

(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  
31. März 2011 (31.03.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/035747 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*G01V 1/20* (2006.01) *B06B 1/06* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2009/001335
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
22. September 2009 (22.09.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ATLAS ELEKTRONIK GMBH** [DE/DE]; Sebaldsbrücker Heerstrasse 235, 28309 Bremen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BUSCH, Rainer** [DE/DE]; Lüntjenweg 59B, 26131 Oldenburg (DE).
- (74) Anwalt: **WASILJEFF, Johannes, M., B.**; Jabbusch Siekmann & Wasiljeff, Otto-Lilienthal-Straße 25, 28199 Bremen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: ELECTROACOUSTIC TRANSDUCER

(54) Bezeichnung : ELEKTROAKUSTISCHER WANDLER

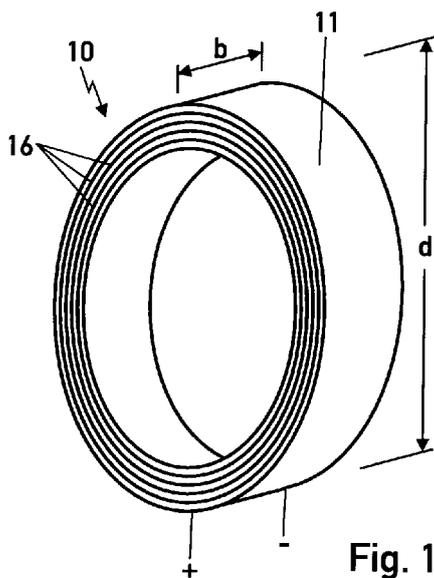


Fig. 1

(57) Abstract: An electroacoustic transducer (10) is disclosed, comprising a ring member (11) that contains piezoceramic material and electrodes which contact said material. In order to keep the size and weight of the transducer (10) low while obtaining a sufficiently high acoustic power, the ring member (11) is composed of multiple annular, flat composite modules (16) which rest against each other in the radial direction of the ring member (11). Each composite module (16) has axially spaced-apart piezoceramic fibers which extend in the circumferential direction of the ring member (11), and spaced-apart electrodes which extend transverse to the piezoceramic fibers and contact the same on the longitudinal sides thereof that are radially opposite each other.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein elektroakustischer Wandler (10) angegeben, der einen piezokeramisches Material und diese kontaktierende Elektrode enthaltenden Ringkörper (11) aufweist. Zu Erzielung kleiner Abmessungen und eines geringen Gewichts des Wandlers (10) bei ausreichend hoher akustischer Leistung ist der Ringkörper (11) aus mehreren, in Radialrichtung des Ringkörpers (11) aneinanderliegenden, ringförmigen, flachen Composite-Modulen (16) zusammengesetzt. Jedes Composite-Modul (16) weist in Umfangsrichtung des Ringkörpers (11) verlaufende, axial voneinander beabstandete Piezokeramikfasern und quer dazu verlaufende, voneinander beabstandete Elektroden auf, die die Piezokeramikfasern

auf deren radial voneinander abgekehrten Längsseiten kontaktieren.

WO 2011/035747 A1

Die Erfindung betrifft einen elektroakustischen Wandler nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

5 Eine bekannte, flexible, einhol- und ausbringbare sowie als Wickel lagerbare, elektroakustische Sendeantenne für den Unterwassereinsatz, insbesondere als von einem Wasserfahrzeug nachgezogene Schleppantenne, einem sog. Streamer (DE 10 2004 038 034 A1), weist einen flexiblen, schalltransparenten und öl- oder gelgefüllten Schlauch und im Schlauch in dessen Längsrichtung voneinander beabstandet angeordnete, elektroakustische Sendewandler auf, die sich an  
10 der Schlauchwand abstützen. Jeder Sendewandler weist einen Ringkörper auf, der aus einer Mehrzahl von piezokeramischen Ringsegmenten zusammengesetzt ist und außen eine die Ringsegmente fixierende GFK-Umwicklung trägt. Jedes Ringsegment ist an seiner radial ausgerichteten Seitenfläche mit einer Elektrode belegt. Zu den Elektroden führende, axiale ausgerichtete Elektroden-  
15 anschlüsse sind in Umfangsrichtung des Ringkörpers abwechselnd auf der einen und anderen Stirnseite des Ringkörpers herausgeführt und dort miteinander verbunden. Bei Aufschalten einer elektrischen Wechselspannung auf die beiden stirnseitigen Ringverbindungen der Elektrodenanschlüsse erfolgt ein Ausdehnen und Zusammenziehen der einzelnen Ringsegmente in Umfangsrichtung des  
20 Ringkörpers. Dadurch "atmet" der Ringkörper in Radialrichtung, d.h. er dehnt sich aus und zieht sich zusammen, wobei die Größe der "Atmung", also der Aufweitung und der Schrumpfung des Ringkörpers, durch die Größe der Wechselspannung und die Frequenz der "Atmung" durch die Frequenz der Wechselspannung bestimmt ist. Die Expansion und Kontraktion des Ringkörpers wird

direkt auf die Schlauchwand übertragen und als Schalldruck in das Wasser eingekoppelt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektroakustischen Wandler in Ringform für den Unterwassereinsatz mit einer ausreichend hohen akustischen Leistung zu schaffen, der sich durch geringe Abmessungen und ein geringes Gewicht auszeichnet.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Merkmale im Anspruch 1 gelöst.

10

Der erfindungsgemäße, elektroakustische Wandler hat den Vorteil, dass sich mit den sehr dünnen Composite-Modulen, von denen jeder nur aus einer epoxidgebundenen Schicht von äußerst querschnittskleinen Piezokeramikfasern mit beidseitig aufliegenden, dünnen Elektroden besteht, ein im tieffrequenten Bereich arbeitender, abmessungskleiner Wandler mit einem maximalen Durchmesser von z.B. 80 mm und einer axialen Dicke von z.B. 30 mm realisieren lässt, der optimale Eigenschaften für den Einsatz in Unterwasser-Schleppantennen bietet. Die akustische Leistung des Wandlers ist durch die Anzahl der radial aufeinanderliegenden, kreisringförmigen Composite-Module einstellbar. Durch die geringen Abmessungen des Wandlers gegenüber der Wellenlänge der von ihm abgestrahlten Schallwellen besitzt der Wandler ein omnidirektionales Abstrahlverhalten. Der Wandler hat nur ein geringes Gewicht, wodurch mit solchen Wandlern ausgestattete Schleppantennen sehr viel einfacher getrimmt werden können.

25 Zweckmäßige Ausführungsformen des erfindungsgemäßen, elektroakustischen Wandlers mit vorteilhaften Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind jeweils die auf einer der Längsseiten der Piezokeramikfasern angeordneten Elektroden auf einem flexiblen Film aus elektrisch isolierendem Material, z.B. polyimiden Film, angeordnet und die beiden Filme fest miteinander verbunden. Durch diese, eine Einkapselung der Piezokeramikfasern und der Elektroden in ein elektrisch isolie-

30

rendes Material bewirkende Verbindung der Filme ist das Composite-Modul gegen schädliche Umgebungseinflüsse, insbesondere gegen Wasser oder Öl im Unterwassereinsatz, zuverlässig geschützt.

5 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Elektroden eines jeden Composite-Moduls mit einer Gleichspannung so belegt, dass an den auf einem Film nebeneinanderliegenden Elektroden abwechselnd ein hohes und ein niedriges Gleichspannungspotential und an den an den Piezokeramikfasern einander unmittelbar gegenüberliegenden Elektroden auf den beiden Filmen ein  
10 jeweils gleiches Gleichspannungspotential liegt, und ist auf die Elektroden eine Wechselfspannung aufschaltbar. Bei dieser Beschaltung des Composite-Moduls, die bei allen übereinanderliegende Composite-Modulen des Ringkörpers identisch ist, können die Composite-Module einerseits mit einer höheren Gleichspannung betrieben und kann andererseits ein größerer piezoelektrischer Effekt und  
15 damit ein größerer Hub des Ringkörpers in Radialrichtung, bezogen auf die aufgeschaltete Wechselfspannung, erzielt werden. Infolge der größeren Gleichspannung kann auch die anzulegende Wechselfspannung, die stets kleiner sein muss als die anliegende Gleichspannung, größer gewählt und damit die akustische Leistung des Wandlers vergrößert werden.

20

Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist es auch möglich, die Elektroden eines jeden Composite-Moduls mit der Gleichspannung so zu belegen, dass an den auf dem einen Film angeordneten Elektroden ein hohes und auf den auf dem anderen Film angeordneten Elektroden ein niedriges  
25 Gleichspannungspotential liegt, wobei auf die Elektroden wiederum eine Wechselfspannung aufschaltbar ist. Bei dieser Beschaltung der Composite-Module, ist es möglich, diese mit einer deutlich kleineren Gleichspannung zu betreiben. Dies wird jedoch mit einem kleineren piezoelektrischen Effekt und damit einer geringeren akustischen Leistung des Wandlers erkauft. Ein solcher Wandler kann aber  
30 dort vorteilhaft zum Einsatz kommen, wo eine kleinere Gleichspannungsversorgung gefordert wird.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Composite-Module aufeinander laminiert oder aufeinander geklebt, wobei sie vorteilhaft einen eigensteifen Ringkörper mit geringem Gewicht ergeben.

5    Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sitzt der Ringkörper auf einem elastischen Träger, der vorzugsweise aus mit Glas- oder Kohlenstofffasern verstärktem Kunststoffmaterial hergestellt, und vorzugsweise als Rohr ausgeführt ist. Dadurch kann der Wandler mit einer geringeren Anzahl von aufeinander angeordneten Composite-Modulen realisiert werden, mit der eine Eigensteifigkeit des Ringkörpers nicht erzielt werden kann. Auch der bereits eigensteife Ringkörper kann auf einem solchen Träger aufgesetzt sein, um die Druckfestigkeit des Wandlers für den Unterwassereinsatz in größeren Tiefen zu vergrößern.

15    Der beschriebene Wandler besitzt vorteilhafte Eigenschaften für den Einsatz in Unterwasser-Schleppantennen. Hierzu wird gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung der Wandler so in einen vorteilhaft im Durchmesser aufgeweiteten Schlauch der Unterwasser-Schleppantenne eingesetzt, dass der Ringkörper mit seinem Umfang an der Schlauchwand anliegt. Nach Rückführung der Durchmessererweiterung setzt sich dann die Schlauchwand kraftschlüssig auf den Ringkörper auf und fixiert diesen sicher in der vorgegeben Position. Die Durchmessererweiterung wird vorzugsweise durch im Schlauch erzeugten Überdruck realisiert. Der hohle Ringkörper bzw. der hohle Träger ermöglicht es, die bei Unterwasser-Schleppantennen den Schlauch durchziehenden Zugseile und Anschlussleitungen für die Wandler zentral im Schlauch zu verlegen.

Die Erfindung ist anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen in schematischer Darstellung:

30

Fig. 1    eine Frontansicht eines elektroakustischen Wandlers in perspektivischer Darstellung,

- Fig. 2 eine Draufsicht eines elektroakustischen Wandlers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- Fig. 3 ausschnittsweise einen teilweise aufgeschnittenen Schlauch einer Unterwasser-Schleppantenne mit eingesetzten Wandlern gemäß Fig. 1,
- Fig. 4 ausschnittsweise eine vergrößerte Abwicklung zweier übereinanderliegender Composite-Module im elektrischen Wandler gemäß Fig. 1 oder 2, in Explosionsdarstellung,
- Fig. 5 ausschnittsweise eine perspektivische Darstellung einer Composite-Schicht mit in einem elektrisch isolierenden Material eingelagerten, querschnittskleinen Piezokeramikfasern in den Composite-Module gemäß Fig. 4,
- Fig. 6 eine gleiche Darstellung wie in Fig. 4 mit modifizierten Composite-Modulen.
- Der in Fig. 1 in perspektivischer Frontansicht dargestellte, elektroakustische Wandler 10 wird vorzugsweise als Sendewandler in einer Unterwasser-Schleppantenne betrieben, wie sie in Fig. 3 ausschnittsweise illustriert ist. Der Wandler 10 weist einen Ringkörper 11 mit darin eingeschlossenem, piezoelektrischem Material und dieses kontaktierende Elektroden auf und stützt sich bei seiner Einbindung in die Unterwasser-Schleppantenne mit dem Umfang seines Ringkörpers kraftschlüssig an der Schlauchwand 121 eines Schlauchs 12 ab. Zur Realisierung einer langgestreckten Schleppantenne sind mehrere solche Wandler 10 im Schlauch 12 im Axialabstand hintereinander angeordnet. Ein üblicherweise den Schlauch 12 durchziehendes Zugseil 13 sowie hier nicht dargestellte Anschlussleitungen für die Wandler 10 sind zentral durch das hohle Innere des Schlauchs 12 hindurchgeführt. Das Zugseil 13, das auch ein flexibles, die Anschlussleitungen aufnehmendes Rohr sein kann, ist mittels Abstandshalter 14 an

der Schlauchwand 121 abgestützt. Der Schlauch 12 ist endseitig geschlossen und mit einem Öl 15 oder einem Gel gefüllt.

Der Ringkörper 11 des elektroakustischen Wandlers 10 ist aus mehreren, in Radialrichtung des Ringkörpers 11 aufeinanderliegenden, ringförmigen, flachen Composite-Modulen 16 zusammengesetzt, wobei die übereinanderliegenden Composite-Module 16 aufeinander auflaminiert oder aufgeklebt sind, so dass sich nach einer bestimmten Anzahl von übereinanderliegenden Composite-Module 16 eine Eigensteifigkeit des elektroakustischen Wandlers 10 ergibt. Alternativ wird - wie dies in Fig. 2 skizziert ist - das innerste, ringförmige Composite-Modul 16 auf einen elastischen Träger 17 auflaminiert oder aufgeklebt und auf diesen die weiteren Composite-Module 16 durch Laminieren oder Kleben aufgebracht. Dies hat den Vorteil, dass mit einer geringeren Anzahl von Composite-Modulen 16 ein druckstabiler Wandler 10 für den Unterwassereinsatz realisiert werden kann. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ist der elastische Träger 17 als Hohlring 18 aus Kunststoff mit vorzugsweise eingelagerten Glas- oder Kohlenstofffasern ausgeführt, so dass bei dem Einsatz des Wandlers 10 in der in Fig. 3 skizzierten Unterwasserantenne nach wie vor Zugseil 13 und Anschlussleitungen zentral durch die Hintereinanderreihung der Wandler 10 hindurchgeführt werden können. Ein solchermaßen aufgebaute, elektroakustische Wandler hat beispielsweise einen maximalen Außendurchmesser von  $d = 80$  mm und eine axiale Breite  $b = 30$  mm, besitzt ein extrem geringes Gewicht und arbeitet im tieffrequenten Bereich.

Jedes der im Ringkörper 11 in Radialrichtung aufeinanderliegenden, ringförmigen, sich über ca.  $360^\circ$  erstreckenden, flachen Composite-Module 16 weist axial voneinander beabstandete, in Umfangsrichtung des Ringkörpers 11 verlaufende Piezokeramikfasern 19 und quer dazu voneinander beabstandet verlaufende Elektroden 20, 21 auf, die die Piezokeramikfasern 19 auf deren radial voneinander abgekehrten Längsseite kontaktieren. In Fig. 4 ist die Abwicklung von zwei im Ringkörper 11 übereinanderliegenden Composite-Modulen 16 ausschnittsweise und in Explosionsdarstellung skizziert. Jedes Composite-Modul 16 hat eine Breite  $b$ , die der Breite des Ringkörpers 11 entspricht und eine axiale Länge von

ungefähr  $\pi \cdot \bar{d}$ , wobei  $\bar{d}$  der mittlere Durchmesser des Ringkörpers 11 ist. Bei jedem Composite-Modul 16 sind die Elektroden 20, 21 Teil einer Elektrodenstruktur 22, 23, wobei jeweils eine Elektrodenstruktur 22 auf einen flexiblen Film 24 bzw. 25 aus elektrisch isolierendem Material, z. B. auf einem polyimiden Film, aufgebracht, z.B. aufgedruckt, ist. In jeder Elektrodenstruktur 22, 23 sind die langgestreckten, fingerartigen Elektroden 20, 21 in Längsrichtung des Films 24 bzw. 25 abwechselnd nebeneinander und voneinander beabstandet angeordnet, wobei die Elektroden 20 an ihrem dem einen Ende über eine in Längsrichtung des Films 24 bzw. 25 sich erstreckende Leiterbahn 26 und die Elektroden 21 an ihrem einen Ende durch eine ebenfalls in Längsrichtung des Films 24 bzw. 25 sich erstreckende Leiterbahn 27 miteinander verbunden sind, so dass auf jedem Film 24 bzw. 25 zwei kammartige Strukturteile 31, 32 vorhanden sind, die ineinander greifen. Die Elektrodenstrukturen 22, 23 sind auf den einander zugekehrte Filmflächen der Filme 24, 25 angeordnet. Zu Visualisierung der auf der unteren Filmfläche des in Fig. 4 oberen Films 24 eines jeden Composite-Moduls 16 aufgebrachten Elektrodenstruktur 22 ist in Fig. 4 die Elektrodenstruktur 22 mit ihren Elektroden 20, 21 und ihren Leiterbahnen 26, 27 strichliniert eingezeichnet. Zwischen den beiden Elektrodenstrukturen 22, 23 erstrecken sich die in Längsrichtung der Filme 24, 25 verlaufenden Piezokeramikfasern 19, die zueinander parallel ausgerichtet sind. Die langgestreckten Piezokeramikfasern 19 weisen z.B. einen quadratischen oder rechteckigen Querschnitt auf und die Zwischenräume 29 zwischen den Piezokeramikfasern 19 sind mit einem elektrisch isolierenden Material, z. B. mit einem Polymer oder Epoxid, ausgefüllt (was in Fig. 4 der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist), so dass sich eine Composite- oder Verbundschicht 28 ergibt, wie sie in Fig. 5 ausschnittsweise und perspektivisch dargestellt ist. Die beiden Filme 24, 25 sind spiegelbildlich mit einander zugekehrten Elektrodenstrukturen 22, 23 auf die Piezokeramikfasern 19 aufgelegt, wobei ausschließlich die Elektroden 20, 21 der Elektrodenstrukturen 22, 23 (und nicht die Leiterbahnen 26, 27) die Piezokeramikfasern 19 auf deren voneinander abgekehrten Längsseiten kontaktieren. Die beiden Filme 24, 25 sind fest miteinander verbunden, so dass die Piezokeramikfasern 19 mit den aufliegenden Elektrodenstrukturen 22, 23 eingekapselt und somit gegen äußere Einflüsse geschützt sind. Die Composite-Module 16 der beschriebenen Art sind bekannt und

z.B. in der EP 1 983 584 A2 beschrieben und dort als "Piezoelectric Macro-Fiber Composite Actuator" bezeichnet.

Wie in Fig. 4 eingezeichnet ist, ist an jede Elektrodenstruktur 22, 23 eine Gleichspannung gelegt, wobei jeweils der Strukturteil 31 an einem höheren Gleichspannungspotential und der Strukturteil 32 an einem niedrigeren Gleichspannungspotential liegt. Damit sind die auf einem Film 24 bzw. 25 nebeneinanderliegenden Elektroden 20, 21 abwechselnd mit einem hohen und einem niedrigen Gleichspannungspotential und die an den Piezokeramikfasern 19 einander unmittelbar gegenüberliegenden Elektroden 20 bzw. 21 auf den beiden Filmen 24, 25 mit einem gleichen Gleichspannungspotential beaufschlagt. Der Gleichspannung ist eine Wechselspannung so überlagert, dass erstere nicht unterschritten wird. Infolge der anliegenden Wechselspannung führen die Piezokeramikfasern 19 in allen Composite-Modulen 16 gleichsinnige Längsdehnungen und Längskontraktionen aus, wodurch der Ringkörper 11 sich aufweitet und wieder zusammenzieht. Bei Einsatz in einer Unterwasserantenne gemäß Fig. 3 überträgt sich die Expansion und Kontraktion des Ringkörpers 11 direkt auf die Schlauchwand 121 des Schlauchs 12 und wird als Schalldruck in das Wasser eingekoppelt.

20

Die in Fig. 6 in Abwicklung perspektivisch und ausschnittsweise dargestellten Composite-Modulen 16, die im Ringkörper 11 unmittelbar übereinanderliegen, sind weitgehend gleich aufgebaut, so dass gleiche Bauelemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Sie unterscheiden sich von denen zu Fig. 4 beschriebenen Composite-Modulen 16 dadurch, dass in den beiden Elektrodenstrukturen 22, 23 auf den Filmen 24, 25 die Leiterbahnen 26, 27 der beiden Strukturteile 31, 32 miteinander verbunden und auf einen Anschluss 33 (am oberen Film 24) und einen Anschluss 34 (am unteren Film 25) gelegt sind. An die beiden Anschlüsse 33, 34 wird eine Gleichspannung mit überlagerter Wechselspannung gelegt. Dies hat zur Folge, dass die auf dem einen Film 24 angeordneten Elektroden 20, 21 der Elektrodenstruktur 22 mit einem hohen und die auf dem anderen Film 25 angeordneten Elektroden 20, 21 mit einem niedrigen Gleichspannungspotential oder umgekehrt beaufschlagt sind und allen Elektro-

30

den 20, 21 eine Wechselfpannung überlagert ist. Auch hier wird dadurch der Ringkörper 11 eine "Atmung" in radialer Richtung ausführen, die als Druckwellen in das umgebende Medium eingekoppelt werden. Die Amplitude der "Atmung" ist aber deutlich geringer als bei dem Ringkörper 11, der mit Composite-Modulen 16  
5 gemäß Fig. 4 realisiert ist. Die erforderliche Gleichspannung zum Betrieb des Wandlers 10 ist aber deutlich geringer.

Alle in der vorstehenden Beschreibung sowie in den Ansprüchen genannten Merkmale sind erfindungsgemäß sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination  
10 miteinander einsetzbar. Die Erfindung ist daher nicht auf die beschriebenen bzw. beanspruchten Merkmalskombinationen beschränkt. Vielmehr sind alle Kombinationen von Einzelmerkmalen als offenbart zu betrachten.

Ansprüche

1. Elektroakustischer Wandler mit einem piezokeramisches Material und die-  
5 ses kontaktierende Elektroden (20, 21) enthaltenden Ringkörper (11),  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Ringkörper (11) aus mehreren, in Radialrichtung des Ringkörpers (11)  
aufeinanderliegenden, ringförmigen, flachen Composite-Modulen (19) zu-  
sammengesetzt ist und jedes Composite-Modul (16) axial voneinander  
10 beabstandet in Umfangsrichtung des Ringkörpers (11) verlaufende Piezo-  
keramikfasern (19) und quer dazu voneinander beabstandet verlaufende  
Elektroden (20, 21) aufweist, die die Piezokeramikfasern (19) auf deren ra-  
dial voneinander abgekehrten Längsseiten kontaktieren.
- 15 2. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
jeweils die auf einer der Längsseiten der Piezokeramikfasern (19) liegen-  
den Elektroden (20, 21) auf einem flexiblen Film (18 bzw. 19) aus elektrisch  
isolierendem Material angeordnet und die beiden Filme (24, 25), die Piezo-  
20 keramikfasern (19) einschließend, miteinander verbunden sind.
3. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Elektroden (20, 21) eines jeden Composite-Moduls (16) mit einer  
25 Gleichspannung so belegt sind, dass an den auf einem Film (24 bzw. 25)  
nebeneinanderliegenden Elektroden (20, 21) abwechselnd ein hohes und  
ein niedriges Gleichspannungspotential und an den an den Piezokeramik-  
fasern (19) einander unmittelbar gegenüberliegenden Elektroden (20 bzw.  
21) auf den Filmen (24, 25) ein jeweils gleiches Gleichspannungspotential  
30 liegt, und dass auf die Elektroden (20, 21) eine Wechsellspannung auf-  
schaltbar ist.
4. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 1 oder 2,

- dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden (20, 21) eines jeden Composite-Moduls (16) mit einer Gleichspannung so belegt sind, dass an den auf dem einen Film (24) angeordneten Elektroden (20, 21) ein hohes und auf den auf dem anderen Film (25) angeordneten Elektroden (20, 21) ein niedriges Gleichspannungspotential liegt, und dass auf die Elektroden eine Wechselspannung aufschaltbar ist.
- 5
5. Elektroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die ringförmigen Composite-Module (16) aufeinander auflaminiert oder aufgeklebt sind.
- 10
6. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der aus den Composite-Modulen (16) zusammengesetzte Ringkörper (11) eigensteif ist.
- 15
7. Elektroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der aus den Composite-Modulen (16) zusammengesetzte Ringkörper (11) auf einem ringförmigen, elastischen Träger (17) sitzt.
- 20
8. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (17) aus Kunststoffmaterial, vorzugsweise mit eingelagerten Glas- oder Kohlenstofffasern, besteht.
- 25
9. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der elastische Träger (17) ein Hohlring (18) ist.
- 30
10. Elektroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

gekennzeichnet durch seine Anordnung in einem öl- oder gelgefüllten Schlauch (12) einer Unterwasser-Schleppantenne, in dem der Ringkörper (11) sich mit seiner Umfangsfläche kraftschlüssig an der Schlauchwand (121) abstützt.

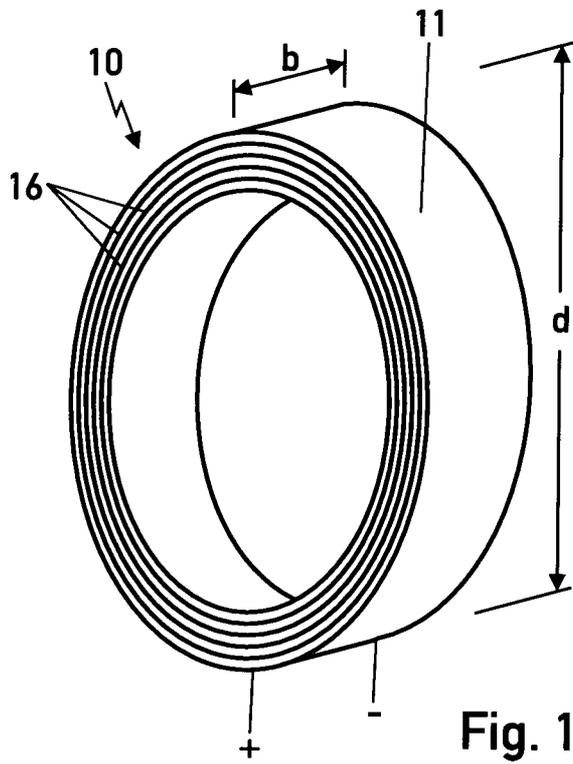


Fig. 1

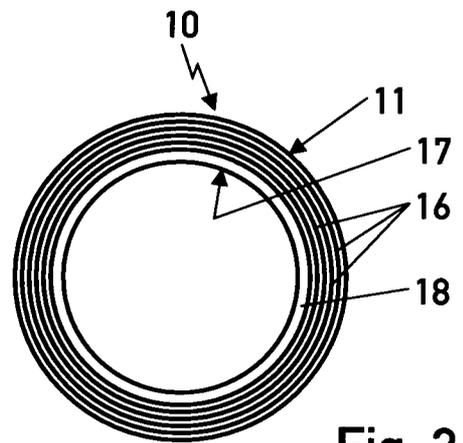


Fig. 2

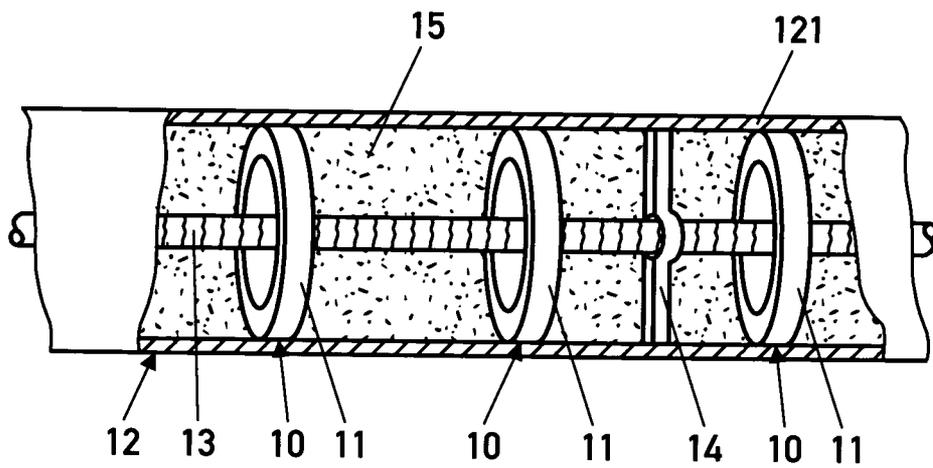


Fig. 3

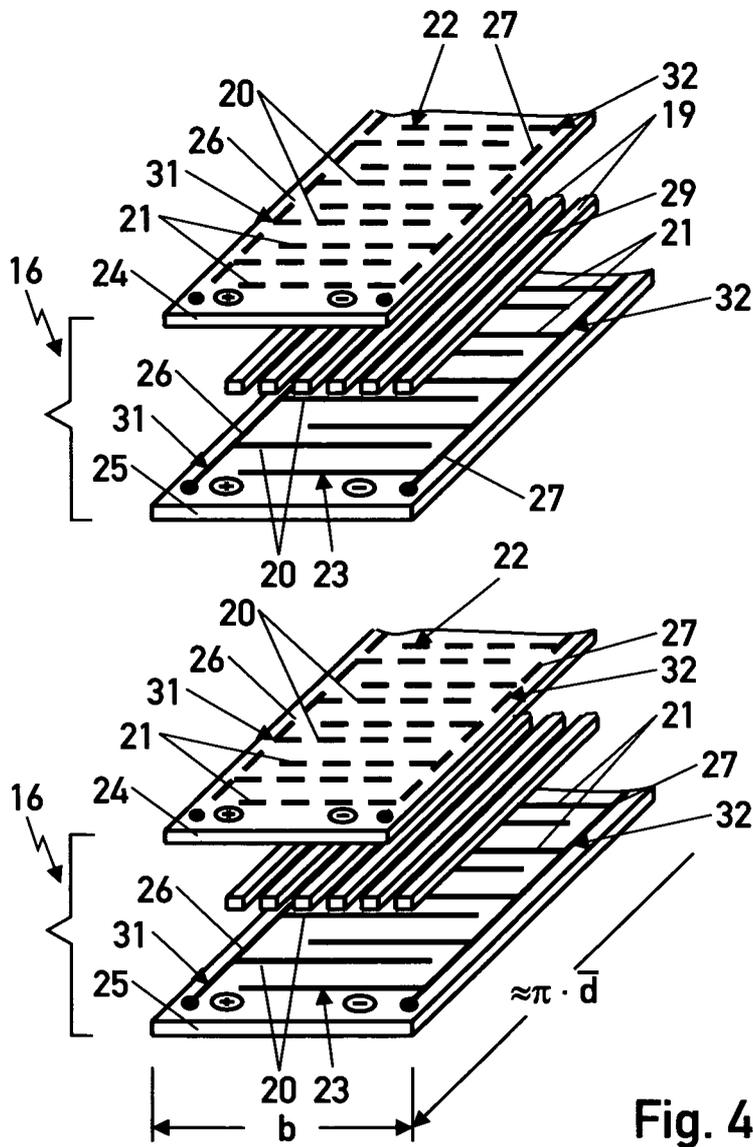


Fig. 4

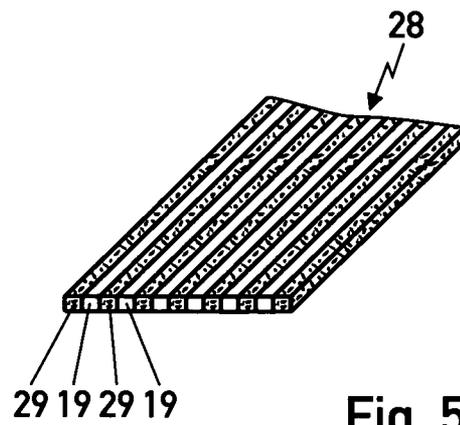


Fig. 5

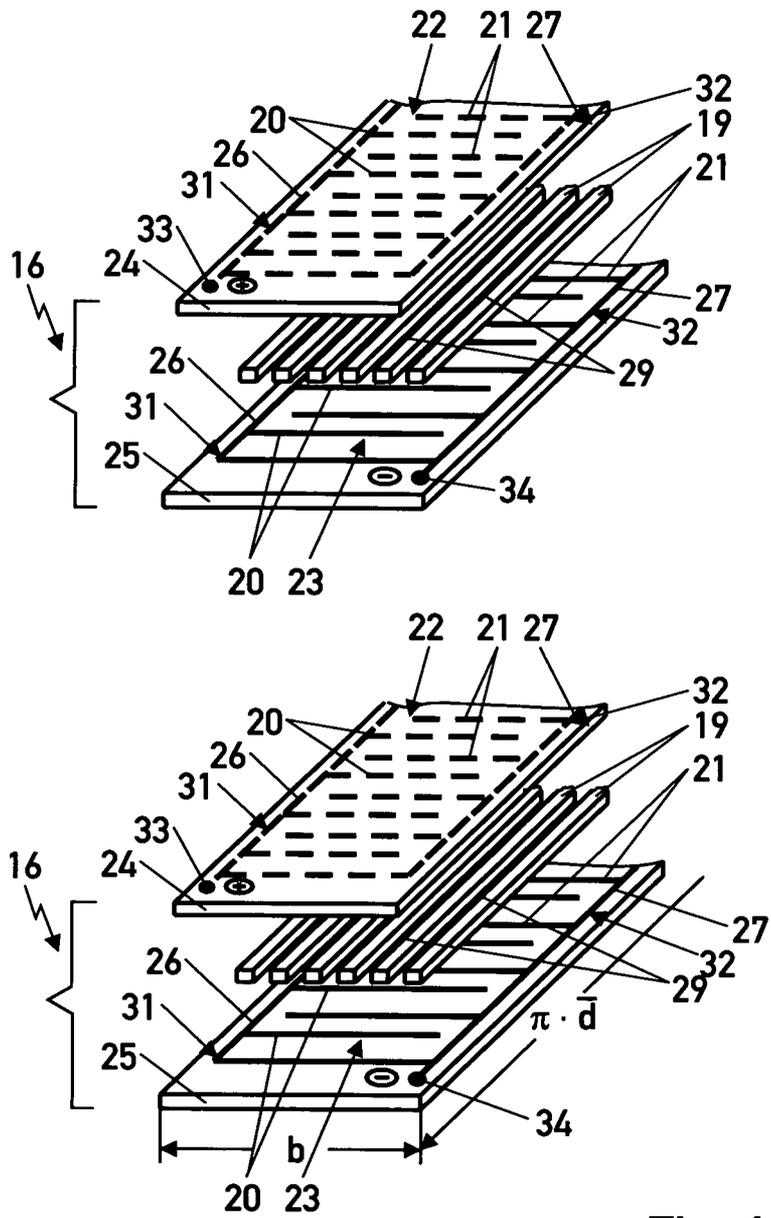


Fig. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/DE2009/001335
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G01V1/20                      B06B1/06 ADD.				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01V B06B G10K				
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				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
A	US 6 310 427 B1 (CULBERT JAMES A [US] ET AL) 30 October 2001 (2001-10-30) column 3, line 40 - line 50 figure 1  -----	1,3,4,6		
A	DE 34 44 424 A1 (KRUPP GMBH [DE]) 7 November 1991 (1991-11-07) claim 1  -----	1		
A	WO 99/48621 A2 (EXOGEN INC [US]; UNIV RUTGERS [US]; CORNEJO IVAN A [US]; JADIDIAN BAHR) 30 September 1999 (1999-09-30) page 9, line 16 - line 20 page 10, line 11 - line 15 figures 2A, 2B  -----  -/--	1		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.				
* Special categories of cited documents :  <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     "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                 </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     "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.                      "&amp;" document member of the same patent family                 </td> </tr> </table>			"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
"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	Date of mailing of the international search report			
11 March 2011	17/03/2011			
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Swartjes, Harrie			

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/DE2009/001335
---

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 477 111 B1 (LUNDE NILS [NO] ET AL) 5 November 2002 (2002-11-05) -----	1,9
A	DE 10 2004 038034 A1 (ATLAS ELEKTRONIK GMBH [DE]) 23 February 2006 (2006-02-23) cited in the application -----	1,9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/DE2009/001335
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 6310427	B1	30-10-2001	EP 1303362 A1 WO 02094460 A1	23-04-2003 28-11-2002
-----				
DE 3444424	A1	07-11-1991	NONE	
-----				
WO 9948621	A2	30-09-1999	AT 283118 T AU 3208299 A CA 2330323 A1 DE 69922178 D1 DE 69922178 T2 EP 1066119 A2 ES 2234249 T3	15-12-2004 18-10-1999 30-09-1999 30-12-2004 15-12-2005 10-01-2001 16-06-2005
-----				
US 6477111	B1	05-11-2002	AU 762817 B2 AU 6357699 A BR 9915196 A CA 2346666 A1 CN 1324451 A DE 69913723 D1 EP 1123518 A1 WO 0026695 A1 NO 20012146 A	03-07-2003 22-05-2000 07-08-2001 11-05-2000 28-11-2001 29-01-2004 16-08-2001 11-05-2000 27-06-2001
-----				
DE 102004038034	A1	23-02-2006	AT 357041 T EP 1624445 A1	15-04-2007 08-02-2006
-----				

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2009/001335

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G01V1/20 B06B1/06  
 ADD.

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 G01V B06B G10K

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

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 310 427 B1 (CULBERT JAMES A [US] ET AL) 30. Oktober 2001 (2001-10-30) Spalte 3, Zeile 40 - Zeile 50 Abbildung 1	1,3,4,6
A	-----	
A	DE 34 44 424 A1 (KRUPP GMBH [DE]) 7. November 1991 (1991-11-07) Anspruch 1	1
A	-----	
A	WO 99/48621 A2 (EXOGEN INC [US]; UNIV RUTGERS [US]; CORNEJO IVAN A [US]; JADIDIAN BAHR) 30. September 1999 (1999-09-30) Seite 9, Zeile 16 - Zeile 20 Seite 10, Zeile 11 - Zeile 15 Abbildungen 2A, 2B	1
	-----	
	-/--	



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
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  <b>11. März 2011</b>	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  <b>17/03/2011</b>
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Swartjes, Harrie</b>

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2009/001335

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 477 111 B1 (LUNDE NILS [NO] ET AL) 5. November 2002 (2002-11-05) -----	1,9
A	DE 10 2004 038034 A1 (ATLAS ELEKTRONIK GMBH [DE]) 23. Februar 2006 (2006-02-23) in der Anmeldung erwähnt -----	1,9

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2009/001335

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6310427	B1	30-10-2001	EP 1303362 A1 23-04-2003 WO 02094460 A1 28-11-2002
DE 3444424	A1	07-11-1991	KEINE
WO 9948621	A2	30-09-1999	AT 283118 T 15-12-2004 AU 3208299 A 18-10-1999 CA 2330323 A1 30-09-1999 DE 69922178 D1 30-12-2004 DE 69922178 T2 15-12-2005 EP 1066119 A2 10-01-2001 ES 2234249 T3 16-06-2005
US 6477111	B1	05-11-2002	AU 762817 B2 03-07-2003 AU 6357699 A 22-05-2000 BR 9915196 A 07-08-2001 CA 2346666 A1 11-05-2000 CN 1324451 A 28-11-2001 DE 69913723 D1 29-01-2004 EP 1123518 A1 16-08-2001 WO 0026695 A1 11-05-2000 NO 20012146 A 27-06-2001
DE 102004038034	A1	23-02-2006	AT 357041 T 15-04-2007 EP 1624445 A1 08-02-2006