerns angeordnete Deckschichten.

10

Stand der Technik

Höhere Anforderungen an den Akustikkomfort für Passagiere in Großraumflugzeugen verlangen bessere akustische Eigenschaften des Kabinenwandaufbaus und somit der Kabinenwandelemente, aus denen die Innenverkleidung der Kabine besteht. Standardmaterial für diese Kabinenwandelemente sind Sandwichstrukturen, wie beispielsweise Sandwichplatten mit einem Kern aus einer Wabenstruktur.

20

Der Aufbau einer Sandwichplatte ist beispielhaft in Fig. 5 dargestellt. Die Sandwichplatte 100 umfasst eine dreischichtige Verbundkonstruktion mit Deckschichten 300, 400 der Dicke d_1 und d_2 sowie einem Stützkern 200 der Höhe h . Als Deckschicht an Ober- 300 bzw. Unterseite 400 des Stützkerns 200 wird beispielsweise ein faserverstärktes Verbundmaterial verwendet. Den Stützkern 200 bildet eine Wabe aus in Phenolharz getränktem Papier, die in ihrem Aussehen einer Bienenwabe ähnelt. Zukünftig ist vermehrt von einem Einsatz von Schäumen, beispielsweise aus Phenolharz, als Kernmaterial auszugehen.

30

Ein wesentlicher Vorteil von Sandwichplatten ist ihre sehr

hohe Biegesteifigkeit bei niedrigem Gewicht. In einer Sandwichplatte werden Zug- und Druckspannungen überwiegend durch die Deckschichten übertragen, während der Kern die aus einer Verformung der Gesamtstruktur normal zur Plattenoberfläche resultierenden Schubspannungen überträgt.

Gegenüber homogen aufgebauten Werkstoffen mit identischem oder vergleichbarem Flächengewicht sind die akustischen Eigenschaften von Sandwichplatten bezüglich Schalltransmissionen und Schallabstrahlung jedoch schlecht. So liegt das mit Sandwichplatten zu erreichende Schalldämmmaß oberhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz deutlich unter dem Wert, der für homogene Materialien aus dem Massegesetz resultiert. Im Gegensatz zu homogenen Wandaufbauten bildet sich bei Sandwichplatten im Bereich der Koinzidenzgrenzfrequenz ein Einbruch des Schalldämmmaßes in Form eines breitbandigen Plateaus aus. Ursache für dieses Verhalten ist die Schubsteifigkeit des Kerns, die in diesem Frequenzbereich die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Transversalwellen innerhalb der Sandwichplatte dominiert.

Eine Möglichkeit zur Verbesserung des Schalldämmmaßes von Sandwichplatten ist deshalb, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Transversalwellen durch Verringerung der Schubsteifigkeit des Kerns unterhalb der Luftschallgeschwindigkeit zu halten.

So ist aus DE 100 34 990 A1 und EP 1 382 439 A3 bekannt, die Schubsteifigkeit des Kerns einer Sandwichplatte beispielsweise durch Schlitzung zu verringern. Dadurch wird der Verlauf des Schalldämmmaßes verbessert und die Schallabstrahlung der Sandwichplatte verringert.

Eine andere Möglichkeit zur Minderung des negativen Einflusses des Koinzidenzeffekts auf das Schalldämmmaß besteht in

der Erhöhung der Körperschalldämpfung von Sandwichplatten.

Aus EP 1 061 190 A1 ist eine Sandwichplatte mit beidseitig
eines Kerns angeordneten Deckschichten bekannt. Der Kern
5 selbst besteht dabei aus mindestens zwei Kernschichten, von
denen die beiden äußersten jeweils mit einer Deckschicht ver-
bunden sind. Die Kernschichten sind mittels Distanzelementen
voneinander beabstandet. Diese Sandwichplatte stellt für den
Bereich der Bauakustik eine Verbesserung in der Schalldämmung
10 gegenüber Einfachwänden dar, sowie einen vereinfachten kon-
struktiven Aufbau gegenüber konventionellen Doppelwänden, wie
etwa von Gipskarton-Mineralfaserwolle-Gipskarton-Wänden. Die
Auslegung der voneinander beabstandet angeordneten Kern-
schichten erfolgt dabei ausschließlich nach statischen Ge-
15 sichtspunkten. Konstruktive Gegebenheiten und akustischen Ei-
genschaften der Sandwichplatte werden in EP 1 061 190 A1
nicht berücksichtigt. Möglichkeiten zur Vermeidung der Dop-
pelwandresonanzfrequenz von Doppelwänden werden nicht vorge-
schlagen.

20

Aus Feng, L. „A modified honeycomb panel to increase sound
transmission loss“; *Tenth international Congress on Sound and
Vibration*, Stockholm 2003; S. 4549-4554, ist bekannt, das
Schalldämmmaß von Sandwichplatten in Aluminiumbauweise zu er-
25 höhen, indem die Verklebung zwischen Aluminiumdeckschicht und
Kern lokal gelöst wird. Dadurch verhält sich die Sandwich-
platte im Bereich der Koinzidenzgrenzfrequenz sowie im Be-
reich der Doppelwandresonanz akustisch annähernd wie eine
Wand aus einem homogenen Werkstoff nach dem Massegesetz.
30 Nachteilig hieran ist, dass eine nur partielle Verklebung der
Deckschichten mit dem Kern einer Sandwichplatte für den Ein-
satz im Flugzeugbau ungeeignet ist. Bei der Herstellung muss
in den nicht zu verklebenden Bereichen eine zusätzliche

Trennfolie eingebracht werden, die nach der Herstellung nicht entfernt werden kann und somit zu einer Gewichtserhöhung der Sandwichplatte führt. In den nicht verklebten Bereichen kommt es zu einem Klappern von Kern, Trennfolie und Deckschicht, was zu einer Beschädigung der einzelnen Komponenten führt und somit die Lebensdauer der Sandwichplatte mindert.

DE-AS 14 22 020 und DE-AS 11 91 597 offenbaren eine Sandwichstruktur, umfassend einen Kern sowie beidseitig des Kerns angeordnete Deckschichten, wobei der Kern regelmäßig angeordnete Kernaussparungen aufweist.

Technische Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Sandwichstruktur mit verbessertem Schalldämmmaß zu entwickeln.

Vorteile der Erfindung

Die Aufgabe wird durch eine Sandwichstruktur nach Anspruch 1 gelöst, wobei der Kern vorzugsweise direkt unter einer oder unter beiden Deckschichten angeordnete Kernaussparungen aufweist, welche so bemessen sind, dass das akustische Verhalten der Sandwichstruktur im Bereich der Kernaussparungen lokal dem akustischen Verhalten einer Doppelwand entspricht, und gleichzeitig das globale akustische Verhalten der Sandwichstruktur erhalten bleibt. Durch entsprechende Dimensionierung und Anordnung der Kernaussparungen entspricht das akustische Verhalten der erfindungsgemäßen Sandwichstruktur im hochfrequenten Bereich dem einer Doppelwand, und im tieffrequenten Bereich dem einer konventionellen Sandwichplatte. Um dieses akustische Verhalten zu erreichen sind die zwischen den Deckschichten in dem Kern angeordneten Kernaussparungen einer-

seits groß genug, damit das akustische Verhalten der Sandwichstruktur im Bereich der Kernaussparungen lokal dem akustischen Verhalten einer Doppelwand entspricht, und andererseits klein genug, damit das globale akustische Verhalten der Sandwichstruktur erhalten bleibt. Der Kern kann dabei aus einer Wabenstruktur bestehen, aus welcher die Kernaussparungen ausgeschnitten sind. Ebenso ist denkbar, dass der Kern aus einem ausgehärteten Schaum, beispielsweise aus einem aufgeschäumten Kunstharz besteht, aus dem die Kernaussparungen ausgeschnitten sind, oder bei dessen Herstellung diese beim Aufschäumen ausgespart wurden. Durch die Kernaussparungen entstehen Bereiche, in denen die Deckschichten durch die Wabenstruktur oder den Schaum des Kerns gestützt sind, sowie Bereiche, in denen die Deckschichten nicht oder nur wenig gestützt sind. Die Sandwichstruktur kann beispielsweise eine Sandwichplatte sein.

Die erfindungsgemäße Sandwichstruktur weist gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil auf, dass sie sich im Bereich der Koinzidenzgrenzfrequenz einer konventionell aufgebauten Sandwichplatte mit identischen Abmessungen, sowie oberhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz akustisch wie eine Doppelwand, und nicht wie eine konventionelle Sandwichplatte verhält. Unterhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz verhält sich die erfindungsgemäße Sandwichstruktur wie eine konventionelle Sandwichplatte. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Sandwichstruktur ist eine aus der partiellen Kernentfernung resultierende Gewichtsreduktion gegenüber konventionellen Sandwichplatten. Ein positiver Nebeneffekt ist die durch die Kernaussparungen bedingte Verringerung der Schubsteifigkeit des Kerns, verbunden mit den oben beschriebenen positiven Auswirkungen auf das Schalldämmmaß.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Kernaussparungen so ausgebildet sind, dass mindestens eine Deckschicht Bereiche aufweist, welche nicht durch den Kern gestützt sind. Dabei können die Kernaussparungen so ausgebildet sein, dass der Kern partiell vollständig, oder nur über einen Teil seiner Höhe entfernt ist, so dass Bereiche entstehen, in denen beide Deckschichten nicht durch den Kern gestützt sind, oder Bereiche, in denen nur eine Deckschicht nicht durch den Kern gestützt ist. Vorzugsweise liegt die erste Eigenfrequenz der im Bereich der Kernaussparungen nicht durch den Kern gestützten Deckschichtbereiche unterhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz einer Sandwichstruktur gleicher Abmessungen ohne Kernaussparungen, und oberhalb der Doppelwandresonanz der Deckschichten. Darüber hinaus sind die Eigenfrequenzen benachbarter, nicht durch den Kern gestützter Deckschichtbereiche vorzugsweise verschieden. Um Interferenzen zwischen benachbarten Kernaussparungsbereichen zu vermeiden, entspricht das Verhältnis der Eigenfrequenzen benachbarter Kernaussparungsbereiche vorzugsweise einer Priemzahl oder einer irrationalen Zahl.

Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass mindestens eine Deckschicht im Bereich benachbarter Kernaussparungen unterschiedliche Dicken aufweist. Durch die unterschiedlichen Dicken der Deckschicht im Bereich benachbarter Kernaussparungen werden unterschiedliche Eigenfrequenzen der im Bereich der Kernaussparungen nicht durch den Kern gestützten Deckschichtbereiche erreicht.

Eine zusätzliche, vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die auf gegenüberliegenden Seiten des Kerns angeordneten Deckschichten unterschiedliche Dicken aufweisen. Durch die Ausführung der auf den gegenüberliegenden Seiten

des Kerns angeordneten Deckschichten mit unterschiedlichen Dicken kann die Doppelwandresonanz beeinflusst werden. Durch eine geeignete Wahl der Dicken der Deckschichten kann die Doppelwandresonanz auf eine gewünschte Frequenz eingestellt werden. Dies ist ebenso dadurch erreichbar, dass die auf gegenüberliegenden Seiten des Kerns angeordneten Deckschichten aus unterschiedlichen Materialien bestehen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass benachbarte Kernaussparungen unterschiedliche Geometrien aufweisen. Alternativ oder zusätzlich können benachbarte Kernaussparungen unterschiedliche Abmessungen aufweisen. Die Kernaussparungen weisen in der Draufsicht vorzugsweise einfach herzustellende Geometrien mit beispielsweise rechteckigem, quadratischem, kreisförmigem oder dreieckigem Querschnitt auf. Dabei können sich die Kernaussparungen über die gesamte Höhe des Kerns erstrecken, oder sie können nur einen Teil der Höhe des Kerns einnehmen. Grundsätzlich ist auch denkbar, dass die Kernaussparungen so angeordnet sind, dass beide Deckschichten Bereiche aufweisen, in denen sie nicht durch den Kern gestützt sind, wobei beispielsweise im Bereich der Mitte der Höhe der Kern durchgehend erhalten bleibt. Vorzugsweise ist der Kern durch die Kernaussparungen zumindest unter einer Deckschicht zu einem Kerngitter reduziert. Erstrecken sich die Kernaussparungen über die gesamte Höhe des Kerns, so umfasst das Kerngitter die Deckschichten miteinander verbindende Stege. Der Kern kann bei allen Ausführungsformen aus einer Wabenstruktur hergestellt sein, aus der die Kernaussparungen ausgeschnitten sind. Ebenso ist denkbar, dass der Kern aus einem aufgeschäumten Werkstoff hergestellt ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben

sich aus einer Kombination der abhängigen Ansprüche sowie aus der nachfolgenden Beschreibung des Ausführungsbeispiels.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen:

5

In den Figuren zeigen:

10

Figur 1 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer erfindungsgemäßen Sandwichstruktur im Querschnitt,

Figur 2 eine schematische Darstellung verschiedener Geometrien von Kernaussparungen in der Draufsicht,

15

Figur 3 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer erfindungsgemäßen Sandwichstruktur im Querschnitt mit nur unter einer Deckschicht angeordneten Kernaussparungen,

20

Figur 4 eine Darstellung des Verlaufs des Schalldämmmaßes einer erfindungsgemäßen Sandwichstruktur, einer Doppelwand sowie einer konventionellen Sandwichplatte mit gleichen Abmessungen und gleichem Flächengewicht, sowie

25

Figur 5 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer dem Stand der Technik entsprechenden, konventionellen Sandwichplatte im Querschnitt.

Detaillierte Ausführungsform der Erfindung

30

Eine in Fig. 1 dargestellte Sandwichstruktur 1 besteht im Wesentlichen aus einem Kern 2, zwei beidseitig des Kerns 2 angeordnete Deckschichten 3, 4, sowie in dem Kern 2 angeordne-

te, die gesamte Höhe h des Kerns 2 einnehmende Kernaussparungen 5. Im Bereich der Kernaussparungen 5 sind die Deckschichten 3, 4 nicht durch den Kern 2 gestützt. Je nach Betrachtungsweise werden diese Bereiche auch als Kernaussparungsbereiche oder Deckschichtbereiche, in denen die Deckschicht 3, 4 nicht durch den Kern 2 gestützt ist, bezeichnet. Die Abmessungen a_1 , a_2 der Kernaussparungen 5 sind dabei einerseits groß genug bemessen, damit das akustische Verhalten der Sandwichstruktur 1 im Bereich der Kernaussparungen 5 lokal dem akustischen Verhalten einer Doppelwand entspricht, und andererseits klein genug bemessen, damit das globale akustische Verhalten der Sandwichstruktur 1 erhalten bleibt. Der Kern 2 besteht dabei aus einer Wabenstruktur, aus welcher die Kernaussparungen 5 ausgeschnitten sind. Grundsätzlich ist auch denkbar, dass der Kern 2 aus einem ausgehärteten Schaum, beispielsweise aus einem aufgeschäumten Kunstharz hergestellt ist. Fig. 1 zeigt dabei einen Querschnitt entlang der Linie A-A durch den in Fig. 2a) in der Draufsicht dargestellten Kern 2' einer Sandwichstruktur 1, bei dem die Kernaussparungen 5' eine rechteckige Geometrie aufweisen. Die Abmessungen a_1 , a_2 benachbarter Kernaussparungen 5 gleicher Geometrie unterscheiden sich dabei voneinander, um Interferenzen zwischen den Eigenfrequenzen der nicht durch den Kern 2 gestützten Bereiche der Deckschichten 3, 4 zu vermeiden.

Bei den in Fig. 2 dargestellten Sandwichstrukturen 1', 1'', 1''', 1'''' nehmen die Kernaussparungen 5', 5'', 5''', 5'''' wiederum die gesamte Höhe h des Kerns 2', 2'', 2''', 2'''' ein, so dass nur ein für verschiedene Geometrien der Kernaussparungen 5', 5'', 5''', 5'''' prinzipiell gezeigtes, aus die Deckschichten miteinander verbindenden Stegen 7 bestehendes Kerngitter 6 stehen bleibt. So weisen die Kernaussparungen 5' in Fig. 2a) in der Draufsicht eine rechteckige Geometrie auf.

In Fig. 2b) weisen die Kernaussparungen 5'' eine kreisförmige Geometrie auf. Kreisförmige Kernaussparungen 5'' sind dabei besonders leicht aus dem Kern 2'' auszuschneiden, beispielsweise mittels einer Lochsäge. In Fig. 2b) weisen diagonal benachbarte Kernaussparungen 5'' unterschiedliche Abmessungen auf. In Fig. 2c) ist ein Kern 2''' mit dreieckigen Kernaussparungen 5''' dargestellt. Benachbarte, dreieckige Kernausschnitte 5''' sind dabei in unterschiedliche Richtungen angeordnet, weisen unterschiedliche Abmessungen auf, oder beides.

10 In Fig. 2d) sind die im Kern 2'''' angeordneten Kernaussparungen 5'''' so bemessen, dass nur noch das Kerngitter 6 bildende, die Deckschichten miteinander verbindende Säulen 8 von dem Kern 2'''' übrig sind. Die Säulen 8 sind dabei vorzugsweise unregelmäßig angeordnet, um Interferenzen zwischen den

15 Eigenfrequenzen der nicht durch den Kern 2'''' gestützten Bereiche der Deckschichten zu vermeiden.

Bei der in Fig. 3 dargestellten Sandwichstruktur 10 nehmen die Kernaussparungen 50 nur einen Teil der Höhe h des Kerns

20 20 ein, so dass der Kern 20 nur unter einer Deckschicht 30 partiell entfernt ist. Dadurch weist die eine Deckschicht 30 Bereiche auf, welche nicht durch den Kern 20 gestützt werden, wohingegen die andere Deckschicht 40 vollständig durch den Kern 20 gestützt wird. Grundsätzlich sind dabei für die Kernaussparungen 50 die selben Geometrien, wie in Fig. 2 dargestellt denkbar.

25

Das in Fig. 4 dargestellte Diagramm zeigt den Verlauf des Schalldämmmaßes TL über der Frequenz für eine erfindungsgemäße Sandwichstruktur, eine Doppelwand sowie eine konventionelle Sandwichplatte. Dabei weisen die erfindungsgemäße Sandwichstruktur, die Doppelwand und die konventionelle Sandwichplatte gleiche Abmessungen in Bezug auf den Abstand der Deck-

30

schichten voneinander, sowie gleiches Flächengewicht auf. Durch die geeignet bemessenen Kernaussparungen entsteht ein frequenzabhängiges Verhalten des Schalldämmmaßes TL der erfindungsgemäßen Sandwichstruktur, das sowohl dem einer Sandwichplatte oder einer Einfachwand, als auch dem einer Doppelwand entspricht. Im tieffrequenten Bereich entspricht das Verhalten weitgehend dem der konventionellen Sandwichplatte oder Einzelwand. Im hochfrequenten Bereich entspricht das Verhalten dem der Doppelwand. Durch die Kernaussparungen wird das akustische Verhalten der Sandwichstruktur derartig beeinflusst, dass das aus dem Stand der Technik bekannte Verhalten der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Transversalwellen über der Frequenz ausgeschlossen wird. Dadurch wird bei der erfindungsgemäßen Sandwichstruktur die Koinzidenz der Transversalwellen mit der umgebenden Luft völlig vermieden, ebenso wie die Ausbildung eines plateauartigen Koinzidenzeinbruchs des Schalldämmmaßes TL.

Um das vorgestellte und in Fig. 4 gezeigte, frequenzselektive Doppelwandverhalten der erfindungsgemäßen Sandwichstruktur und somit den Ausschluss der Koinzidenz der konventionellen (d.h. keine Kernaussparungen aufweisenden) Sandwichplatte zu erreichen, ist für das Design der Kernaussparung die Kenntnis der Koinzidenzgrenzfrequenz f_{sw0} einer vergleichbaren konventionellen Sandwichplatte mit identischen Abmessungen und Materialien für die Deckschichten und den Stützkern notwendig.

Die Abmessungen der Kernaussparungen, wie beispielsweise die Abmessungen a_1 bzw. a_2 nach Fig. 1, sind anschließend so zu wählen, dass unterhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz f_{sw0} die nicht durch den Kern gestützten Deckschichtbereiche ihre erste Eigenfrequenz f_{e1} aufweisen. In diesem Fall wirkt die erfindungsgemäße Sandwichstruktur nicht mehr global als Gesamt-

struktur, sondern lokal als Doppelwand. Andererseits sind die Aussparungen so klein gewählt, dass im Bereich der Doppelwandresonanz f_{dw0} noch das globale Verhalten einer konventionellen Sandwichplatte vorliegt und hier keine Verschlechterung des Schalldämmmaßes auftritt. Dies bedeutet, dass die erste Eigenfrequenz f_{e1} der freien Deckschichtbereiche oberhalb der Doppelwandresonanz f_{dw0} liegen muss. Insgesamt muss also gelten

$$f_{dw0} < f_{e1} < f_{sw0}.$$

Dadurch können für die erfindungsgemäße Sandwichstruktur im tieffrequenten Bereich die positiven akustischen Eigenschaften der Sandwichplatte beibehalten werden. Hochfrequent verhält sich die erfindungsgemäße Sandwichstruktur akustisch wie eine Doppelwand (Fig. 4).

Zusammenfassend wird so eine Erhöhung des Schalldämmmaßes bei gleichzeitiger Gewichtsreduktion erreicht.

20

Es wird besonders hervorgehoben, dass die Koinzidenzgrenzfrequenzen der für sich allein betrachteten, einzelnen Deckschichten für die typischerweise im Flugzeugbau verwendeten Materialien deutlich oberhalb des für den Akustikkomfort relevanten Frequenzbereichs liegen. Ein Auftreten von unerwünschten Hohlraumresonanzen in den Kernaussparungsbereichen, in denen die Deckschicht nicht durch den Kern gestützt ist, ist ebenfalls erst oberhalb des für den Akustikkomfort relevanten Frequenzbereichs zu erwarten. Ferner wirkt das Kerngitter beziehungsweise der zwischen den Deckschichten verbleibende Kern wie eine Kassetttierung eines Doppelwandhohlraums. Dies wirkt sich ebenfalls positiv auf das Schalldämmmaß aus. Zu vermeiden ist eine Abstimmung der nicht durch

den Kern gestützten Bereiche der Deckschichten auf die gleiche Eigenfrequenz. In diesem Falle würde bei der entsprechenden Frequenz die Gesamtstruktur wie eine aus einzelnen Strahlern zusammengesetzte Platte wirken. Die Aussparungen sollten
5 deshalb unterschiedliche Geometrien und/oder Abmessungen aufweisen. Alternativ oder zusätzlich dazu können unterschiedliche Deckschichtdicken und -materialien gewählt werden. Auch eine in Fig. 3 dargestellte, partielle Entfernung des Kerns unter nur einer Deckschicht führt zu den gewünschten unterschiedlichen Deckschichteigenschaften.
10

Die Umsetzung der Erfindung in die Serienfertigung ist leicht möglich, da lediglich die entsprechenden Bereiche des Kerns vor dem Zusammenfügen von Kern und Deckschichten entfernt
15 werden müssen. Der weitere Fertigungsablauf wird nicht beeinträchtigt. Da keine neuen oder zusätzlichen Materialien benötigt werden, ist diesbezüglich auch keine Zulassung seitens der zuständigen Stellen erforderlich.

20 Gewerbliche Anwendbarkeit

Die Erfindung ist insbesondere, aber nicht ausschließlich, im Bereich der Herstellung von Sandwichstrukturen zur Verwendung im Flugzeugbau gewerblich anwendbar.

Bezugszahlenliste

	1	Sandwichstruktur
	2, 2', 2'', 2''', 2''''	Kern
5	3	Deckschicht
	4	Deckschicht
	5, 5', 5'', 5''', 5''''	Kernaussparung
	6	Kerngitter
	7	Steg
10	8	Säule
	10	Sandwichstruktur
	20	Kern
	30	Deckschicht
15	40	Deckschicht
	50	Kernaussparung
	100	Sandwichplatte
	200	Stützkern
20	300	Deckschicht
	400	Deckschicht
	d	Dicke der Deckschicht
	h	Höhe des Kerns
25	a ₁	Abmessung einer Kernaussparung
	a ₂	Abmessung einer Kernaussparung

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Sandwichstruktur (1, 10), umfassend einen Kern (2, 20) sowie beidseitig des Kerns (2, 20) angeordnete Deckschichten (3, 4, 30, 40), wobei der Kern (2, 20) Kernaussparungen (5, 50) aufweist, welche so bemessen sind, dass das akustische Verhalten der Sandwichstruktur (1, 10) im Bereich der Kernaussparungen (5, 50) dem akustischen Verhalten einer Doppelwand entspricht, und gleichzeitig das globale akustische Verhalten der Sandwichstruktur (1, 10) erhalten bleibt, und welche so bemessen sind, dass das akustische Verhalten der Sandwichstruktur (1, 10) im tieffrequenten Bereich dem einer entsprechenden Sandwichstruktur gleicher Abmessungen ohne Kernaussparungen und im hochfrequenten Bereich dem einer Doppelwand entspricht.

2. Sandwichstruktur nach Anspruch 1, wobei die Kernaussparungen (5, 50) so ausgebildet sind, dass mindestens eine Deckschicht (3, 4, 30) Bereiche aufweist, welche nicht durch den Kern (2, 20) gestützt sind.

3. Sandwichstruktur nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Eigenfrequenz der im Bereich der Kernaussparungen (5, 50) nicht durch den Kern (2, 20) gestützten Deckschichtbereiche unterhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz einer Sandwichstruktur (100) gleicher Abmessungen ohne Kernaussparungen (5, 50), und oberhalb der Doppelwandresonanz der Deckschichten (3, 4) liegt.

4. Sandwichstruktur nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Eigenfrequenzen benachbarter, nicht durch den Kern (2, 20) gestützter Deckschichtbereiche verschieden sind.

5. Sandwichstruktur nach Anspruch 4, wobei das Verhältnis der Eigenfrequenzen benachbarter Kernaussparungsbereiche einer Primzahl oder einer irrationalen Zahl entspricht.

5

6. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens eine Deckschicht (3, 4, 30) im Bereich benachbarter Kernaussparungen (5, 50) unterschiedliche Dicken (d) aufweist.

10

7. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die auf gegenüberliegenden Seiten des Kerns (2, 20) angeordneten Deckschichten (3, 4, 30, 40) unterschiedliche Dicken (d) aufweisen.

15

8. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die auf gegenüberliegenden Seiten des Kerns (2, 20) angeordneten Deckschichten (3, 4, 30, 40) aus unterschiedlichen Materialien bestehen.

20

9. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei durch die Kernaussparungen (50) der Kern (20) nur unter einer Deckschicht (30) partiell entfernt ist, so dass die eine Deckschicht (30) Bereiche aufweist, welche nicht durch den Kern (20) gestützt werden, und die andere Deckschicht (40) vollständig durch den Kern (20) gestützt wird.

25

10. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kern (2, 20) aus einer Wabenstruktur hergestellt ist.

30

11. Sandwichstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Kern (2, 20) aus einem aufgeschäumten Werkstoff herge-

stellt ist.

12. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei benachbarte Kernaussparungen (5', 5'', 5''', 5''''') un-
5 terschiedliche Geometrien aufweisen.

13. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei benachbarte Kernaussparungen (5, 50) unterschiedliche
Abmessungen aufweisen.

10

14. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Kernaussparungen (5') einen rechteckigen oder quad-
ratischen Querschnitt aufweisen.

15 15. Sandwichstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei
die Kernaussparungen (5'') einen kreisförmigen Querschnitt
aufweisen.

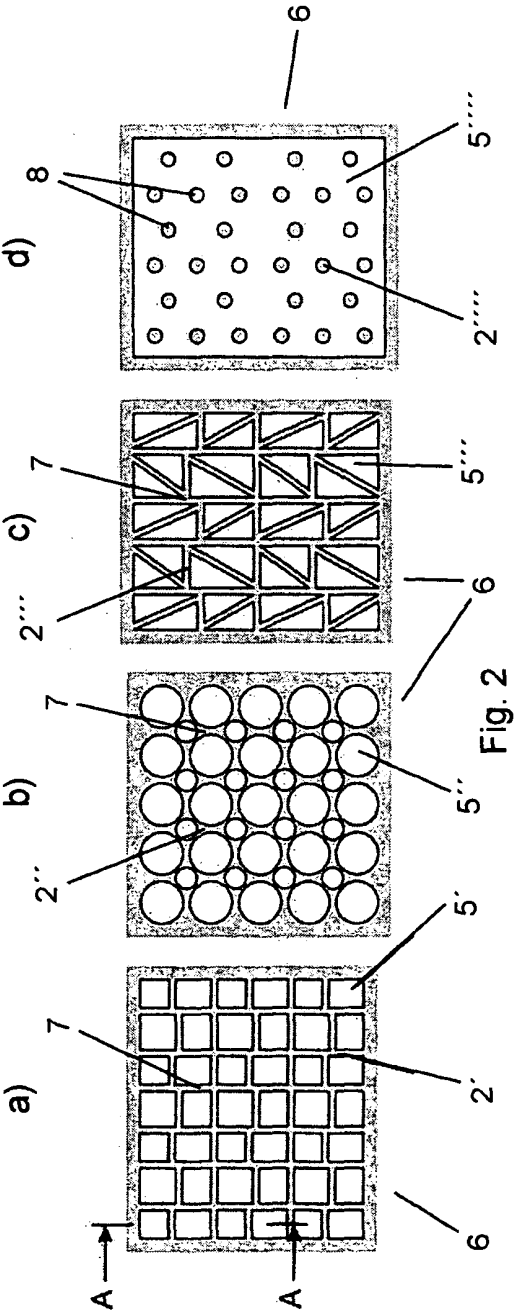
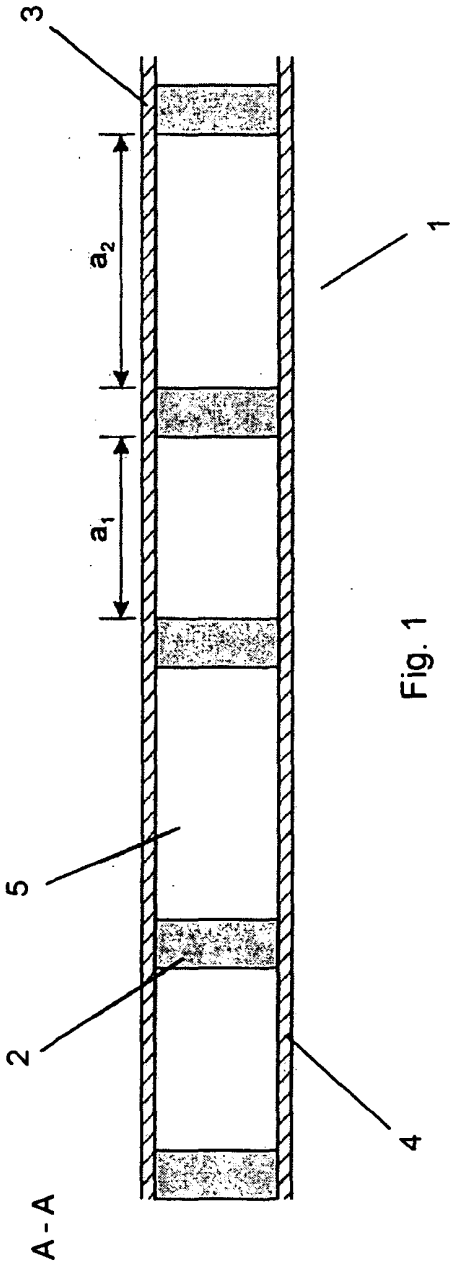
16. Sandwichstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei
20 die Kernaussparungen (5''') einen dreieckigen Querschnitt
aufweisen.

17. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Kernaussparungen (50) nur einen Teil der Höhe (h)
25 des Kerns (20) einnehmen.

18. Sandwichstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Kern (2, 20) mindestens unter einer Deckschicht (3,
4, 30, 40) zu einem Kerngitter (6) reduziert ist.

30

19. Sandwichstruktur nach Anspruch 18, wobei das Kerngitter
(6) die Deckschichten (3, 4) miteinander verbindende Stege
(7, 8) umfasst.



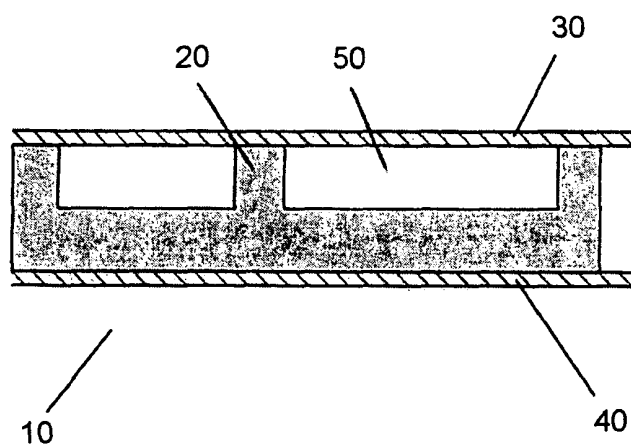


Fig. 3

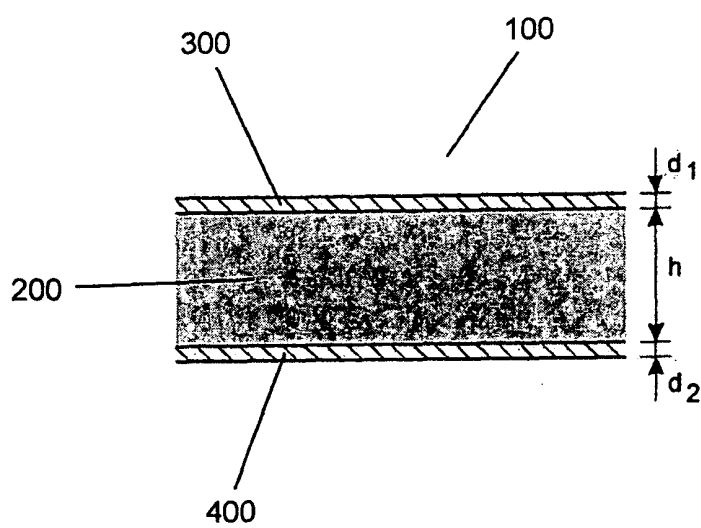


Fig. 5

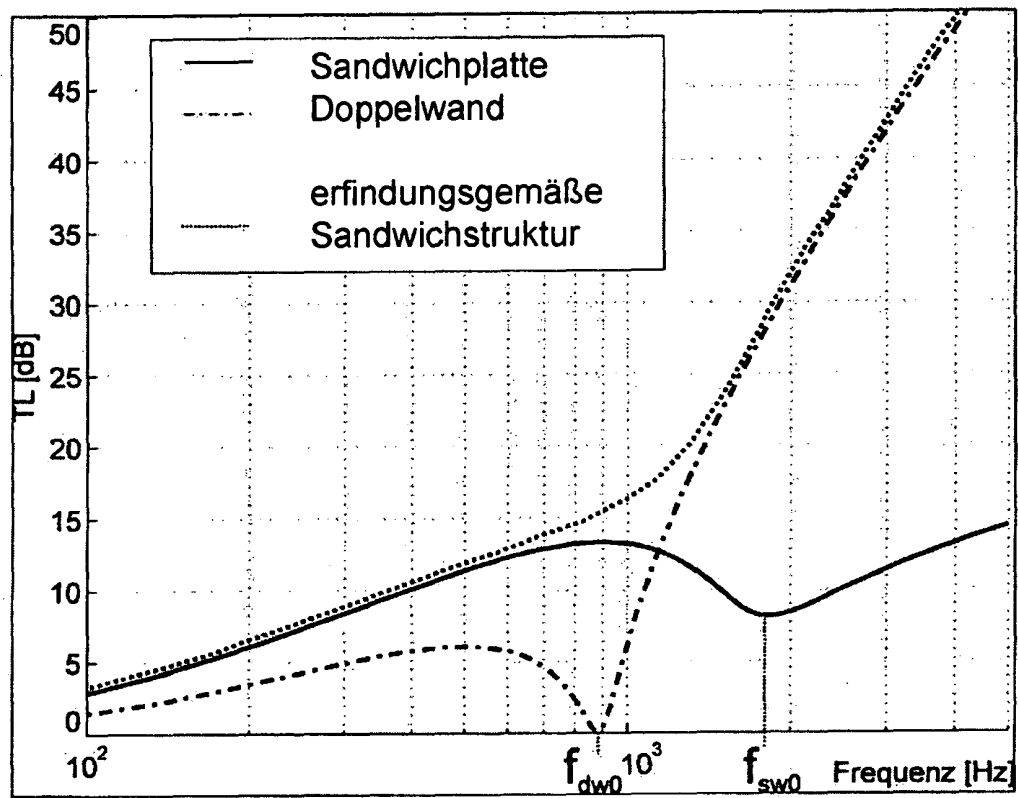


Fig. 4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/004995

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G10K11/168 B61D17/18 E04B1/86

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

E04B G10K B64C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 195 09 972 A1 (KRAUSS-MAFFEI VERKEHRSTECHNIK GMBH, 80997 MUENCHEN, DE) 19. September 1996 (1996-09-19) Spalte 2, Zeile 22 - Spalte 3, Zeile 11; Abbildungen 1,2	1,11-13, 17
X	DE 31 16 938 A1 (CHEMIEGESELLSCHAFT GUNDERNHUSEN MBH) 18. November 1982 (1982-11-18) Seite 1, Zeile 1 - Zeile 16 Seite 8, Zeile 21 - Zeile 25 Seite 9, Zeile 17 - Seite 10, Zeile 14 Seite 16, Zeile 8 - Zeile 16; Ansprüche 1-3; Abbildung 1 Seite 17, Zeile 12 - Zeile 24; Abbildung 5	1-3,9, 11,14-17
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. September 2006

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/10/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Trique, Michael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/004995

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CA 2 176 374 C (DOW CHEMICAL COMPANY) 26. Mai 1995 (1995-05-26) Seite 2, Zeile 7 - Zeile 17 Seite 2A, Zeile 6 - Zeile 16 Seite 3, Zeile 26 - Zeile 38; Abbildungen 1,2 Seite 5, Zeile 3 - Zeile 5 -----	1-3, 11-13
X	US 5 633 067 A (ILLBRUCK ET AL) 27. Mai 1997 (1997-05-27) Spalte 2, Zeile 48 - Zeile 65; Anspruch 1; Abbildung 2 -----	1-3, 11, 15
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 015, Nr. 005 (P-1149), 8. Januar 1991 (1991-01-08) & JP 02 253297 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 12. Oktober 1990 (1990-10-12) Zusammenfassung -----	1-3, 10
X	US 2003/057017 A1 (DUSSAC MARC FRANCIS VINCENT ET AL) 27. März 2003 (2003-03-27) Absätze [0002], [0067] - [0087]; Abbildungen 1,2 -----	1-4, 12, 13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/004995

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19509972	A1	19-09-1996	EP 0733468 A2 25-09-1996
		JP 8309908 A 26-11-1996	
		US 5664397 A 09-09-1997	
DE 3116938	A1	18-11-1982	FR 2505073 A1 05-11-1982
		GB 2109902 A 08-06-1983	
		IT 1150490 B 10-12-1986	
		JP 58040595 A 09-03-1983	
CA 2176374	C	20-08-2002	AT 191039 T 15-04-2000
		CA 2176374 A1 26-05-1995	
		DE 69423645 D1 27-04-2000	
		DE 69423645 T2 02-11-2000	
		EP 0729532 A1 04-09-1996	
		ES 2143612 T3 16-05-2000	
		GR 3033657 T3 31-10-2000	
		JP 3701672 B2 05-10-2005	
		JP 9505368 T 27-05-1997	
US 5633067	A	27-05-1997	KEINE
JP 02253297	A	12-10-1990	KEINE
US 2003057017	A1	27-03-2003	BR 0107382 A 03-09-2002
		DE 60116247 T2 17-08-2006	
		EP 1240077 A1 18-09-2002	
		ES 2256304 T3 16-07-2006	
		FR 2815603 A1 26-04-2002	
		WO 0232763 A1 25-04-2002	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/004995

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G10K11/168 B61D17/18 E04B1/86

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E04B G10K B64C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 195 09 972 A1 (KRAUSS-MAFFEI VERKEHRSTECHNIK GMBH, 80997 MUENCHEN, DE) 19 September 1996 (1996-09-19) column 2, line 22 - column 3, line 11; figures 1,2	1,11-13, 17
X	DE 31 16 938 A1 (CHEMIEGESELLSCHAFT GUNDERNHAUSEN MBH) 18 November 1982 (1982-11-18) page 1, line 1 - line 16 page 8, line 21 - line 25 page 9, line 17 - page 10, line 14 page 16, line 8 - line 16; claims 1-3; figure 1 page 17, line 12 - line 24; figure 5 ----- -/--	1-3,9, 11,14-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 September 2006

Date of mailing of the international search report

06/10/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Trique, Michael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/004995

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CA 2 176 374 C (DOW CHEMICAL COMPANY) 26 May 1995 (1995-05-26) page 2, line 7 - line 17 page 2A, line 6 - line 16 page 3, line 26 - line 38; figures 1,2 page 5, line 3 - line 5 -----	1-3, 11-13
X	US 5 633 067 A (ILLBRUCK ET AL) 27 May 1997 (1997-05-27) column 2, line 48 - line 65; claim 1; figure 2 -----	1-3,11, 15
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 005 (P-1149), 8 January 1991 (1991-01-08) & JP 02 253297 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 12 October 1990 (1990-10-12) abstract -----	1-3,10
X	US 2003/057017 A1 (DUSSAC MARC FRANCIS VINCENT ET AL) 27 March 2003 (2003-03-27) paragraphs [0002], [0067] - [0087]; figures 1,2 -----	1-4,12, 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/004995

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19509972	A1	19-09-1996	EP 0733468 A2	25-09-1996
			JP 8309908 A	26-11-1996
			US 5664397 A	09-09-1997
DE 3116938	A1	18-11-1982	FR 2505073 A1	05-11-1982
			GB 2109902 A	08-06-1983
			IT 1150490 B	10-12-1986
			JP 58040595 A	09-03-1983
CA 2176374	C	20-08-2002	AT 191039 T	15-04-2000
			CA 2176374 A1	26-05-1995
			DE 69423645 D1	27-04-2000
			DE 69423645 T2	02-11-2000
			EP 0729532 A1	04-09-1996
			ES 2143612 T3	16-05-2000
			GR 3033657 T3	31-10-2000
			JP 3701672 B2	05-10-2005
			JP 9505368 T	27-05-1997
US 5633067	A	27-05-1997	NONE	
JP 02253297	A	12-10-1990	NONE	
US 2003057017	A1	27-03-2003	BR 0107382 A	03-09-2002
			DE 60116247 T2	17-08-2006
			EP 1240077 A1	18-09-2002
			ES 2256304 T3	16-07-2006
			FR 2815603 A1	26-04-2002
			WO 0232763 A1	25-04-2002