

(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
12. November 2009 (12.11.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/135564 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F03D 1/06 (2006.01) *F03D 3/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/002062

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. März 2009 (20.03.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 022 548.7 7. Mai 2008 (07.05.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **NORDEX ENERGY GMBH** [DE/DE]; Bornbarch 2, 22848 Norderstedt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GAU, Lutz** [DE/DE]; An der alten Zauche 46, 14478 Potsdam (DE).

(74) Anwalt: **SCHILDBERG, Peter**; Hauck Patent- und Rechtsanwälte, Neuer Wall 50, 20354 Hamburg (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, CN, CO, CR, CU, CZ, 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, 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, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: ROTOR BLADE FOR A WIND ENERGY PLANT

(54) Bezeichnung: ROTORBLATT FÜR EINE WINDENERGIEANLAGE

(57) Abstract: The invention relates to a rotor blade for a wind energy plant, comprising two shell halves running in the longitudinal direction of the rotor blade from a blade root to the blade tip, connected to each other along the circumference thereof and at least one web device arranged between the shell halves and connected thereto, wherein the web device has two web elements each having two web legs and each a transverse connection between two web legs, wherein for each web element the end of the web legs are connected to just one shell half and the transverse connections of the web elements are connected to each other.

(57) Zusammenfassung: Rotorblatt für eine Windenergieanlage, das - zwei sich über die Längsrichtung des Rotorblatts von einer Blattwurzel bis zur Blattspitze erstreckende und entlang ihrem Umfang miteinander verbundene Schalenhälften und mindestens eine zwischen den Schalenhälften angeordnete und mit diesen verbundene Stegeinrichtung aufweist, wobei die Stegeinrichtung zwei Stegelemente aufweist, die jeweils zwei Stegschenkel und jeweils eine Querverbindung zwischen den zwei Stegschenkeln besitzen, wobei von jedem Stegelement die Enden der Stegschenkel mit genau einer Schalenhälfte verbunden sind und die Querverbindungen der Stegelemente miteinander verbunden sind.



WO 2009/135564 A2

1.

Rotorblatt für eine Windenergieanlage

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Rotorblatt für eine Windenergieanlage. Das Rotorblatt besteht aus zwei sich über die Längsrichtung des Rotorblatts von einer Blattwurzel bis zu einer Blattspitze erstreckenden und entlang ihrem Umfang miteinander verbundenen Schalenhälften. Im Allgemeinen wird von der druckseitigen und der saugseitigen Schalenhälfte gesprochen. Zwischen den Schalenhälften ist mindestens eine Stegeinrichtung angeordnet, die mit den Schalenhälften verbunden ist, wobei die Stegeinrichtung sich im Wesentlichen in Längsrichtung des Rotorblatts erstreckt.

Aus DE 30 14 347 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von schaumkerngestützten Formkörpern wie Flügel, Rotorblätter und dergleichen bekannt. Bei den bekannten Flügeln wird in jede Schalenhälfte ein Schaumkern eingebracht, dessen Trennebene überarbeitet wird und mit der Trennebene der korrespondierenden Schalenhälfte verklebt wird. Bei dieser Verklebung handelt es sich um eine sogenannte Blindverklebung, da diese während und nach ihrer Herstellung nicht länger eingesehen werden kann. Blindverklebungen haben allgemein den Nachteil, dass sie optisch nicht inspiziert werden können, ob sie die gewünschte Klebwirkung entwickelt haben. Auch kann bei Blindverklebungen nicht festgestellt werden, ob die gesamte vorgesehene Fläche verklebt worden ist. Ferner besitzt die Verwendung der Schaumkerne den Nachteil, dass eine großflächige Verklebung dieser zu erfolgen hat. Auch vergrößert die Verwendung des Schaumkerns

2.

unverhältnismäßig das Gewicht des Rotorblatts, insbesondere bei Rotorblättern mit einer großen Blattlänge.

Aus DE 31 13 079 C2 ist ein aerodynamischer Großflügel bekannt, der zwei parallel zueinander, sich in Längsrichtung des Rotorblatts erstreckende Holme besitzt. Der Holm ist aus drei Komponenten vorgefertigt, wobei zuerst ein Flügelprofilmittelteil in einer nach oben offenen Form in eine Schalenhälfte eingebaut wird. In diese wird eine zweiteilige Schaum-Stegeinheit eingeklebt, die den jeweiligen Hauptgurt druckseitig und saugseitig des Rotorblatts stützt. Durch die massive Ausdehnung der Schaumelemente entstehen Gewichtsprobleme für das Rotorblatt.

Aus DE 32 32 361 A1 ist ein Windturbinen-Rotorflügel bekannt, dessen Grundkörper aus armiertem Beton-Verbundmaterial besteht. Der Rotorflügel besitzt einen in Längsrichtung des Bauteils verlaufenden inneren Holm, der monolithisch mit dem die aerodynamische Fläche bildenden Beton-Verbundmaterial gegossen ist.

Aus EP 1 497 555 B1 ist ein Rotorblatt für eine Windenergieanlage bekannt. Das Rotorblatt besitzt zwei Schalenhälften, in denen eine ebenfalls aus zwei Hälften montierte, kastenförmige Trageinheit angeordnet ist, an welcher später eine aerodynamische Hülle des Rotorblatts befestigt wird. Die Kräfte werden im Wesentlichen von der kastenförmigen Trageinheit aufgenommen. Die kastenförmige Trageinheit, die als Holm in dem Rotorblatt wirkt, besteht aus zwei U-förmigen Profilen, die mit ihrer offenen Seite einander zugewandt sind. Die Querstrebe des U-förmigen Profils wird großflächig mit der

3.

Schalenhälfte und die freien Enden der Schenkel des U-förmigen Profils werden miteinander verklebt. Nachteilig an dieser Konstruktion ist, dass der kastenförmige Holm über eine große Fläche mit der Schalenhälfte verklebt wird, was fertigungstechnisch problematisch ist, insbesondere da dabei gleichzeitig auch die Holmhöhe vorab auf die lichte Höhe des Schalenelementes eingestellt werden muss.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Rotorblatt für eine Windenergieanlage bereitzustellen, das mit einfachen Mitteln die Herstellung eines möglichst fertigungssicheren Rotorblatts erlaubt.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Rotorblatt für eine Windenergieanlage mit den Merkmalen aus Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen bilden die Gegenstände der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Rotorblatt besitzt zwei Schalenhälften, die sich über die Längsrichtung des Rotorblatts von einer Blattwurzel bis zur Blattspitze erstrecken. Die Schalenhälften sind entlang ihrem Umfang miteinander verbunden. Zwischen den Schalenhälften ist mindestens eine Stegeinrichtung angeordnet, die mit beiden Schalenhälften verbunden ist. Jede Stegeinrichtung besitzt zwei Stegelemente, die jeweils zwei freie Stegschenkel und mindestens eine Querverbindung zwischen den freien Stegschenkeln besitzen. Die Stegeinrichtung erstreckt sich bevorzugt in Längsrichtung des Rotorblatts in dessen Innenraum. Erfindungsgemäß sind die Enden der freien Stegschenkel eines Stegelements mit genau einer Schalenhälfte verbunden. Über die Querverbindungen sind die mit der Schalenhälfte verbundenen

4.

Stegelemente miteinander verbunden. Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Stegeinrichtung besteht darin, dass die für die Festigkeit des Rotorblatts kritischen Verbindungen zwischen Stegeinrichtung und Schalenhälfte deutlich einfacher zu inspizieren sind. Die Verbindung der einzelnen Stegelemente mit den Schalenhälften kann ohne großen Aufwand in Augenschein genommen werden. Die Stegelemente nehmen die an dem Rotorblatt angreifenden Schubkräfte auf. Die Verbindung zwischen den Querverbindungen der Stegelemente ist bei der erfindungsgemäßen Stegeinrichtung vergleichsweise unkritisch, da diese Verklebung zumeist in der Nähe der sogenannten neutralen Faser verläuft und somit gering beansprucht wird. Weiterhin kann durch Einstellung der Höhe der Verklebung (Höhe des Klebstoffauftrages) eine Höhenjustierung der Querverbindung der Stegelemente auf die Blatttrennebene erfolgen. Als besonders vorteilhaft an dem erfindungsgemäßen Rotorblatt hat sich herausgestellt, dass die Verbindungsstellen der Stegelemente während und nach der Montage zugänglich sind und daher überprüft werden können.

In einer bevorzugten Ausgestaltung besitzen die Stegelemente eine U-Form. Die Schenkel der Stegelemente können dabei parallel verlaufen oder einen Winkel miteinander einschließen. Um die Verbindung der Stegelemente mit den Schalenhälften zu erleichtern, können die Stegschenkel an ihren Enden jeweils mit einem Verbindungsflansch ausgestattet sein. Der Verbindungsflansch kann einseitig von dem Stegschenkel abstehen oder in mehreren Richtungen sich vom Stegschenkel erstrecken.

5.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Rotorblatts weisen die Schalenhälften jeweils eine umlaufende Befestigungsfläche zur Verbindung mit der anderen Schalenhälfte auf. Bevorzugt liegt die Oberseite des mit der Schalenhälfte verbundenen Stegelements in einer Ebene, die von der Befestigungsfläche der Schalenhälfte aufgespannt wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass beim Zusammensetzen der Schalenhälften sowohl die Befestigungsflächen der Schalenhälften miteinander als auch die Oberseiten der Stegelemente miteinander in Berührung kommen können.

In einer bevorzugten Ausgestaltung trägt jede der Schalenhälften mindestens einen Hauptgurt, der sich in Längsrichtung des Rotorblatts erstreckt. Wie bereits erwähnt, nehmen bei dem fertig gestellten Rotorblatt die Stege die Schubkräfte auf, während die Längskräfte, beispielsweise die durch die Rotation des Rotorblatts verursachten Zentrifugalkräfte, durch die Hauptgurte aufgenommen werden. Im Gegensatz zu einer kastenförmigen Holmkonstruktion werden bei dem erfindungsgemäßen Rotorblatt die Biegekräfte durch die Kombination von Hauptgurten und Stegen aufgenommen.

Es hat sich als zweckmäßig herausgestellt, die Stegelemente über die Hauptgurte, welche konstruktiver Bestandteil der Schalenhälfte sind, mit den Schalenhälften zu verbinden. Die erfindungsgemäßen Stegelemente sind also nicht unmittelbar mit den aerodynamischen Hüllen der Schalenhälften verbunden, sondern sind an den Hauptgurten befestigt, die wiederum Bestandteil der Schalenhälften sind.

6.

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung sind die Stegelemente mit der Schalenhälfte verklebt. Dies bedeutet, wenn die Stegelemente über die Hauptgurte mit den Schalenhälften verbunden sind, dann sind die Stegelemente mit den Hauptgurten verklebt. Verlaufen die Hauptgurte dagegen zwischen oder neben den Stegelementen, so können die Stegelemente auch direkt mit der Schalenhälfte oder einem an der Schalenhälfte vorgesehenen Adapter verklebt werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung werden auch die Querverbindungen der Stegelemente miteinander verklebt. Bei der Verklebung der Querverbindungen handelt es sich zwar zwangsläufig um eine Blindverklebung, jedoch wird diese durch ihre Nähe zur sogenannten neutralen Faser nur relativ gering belastet. Alternativ zu einer Verklebung der Querverbindungen ist es auch möglich, diese direkt oder über zusätzliche Mittel formschlüssig miteinander zu verbinden. Insbesondere lässt sich durch eine geeignete Formgebung der Verbindungsflächen eine Selbstzentrierung und/oder eine Selbstpositionierung der Schalenhälften erreichen.

Das erfindungsgemäße Rotorblatt wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a bis e den Aufbau eines erfindungsgemäßen Rotorblatts im Querschnitt und

Fig. 2a bis e den Aufbau eines herkömmlichen Rotorblatts mit Stegen.

7.

Figur 2 zeigt den herkömmlichen Aufbau eines Rotorblatts mit Stegen. Figur 2a zeigt die saugseitige Schalenhälfte 10 mit dem sich in Längsrichtung erstreckenden Hauptgurt 12. Ferner sind in Figur 1a Befestigungsflächen 14 dargestellt, die zur Verbindung der Schalenhälften miteinander dienen und um die Schalenhälfte 10 laufen.

Die Figuren 1 und 2 zeigen die Schalenhälften lediglich in einer schematischen Ansicht, in der zur besseren Übersicht die Profilform der Schalenhälften jeweils oval dargestellt ist und die Befestigungsflächen 14 als nach außen abstehende Flächen angedeutet sind. Bei einem realen Rotorblatt variiert die Form des Rotorblatts in Längsrichtung und ist überwiegend nicht symmetrisch oder oval. Ferner sind die Befestigungsflächen 14 bei einem realen Rotorblatt nicht als überstehende Flächen ausgebildet, sondern an die Kontur des Rotorblatts angepasst.

Figur 2e zeigt das fertig montierte Rotorblatt, mit seiner saugseitigen Schalenhälfte 10 und seiner druckseitigen Schalenhälfte 11. Zwischen die Hauptgurte 12 und 18 ist jeweils ein Stegverbund 22a, 22b geklebt. Der Stegverbund 22a, 22b verbindet also direkt jeweils die gegenüberliegenden Hauptgurte 12 und 18 der beiden Schalenhälften.

Die Figuren 2b bis d zeigen schrittweise den Einbau der Stegprofile 22a und 22b. In Figur 2b wird ein erstes Stegprofil 22a mit dem Gurt 18 in der druckseitigen Schalenhälfte 11 verklebt. Während des Verklebens wird das Stegprofil 22a über eine seitliche Abstützung 24 in Position gehalten, bis der Kleber ausgehärtet ist. In einem nachfolgenden Schritt, der in Figur 2c

8.

dargestellt ist, werden an dem ersten Stegprofil 22a zwei Abstandshalter 28 angebracht. Die Abstandshalter 28 halten in einem nachfolgenden Schritt das zweite Stegprofil 22b in Position, während es mit dem Hauptgurt 18 verklebt wird. Wenn die Klebeverbindung zwischen dem Hauptgurt 18 und dem zweiten Stegprofil 22b ausgehärtet ist, werden die Abstandshalter 28 zwischen dem ersten und dem zweiten Stegprofil 22a, 22b entfernt. In einem nachfolgenden Schritt wird die saugseitige Schalenhälfte 10 mit dem Bereich ihrer Befestigungsfläche 14 und mit den freien Enden des Stegverbundes 22a, 22b verklebt. Nachteilig bei dieser Vorgehensweise ist, dass die Verklebung der Stegprofile 22a und 22b mit der saugseitigen Schalenhälfte nicht kontrolliert werden kann, sodass eine fehlerhafte oder unvollständige Verklebung nicht erkannt und somit weder nachgebessert oder sonst wie ausgeglichen werden kann.

Die Figur 1e zeigt den Aufbau eines erfindungsgemäßen Rotorblatts, wobei zur leichteren Orientierung gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen wie in den Figuren 2 versehen sind. Figur 1e zeigt die Schalenhälften 10 und 11, die entlang ihrer Befestigungsflächen 14 miteinander verklebt sind. Die Befestigungsflächen 14 bilden eine Trennebene 24, die gestrichelt in Figur 1 eingezeichnet ist. Zwischen den Schalenhälften 10 und 11 ist eine Stegeinrichtung 26 dargestellt. Die Stegeinrichtung in ihrer fertigen Form besitzt eine H-Form. Die Stegeinrichtung ist in 4 Punkten 28, 30, 32 und 34 über die Gurte mit den Schalenhälften verbunden.

Wie aus den Figuren 1b bis 1d ersichtlich, besteht die Stegeinrichtung 26 aus zwei Stegelementen 36, 38, die jeweils für sich genommen eine U-Form

9.

besitzen. Jedes Stegelement 36, 38 besitzt zwei parallel oder annähernd parallel verlaufende Stegschenkel 40, 42, die jeweils mit einem nach außen abstehenden Verbindungsflansch 44 versehen sind (vgl. Fig. 1b). Zwischen den Stegschenkeln 40 und 42 erstreckt sich die Querverbindung 46. Wie in Figur 1b zu erkennen, verläuft die Oberseite der Querverbindung 46 in der Trennebene 24.

Bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Rotorblatts werden in separaten Arbeitsschritten zunächst das Stegelement 36 in die saugseitige Schalenhälfte auf den saugseitigen Hauptgurt 12 geklebt. In einem separaten Arbeitsschritt, der vorher, gleichzeitig oder anschließend durchgeführt werden kann, wird das zweite Stegelement 38 in die druckseitige Schalenhälfte 11 eingeklebt. Hierbei erfolgt wiederum ein Verkleben mit dem druckseitigen Hauptgurt 18. Der besondere Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass die Stegelemente 36 und 38 bei ihrer Verklebung mit den Schalenhälften 10, 11 kontrolliert werden können. Die im bisherigen Verfahren erforderliche Haltevorrichtung für den Stegeinbau entfällt. Es wird lediglich eine Positionshilfe benötigt. In einem nachfolgenden Schritt erst werden die Schalenhälften 10 und 11 miteinander entlang ihrer Verbindungsflächen 14 verklebt. Hierbei werden auch die Querverbindungen 46 der Stegelemente miteinander verklebt. Diese Verbindung zwischen den Stegelementen ist die einzige Blindverklebung an dem Rotorblatt. ~~Der Vorteil liegt darin, dass die~~ Blindverklebung zwischen den Querverbindungen nur von untergeordneter Bedeutung für die Stabilität des Rotorblattes ist.

10.

Ansprüche:

1. Rotorblatt für eine Windenergieanlage, das
 - zwei sich über die Längsrichtung des Rotorblatts von einer Blattwurzel bis zur Blattspitze erstreckende und entlang ihrem Umfang miteinander verbundene Schalenhälften (10, 11) und
 - mindestens eine zwischen den Schalenhälften (10, 11) angeordnete und mit diesen verbundene Stegeinrichtung (26) aufweist,
 - wobei die Stegeinrichtung zwei Stegelemente (36, 38) aufweist, die jeweils zwei Stegschenkel (40, 42) und jeweils eine Querverbindung (46) zwischen den zwei Stegschenkeln (40, 42) besitzen,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - von jedem Stegelement die Enden der Stegschenkel (40, 42) mit genau einer Schalenhälfte (10, 11) verbunden sind und die Querverbindungen (46) der Stegelemente (36, 38) miteinander verbunden sind.
2. Rotorblatt nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stegelemente (36, 38) U-Form besitzen.
3. Rotorblatt nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stegschenkel (40, 42) an ihren Enden jeweils einen Verbindungsflansch (44) aufweisen.

11.

4. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schalenhälfte (10, 11) eine umlaufende Befestigungsfläche (14) zur Verbindung mit der anderen Schalenhälfte (10, 11) aufweist.
5. Rotorblatt nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberseite des mit der Schalenhälfte verbundenen Stegelements (36, 38) in einer Ebene (24) liegt, die von der Befestigungsfläche (14) der Schalenhälfte (10, 11) aufgespannt ist.
6. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in den Schalenhälfte (10, 11) sich mindestens ein Hauptgurt (12, 18) in Längsrichtung des Rotorblatts erstreckt.
7. Rotorblatt nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Stegelement über die Hauptgurte mit jeweils einer Schalenhälfte verbunden ist.
8. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Stegelement mit der Schalenhälfte verklebt ist.
9. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Querverbindungen (46) der Stegelemente (36, 38) miteinander verklebt sind.
10. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Querverbindungen (46) formschlüssig miteinander verbunden sind.

12.

11. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Querverbindungen (46) an ihren einander zugewandten Seiten eine Formgebung aufweisen, die die Schalenhälften in einer vorbestimmten Position relativ zueinander positionieren.

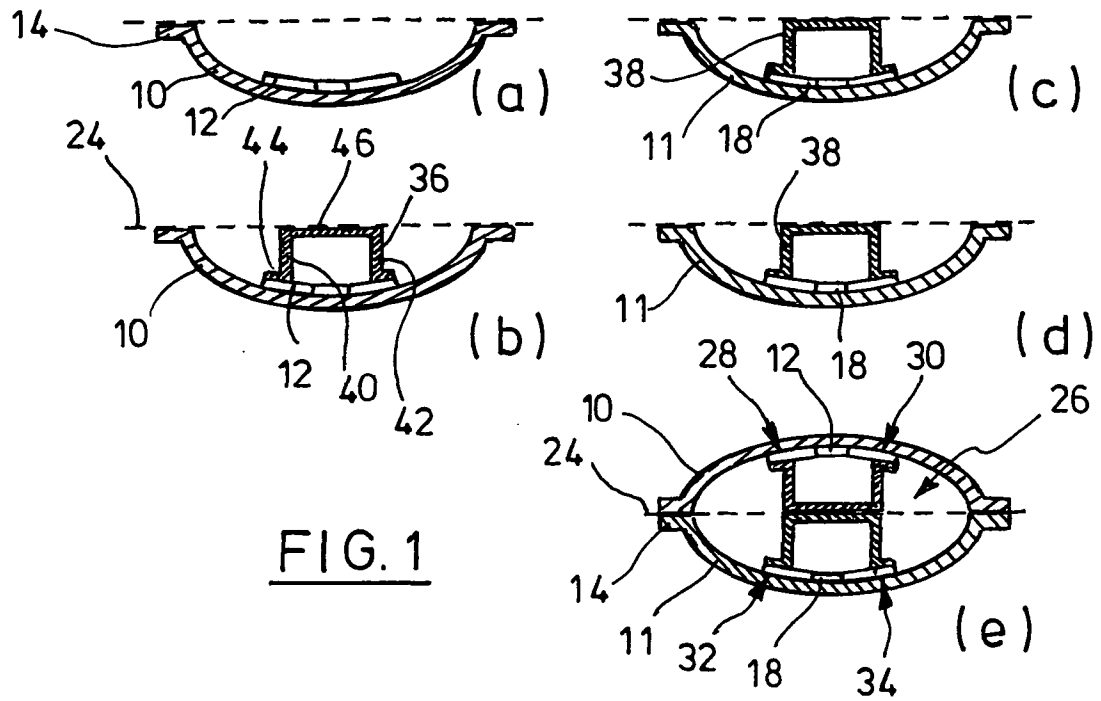


FIG. 1

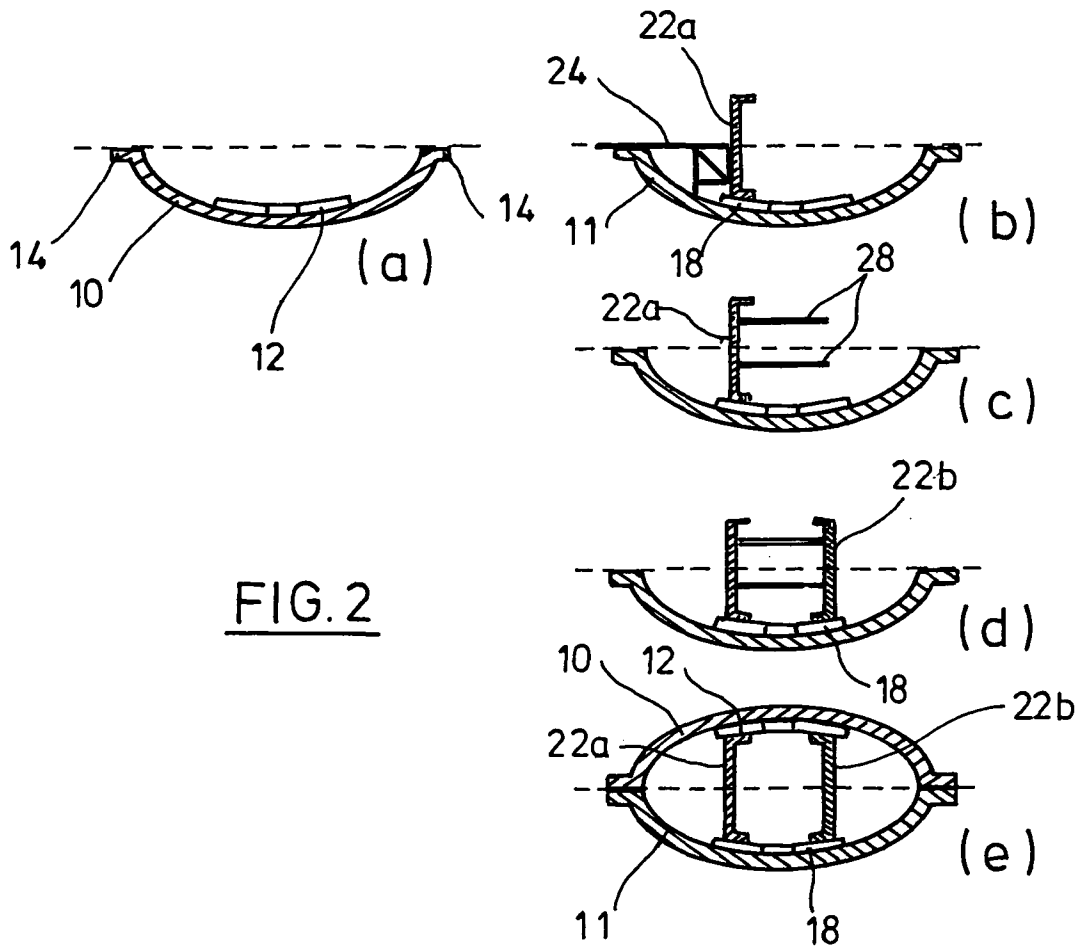


FIG. 2