

(19)



(11)

EP 1 847 453 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

24.10.2007 Patentblatt 2007/43

(51) Int Cl.:

B63B 22/16 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07007888.6**

(22) Anmeldetag: **18.04.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **21.04.2006 DE 102006019170**

(71) Anmelder: **Haindl Kunststoffverarbeitung GmbH
28777 Bremen (DE)**

(72) Erfinder: **Arens, Egidius, Dipl.-Ing.
28332 Achim (DE)**

(74) Vertreter: **Schulz, Klaus
In der Bredenau 69
Fischerhude
28870 Ottersberg (DE)**

(54) **Schifffahrtszeichen**

(57) Bei einem Schifffahrtszeichen für Wasserstraßen mit einem Radarreflektor (14), der aus Reflexionsflächen (21.1, 21.2, 21.3) trichterartig mit Trichteröffnung (22) zusammengesetzte Reflexionstrichter zur Reflexion von über die Trichteröffnung (22) einfallenden Radarwellen aufweist, ist zur Verhinderung einer Verschlechterung der Reflexionseigenschaften und des Zielmaßes des Radarreflektors (14) bei rauhem Wetter mit Sturm,

Regen, Gischt oder Schnee und zum mechanischen Schutz des Radarreflektors (14) gegen Wellenschlag und Sturzseen der Radarreflektor (14) von einem Hüllkörper (15) mit einer die Trichteröffnungen (22) überdeckenden, für Radarwellen mit üblicherweise zur Navigation verwendeten Radarfrequenzen transparent ausgebildeten Hüllkörperwandung (25) umgeben, die eine feste Tragschicht (27) aus Kunststoff mit darin eingelagerten, elektrisch nicht leitenden Fasern aufweist (Fig. 2).

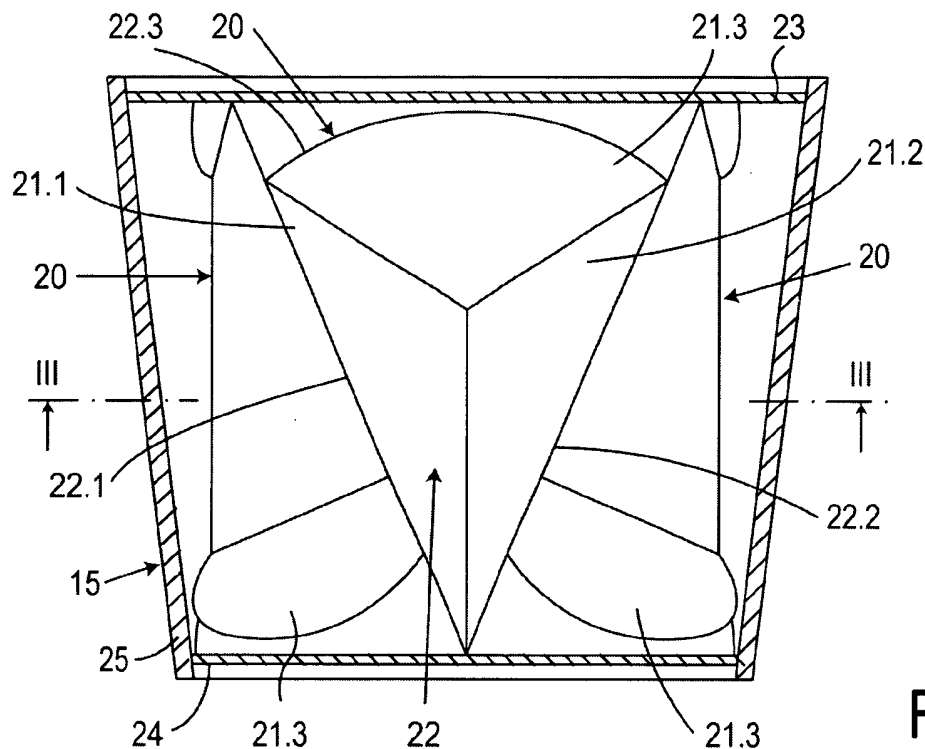


Fig.2

EP 1 847 453 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schifffahrtszeichen für Wasserstraßen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Schifffahrtszeichen werden zur Markierung von Wasserstraßen und/oder Gefahrenstellen eingesetzt und dienen den die Wasserstraßen befahrenden Schiffen zur Orientierung und Navigation. In küstennahen Seegebieten werden die Schifffahrtszeichen als sog. Seezeichen, wie Tonnen oder Bojen, eingesetzt und machen das für den Schiffsverkehr vorgeschriebene Fahrwasser kenntlich. Durch Farbgebung und Befeuerung sind die Schifffahrtszeichen bei Wetterbedingungen mit guter Sicht visuell gut zu erkennen. Für nächtlichen Schiffsverkehr und für ungünstige Wetterlagen mit ungenügenden Sichtverhältnissen sind Schifffahrtszeichen zusätzlich mit Radarreflektoren ausgestattet, die eine Orientierung und Navigation mittels schiffsgestützter Radaranlagen ermöglichen und so zur Sicherheit im Schiffsverkehr beitragen.

[0003] Radarreflektoren arbeiten im allgemeinen mit rechtwinklig zueinander angeordneten Reflexionsflächen, z.B. nach dem Prinzip der Tripelspiegel, die einfallende Radarwellen in die Einfallsrichtung zurückreflektieren. Solche Radarreflektoren sind üblicherweise geschweißte Blechkonstruktionen mit metallischen Reflexionsflächen, die zum Schutz gegen aggressive Umwelteinflüsse, wie Regen und Seewasser, mit einem Farbanstrich versehen sind. Dieser Farbanstrich gehört gleichzeitig zur Kennung des Schifffahrtszeichens.

[0004] Ein bekannter Radarreflektor (DE 2 308 701 A1) besteht aus einem geometrischen Gebilde, dessen metallische Reflexionsflächen wie die drei Diagonalfächen eines auf die Spitze gestellten Würfels angeordnet und damit jeweils in einem Winkel von 90° zueinander ausgerichtet sind.

[0005] Ein ebenfalls bekannter Radarreflektor (DE 2 308 701 A1) besteht aus acht Tripelspiegeln, deren Reflexionsflächen von den Kreisflächen einer im Äquator und in zwei zueinander senkrecht stehenden Meridianen geschnittenen Kugel gebildet sind, wobei die Schnittflächen mit Reflexionsblechen belegt sind. Die mit ihren Trichteröffnungen nach außen weisenden acht Tripelspiegeln ergeben einen Radarreflektor mit kugelförmiger Umrisslinie.

[0006] Die Reflexionseigenschaften solcher Radarreflektoren verschlechtern sich dann, wenn z.B. bei Sturm oder starkem Wind Regen, Schnee oder Salzwasser in die Trichter des Radarreflektors hineingedrückt wird. Dadurch verändert sich die reflektierende Geometrie der Reflexionsflächen, und die reflektierten Radarwellen werden nicht genau wieder in Einfallsrichtung der Radarwellen zurückgeworfen, so dass die auf dem Radarbild dargestellten Radarechos verschmiert sind und sich nur wenig vom allgemeinen Störhintergrund abheben. Der sog. Rückstrahlquerschnitt des Radarreflektors kann auf diese Weise so drastisch sinken, dass die Radarechos von der sendenden Radaranlage nicht mehr empfangen werden und aus dem Radarbild gänzlich verschwinden. Dies ist insbesondere deswegen schwerwiegend, weil gerade bei extrem schlechten Wetterbedingungen die Schifffahrt auf zuverlässige Radarunterstützung angewiesen ist.

[0007] Ein bekannter Radarreflektor (DE 25 50 709) ist in dem Laternenstuhl einer Leuchttonne angeordnet. Zur Erzielung eines niedrigen Gewichts ist die Reflektorkonstruktion aus Kunststoffplatten oder Kunststoffteilen mit metallisierter Oberfläche gemacht. Die Reflektorkonstruktion ist durch einen hohlzylindrischen Radom geschützt, der den zusätzlichen Vorteil der Reduzierung des Windwiderstandes des Radarreflektors bietet.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Schifffahrtszeichen der eingangs genannten Art so zu verbessern, dass einerseits ein zuverlässiger Schutz des Radarreflektors gegen jegliche Art von umweltbedingten mechanischen Beschädigungen sichergestellt ist und andererseits Wettereinflüsse die Reflexionseigenschaften des Radarreflektors und damit dessen Zielmaß nicht oder nur bei Extrembedingungen unbedeutend verschlechtern.

[0009] Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0010] Das erfindungsgemäße Schifffahrtszeichen hat den Vorteil, dass der Hüllkörper einen wirksamen Schutz der Reflexionsflächen des Radarreflektors gegen Sturm, Starkwind, Regen, Schneetreiben, Gischt und Salzwasser bietet. Die Tragschicht aus Kunststoff mit den eingelagerten, elektrisch nicht leitenden Fasern, vorzugsweise in Form einer Fasermatte, die als Gewebe, Gewirk, Gelege oder Filz ausgeführt ist, besitzt sowohl eine Durchlässigkeit für Radarwellen ohne Dämpfungsverluste als auch eine hohe Festigkeit, geringe Sprödigkeit und eine ausreichende Elastizität, um Druckbelastungen durch extremes Seewetter mit Wellenschlag und Sturzseen standzuhalten. Die dadurch bedingte große Festigkeit des Hüllkörpers gewährleistet einen zuverlässigen Schutz des Radarreflektors gegen jede Art von mechanischer Beschädigung und gegen aggressive Umwelteinflüsse, wie z.B. Salzwasser, die die Reflexionsfähigkeit des Reflektors beeinträchtigen würden, so dass das Zielmaß des Radarreflektors nicht verschlechtert wird. Wartungsarbeiten zur Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit des Schifffahrtszeichens können deutlich eingeschränkt werden, und die Lebensdauer des Schifffahrtszeichens wird wesentlich verlängert. Der Windwiderstand des Schifffahrtszeichens, zu dem auch der Radarreflektor einen nicht unwesentlichen Beitrag leistet, wird durch den den Radarreflektor umgebenden Hüllkörper deutlich gesenkt, so dass bei Sturm oder starkem Wind eine Krängung des Schifffahrtszeichens deutlich kleiner ausfällt. Durch die für Radarwellen transparente Ausbildungen zumindest der die Trichteröffnungen überdeckenden Bereiche des Hüllkörpers für die in der Schiffsnavigation üblicherweise eingesetzten Radarfrequenzen, ist sichergestellt, dass die Radarwellen ungedämpft die Reflexionsflächen des Radarreflektors erreichen, die Reflexionsfähigkeit des Radarreflektors erhalten bleibt und die reflektierten Radarwellen nicht negativ für ihren Empfang als

Radarechos beeinflusst werden. Die bei Seegang und Regen üblicherweise auftretenden Störechos, der sog. Clutter, der in Radaranlagen zu einem extrem schlechten Nutz/Störverhältnis von Radar-Empfangssignalen führt, verdecken aufgrund der durch den Hüllkörper jetzt ungestörten Reflexionseigenschaften des Radarreflektors nicht mehr das Radarecho des Schiffsfahrtszeichens, so dass die Markierung der Wasserstraße sich deutlich auf dem Radarbild hervorhebt.

Selbst bei extrem schlechten Wetterbedingungen bleiben die Radarechos im Radarbild gut sichtbar und heben sich deutlich aus dem allgemeinen Störhintergrund ab. Da auch bei ungünstigen Wetterlagen das vom Schiffsfahrtszeichen gelieferte Radarecho stets erkennbar bleibt, kann ein automatischer Zieldetektor für die Verfolgung (tracking) des Schiffsfahrtszeichens eingesetzt werden, was die Sicherheit der Schiffsnavigation wesentlich erhöht.

[0011] Zweckmäßige Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Schiffsfahrtszeichens mit vorteilhaften Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird als Kunststoff Epoxydharz mit einer relativen Dielektrizitätskonstanten im Bereich von $\epsilon_R = 3,5$ verwendet. Die Fasern oder Fasermatten bestehen aus Glas, wobei zur Aufrechterhaltung der guten Radarwellen-Transparenz der festen Kunststoff-Tragschicht ein Glas zugesetzt wird, das eine ähnlich geringe Dielektrizitätskonstante aufweist, wie Quarzglas, D-Glas oder S-Glas. Diese Gläser haben einen Brechungsindex, der im unteren Bereich der Brechungsindizes von Gläsern liegt. Der Glasanteil der glasfaser-verstärkten Kunststoff-Tragschicht beträgt etwa 50%.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Tragschicht zumindest auf ihrer Außenseite mit einer vorzugsweise seewasserresistenten Schutzschicht aus einem Kunststoff überzogen, die als sog. Gelcoat ausgeführt ist. Die Schutzschicht ist extrem dünn, so dass sie eine im Vergleich zur Schichtdicke der Tragschicht nur sehr kleine Schichtdicke aufweist, die nur ein Bruchteil der Schichtdicke der Tragschicht beträgt. Besteht die feste Tragschicht aus Epoxydharz oder glasfaserverstärktem Epoxydharz, so wird für die Schutzschicht ebenfalls ein Epoxydharz als Gelcoat verwendet, dessen relative Dielektrizitätskonstante ϵ_R gleich dem des Epoxydharzes der Tragschicht ist. Die Schutzschicht verhindert eine Wasseraufnahme der Tragschicht aus Kunststoff. Vorzugsweise ist eine gleiche Schutzschicht auch auf der dem Reflektor zugekehrten Innenseite der Tragschicht aufgebracht.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die äußere Schutzschicht mit einer Signalfarbe eingefärbt, die der erforderlichen Kennung des Schiffsfahrtszeichens dient.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die Dicke der Hüllkörperwandung abhängig von den Wellenlängen der zur Navigation üblicherweise verwendeten Radarfrequenzen, vorzugsweise für Radarwellen mit 3GHz und 9GHz, von der mittleren relativen Dielektrizitätskonstanten ϵ_R des verwendeten Materials der Hüllkörperwandung oder dem mit dieser in festem Zusammenhang stehenden, mittleren Brechungsindex der Hüllkörperwandung bemessen. Dies hat den Vorteil, dass die Transparenz der Hüllkörperwandung für Radarwellen weitgehend optimiert ist und die vom Radarreflektor reflektierten Radarechos durch den Hüllkörper nicht gedämpft oder verzerrt werden.

[0016] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die Dicke der Hüllkörperwandung im Bereich einer Trichteröffnung eines Trichters in Umfangsrichtung variiert, wobei die Dicke von der Mitte der Trichteröffnung ausgehend zu den beiden in Einbaulage vertikal verlaufenden Rändern der Trichteröffnung hin zunimmt. Diese Zunahme beträgt beispielsweise ca. 1mm, kann aber durch Berechnung in Abhängigkeit von dem Einfallswinkel der Radarwellen optimiert werden. Dies hat den Vorteil, dass auch im Randbereich der Trichteröffnungen einfallende und reflektierte Radarwellen sich konstruktiv überlagern, so dass das Zielmaß des Radarreflektors im gesamten Winkelbereich der von einem Tripelspiegel reflektierten Radarwellen nahezu gleich ist.

[0017] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind außen an der Hüllkörperwandung, die ein Hohlzylinder oder vorzugsweise ein sich nach unten verjüngender Hohlkonus ist, querschnittskleine Stege vorhanden, die auf der Außenseite der Hüllkörperwandung von dieser abstehen. Die vorzugsweise unregelmäßig, z.B. gezackt, geformten Stege verlaufen entlang den der Innenseite der Hüllkörperwandung zugekehrten, von oben nach unten sich erstreckenden Seitenrändern der Trichteröffnungen der Tripelspiegel und fluchten mit diesen in Radialrichtung. Diese querschnittskleinen Stege bilden äußere Abrisskanten von geringer Erhebung gegenüber der sonst glatten Hüllkörperwandung und verkleinern einerseits den Strömungswiderstand gegen Wasser, Wellen und Wind und damit die Belastung des Hüllkörpers und verhindern andererseits die Ausbildung von Karmannwirbeln. Eine auf der Außenfläche der Hüllkörperwandung sich ausbildende, dünne Wirbelschicht sorgt für einen gleichmäßigen Ablauf von Regen und Seewasser.

[0018] Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer an einer Wasserstraße verankerten Boje mit einem von einem Hüllkörper umschlossenen Radarreflektor,

Fig. 2 eine Seitensicht des Radarreflektors mit im Längsschnitt dargestellten Hüllkörper,

Fig. 3 einen Schnitt des Hüllkörpers längs der Linie III - III in Fig. 2,

Fig. 4 eine perspektivische Seitenansicht des Radarreflektors in Fig. 2,

Fig. 5 eine stark vergrößerte Darstellung des Ausschnitts V in Fig. 3,

5 Fig. 6 eine vergrößerte Darstellung des Ausschnitts VI in Fig. 3.

[0019] In Fig. 1 ist ein Schifffahrtszeichen, im Einsatz auf See oder in küstennahen Seegebieten auch Seezeichen genannt, perspektivisch dargestellt, das zur Markierung eines Fahrwassers 10 in einem Seegebiet eingesetzt ist. Das Seezeichen ist eine Tonne oder Boje 11, die einen Schwimmkörper 12 und einen auf der Oberseite des Schwimmkörpers 12 emporragenden Bojenschaft 13 aufweist. Der Schwimmkörper 12 ist am Meeresgrund verankert und infolge seines Auftriebs aufgeschwommen, so dass der Bojenschaft 13 weit über die Wasseroberfläche emporragt. Auf die freie Stirnseite des Bojenschafts 13 ist ein Radarreflektor 14 (Fig. 2 und 4) aufgesetzt, der von einem Hüllkörper 15 umgeben ist. Oberhalb des Radarreflektors 14 sind auf dem Bojenschaft 13 eine Tonnen- oder Bojennummerierung 16 sowie eine Befeuerung 17 angebracht. Die Befeuerung 17 besteht aus einer Signallampe 18, die von Solarzellen 19 gespeist wird.

[0020] Radarreflektor 14 und Hüllkörper 15 sind separate Bauteile (Fig. 2 bis 4) und am Bojenschaft 13 getrennt befestigt. Der Hüllkörper 15 wird dabei über hier nicht dargestellte Flansche oberhalb und unterhalb des Radarreflektors 14 so befestigt, dass der Radarreflektor 14 wassergeschützt von dem Hüllkörper 15 umschlossen ist. Radarreflektor 14 und Hüllkörper 15 können aber auch als bauliche Einheit ausgeführt sein, die auf den Bojenschaft 13 unterhalb der Bojennummerierung 16 und Befeuerung 17 montiert wird.

[0021] Der Radarreflektor 14 ist in Fig. 4 in perspektivischer Ansicht und in Fig. 2 in Seitenansicht dargestellt. Er besitzt eine Mehrzahl von Reflektortrichtern mit radial nach außen weisender Trichteröffnung 22, die um Umfangswinkel zueinander versetzt um die mit der Achse des Bojenschafts 13 fluchtende Hochachse des Radarreflektors 14 herum angeordnet sind. Jeder Reflektortrichter ist konstruktiv so ausgebildet, dass über die Trichteröffnung 22 einfallende Radarwellen wieder in Einfallsrichtung reflektiert werden. Im Ausführungsbeispiel sind die Reflektortrichter sog. Tripel-
25 spiegel 20. Jeder Tripelspiegel 20 wird von drei senkrecht zueinander angeordneten Reflexionsflächen 21.1, 21.2 und 21.3 gebildet. Die in Einbaulage etwa vertikal sich erstreckenden beiden Öffnungsänder 22.1, 22.2 und der in Einbaulage etwa horizontal verlaufende Öffnungsrand 22.3 der Trichteröffnung 22 werden dabei von den nicht aneinanderstoßenden Kanten der drei Reflexionsflächen 21.1, 21.2 und 21.3 gebildet. In Umfangsrichtung aufeinanderfolgende Tripelspiegel 20 sind um 180° gegeneinander gedreht angeordnet. Die Tripelspiegel 20 sind als Blechteile ausgeführt und in einer
30 Trägerkonstruktion aus Blech gehalten. Die Trägerkonstruktion weist an ihren beiden Stirnenden jeweils eine kreisrunde Blechplatte 23 bzw. 24 auf.

[0022] Der den Radarreflektor 14 umgebende Hüllkörper 15 weist eine Hüllkörperwandung 25 auf, die alle Trichteröffnungen 22 der Tripelspiegel 20 abdeckt und wenig über die obere und untere Blechplatte 23, 24 übersteht. Die Hüllkörperwandung 25 ist in dem beschriebenen Ausführungsbeispiel als Hohlkonus mit einem durchmessergrößeren Grundkreis und einem durchmesserkleineren Deckkreis ausgeführt, wobei in Einbaulage des Hüllkörpers 15 der Deckkreis unterhalb des Grundkreises liegt. Alternativ kann die Hüllkörperwandung 25 auch als gerader Hohlzylinder ausgeführt werden. Durch die vorzugsweise konische Form der Hüllkörperwandung fließen Regen und Schnee wesentlich schneller und effizienter vom Hüllkörper 15 ab als bei einer hohlzylindrischen Hüllkörperwandung. Wie in der Schnittdarstellung der Fig. 3 und in der perspektivischen Ansicht in Fig. 1 zu sehen ist, stehen von der Außenseite der Hüllkörperwandung 25 querschnittskleine Stege 26 ab. Die Stege 26 verlaufen entlang den der Innenseite der Hüllkörperwandung 25 zu-
40 gekehrten, von oben nach unten sich erstreckenden Seitenrändern 22.1 und 22.2 der Trichteröffnungen 22 und fluchten mit diesen in Radialrichtung. Da die Seitenränder 22.1 und 22.2 unter einem spitzen Winkel zueinander verlaufen, und die Trichteröffnungen 22 von benachbarten Tripelspiegeln 20 um 180° gegeneinander gedreht sind, besitzen die Stege 26 den auf der Außenfläche der Hüllkörperwandung 25 in Fig. 1 zu sehenden, schrägen Verlauf. Die Stege 26 sind
45 vorzugsweise unregelmäßig geformt, z.B. als kleine Zähne oder Zacken ausgebildet, und bilden Abrisskanten, die einerseits die Belastung des Hüllkörpers 15 durch Windströmungskräfte drastisch verkleinern und andererseits die Bildung von Karmannwirbeln auf der Oberfläche des Hüllkörpers 15 verhindern. Durch die Anordnung der Stege 26 im Verlauf der Seitenränder 22.1 und 22.2 der Trichteröffnungen 22 wird die Transparenz der Hüllkörperwandung 25 für Radarwellen nicht beeinträchtigt.

[0023] In Fig. 6 ist ein an der Hüllkörperwandung 25 angeformter Steg 26 im Schnitt vergrößert dargestellt. Der Steg 26 mit der Breite s und Höhe h ist stirnseitig eben und geht über einen Rundungsradius in die Hüllkörperwandung 25 über. Eine Strömung 30 von Wasser oder Wind wird im Bereich des vorderen Rundungsradius beschleunigt, reißt an der Kante 31 ab und wird auf der von der Strömung 30 abgekehrten Seite des Stegs 26 im hinteren Rundungsradius bereits langsamer. Dadurch entsteht in dem von der Strömung 30 abgekehrten Bereich des hinteren Rundungsradius
50 des Stegs 26 ein höherer Druck, und die Strömung reißt von der Oberfläche der Hüllkörperwandung 25 gezielt ab. Damit wird einerseits die Belastung des Hüllkörpers 15 verringert und fließt andererseits Wasser gleichmäßig und schnell von der Hüllkörperwandung 25 ab.

[0024] In Fig. 5 ist ein stark vergrößerter Ausschnitt der Hüllkörperwandung 25 im Schnitt dargestellt. Die Hüllkörper-

wandung 25 weist eine feste Tragschicht 27 und zwei seewasserresistente Schutzschichten 28, 29 auf. Die Schutzschichten 28, 29 sind als Gelcoat ausgeführt und weisen eine Schichtdicke w auf, die nur einen Bruchteil der Schichtdicke d der Tragschicht 27 beträgt. Die Tragschicht 27 bestimmt im wesentlichen die Festigkeit und Stabilität des Hüllkörpers 15, während die Schutzschichten 28, 29 eine Wasseraufnahme der Tragschicht 27 verhindern. Als Kunststoff für die Tragschicht 27 wird ein Epoxydharz mit einer relativen Dielektrizitätskonstanten von ungefähr $\epsilon_R = 3,5$ verwendet. Zur Erhöhung der Festigkeit der Tragschicht 27 sind in das Epoxydharz elektrisch nicht leitende Fasern, vorzugsweise in Form einer Fasermatte, die als Gewebe, Gewirke oder Gelege ausgeführt ist, eingelegt. Dabei wird vorzugsweise als Fasermaterial Glas verwendet, dessen relative Dielektrizitätskonstante ϵ_R im unteren Bereich liegt und sich an der relativen Dielektrizitätskonstanten ϵ_R des Kunststoffs bzw. Epoxydharz der Tragschicht 27 orientiert. Solche Gläser sind Quarzglas, D-Glas oder S-Glas, deren Brechungsindex im unteren Bereich der Brechungsindizes aller Glassorten liegt. Anstelle von Epoxydharz für die Tragschicht 27 können auch andere Kunststoffe verwendet werden, wie Polyesterharz, Thermoplasten, Polyethylene oder Polybutene. Wesentlich für die Auswahl des Kunststoffs ist die relative Dielektrizitätskonstante ϵ_R , die die Wirkung des Materials auf den Verlauf der einfallenden Radarwellen bestimmt. Bei Verwendung von zweikomponentigen Epoxydharzen für die Tragschicht 27 wird als Material für die Schutzschichten 28, 29 vorteilhaft ebenfalls Epoxydharz verwendet. Mindestens die äußere Schutzschicht 28 ist eingefärbt, und zwar vorzugsweise mit einer leuchtenden Signalfarbe, um das Schifffahrtszeichen auf größerer Entfernung visuell besser erkennbar zu machen.

[0025] Die Dicke D der Hüllkörperwandung 25 wird so bemessen, dass die Transparenz für den zur Navigation üblicherweise verwendeten Radarfrequenzbereich am größten ist. Üblicherweise werden Radarfrequenzen von 3GHz und 9GHz verwendet. Die Dicke der Hüllkörperwandung 25 ist dabei abhängig von der mittleren relativen Dielektrizitätskonstante $\bar{\epsilon}_R$ bzw. dem mittleren Brechungsindex $\bar{n}$ der Hüllkörperwandung 25, wobei der Zusammenhang

$$\bar{n} = \sqrt{\bar{\epsilon}_R} \quad (1)$$

besteht.

[0026] Zur Erläuterung der Bemessung der Dicke D der Hüllkörperwandung 25 ist in Fig. 5 der Strahlverlauf einer Radarwelle, die unter dem Einfallswinkel α auf die Hüllkörperwandung 25 trifft, dargestellt. Die Grenzen für den Einfallswinkel α für eine Reflexion der Radarwellen an allen drei Reflexionsflächen 21.1, 21.2, 21.3 des Tripelspiegels 20 sind durch die Trichteröffnung 22 vorgegeben. Die Radarwelle durchläuft aufgrund des Brechungsgesetzes die Hüllkörperwandung 25 unter einem Winkel γ und verlässt die Hüllkörperwandung 25 mit einem Austrittswinkel, der gleich dem Einfallswinkel α ist. Die Wegstrecke, die die Radarwelle dabei innerhalb der Hüllkörperwandung 25 zurücklegt ist in Fig. 5 mit $B/2$ bezeichnet. Die aus der Hüllkörperwandung 25 austretende Radarwelle gelangt zu dem Radarreflektor und wird dort reflektiert. Die Radarwelle wird aber auch an der unteren Schichtgrenze zwischen Hüllkörperwandung 25 und Luft reflektiert, um 180° phasenverschoben und erreicht nach der Wegstrecke $B/2$ die obere Schichtgrenze zwischen Hüllkörperwandung 25 und Luft. Gleichzeitig legt die Radarwelle in Luft den Weg A zurück. Dieser Sachverhalt ist durch die Gleichung:

$$B \cdot \bar{n} - A = k \cdot \lambda_{\text{Luft}} \quad (2)$$

beschrieben, wobei k gleich "1" oder ein ganzzahliges Vielfaches von "1", also 2 oder 3 oder N , $\bar{n}$ der mittlere Brechungsindex der Hüllkörperwandung 25 und λ_{Luft} die maximale Wellenlänge der Radarwelle in Luft ist.

[0027] Nach dem Brechungsgesetz von Snellius:

$$\bar{n} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} \quad (3)$$

bestimmt sich der Beugungs- oder Brechungswinkel γ .

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{\bar{n}}\right) \quad (4) .$$

[0028] Aus Fig. 5 ergeben sich die Zusammenhänge:

$$\frac{C}{2D} = \tan \gamma \quad (5)$$

$$\frac{2D}{B} = \cos \gamma \quad (6)$$

$$\frac{A}{C} = \sin \alpha \quad (7) .$$

[0029] Wird Gl.(5) nach C, Gl.(6) nach B, Gl.(7) nach A aufgelöst und C, B und A in Gl.(2) eingesetzt, so ergibt sich:

$$\frac{2D \cdot \bar{n}}{\cos \gamma} - 2D \cdot \tan \gamma \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda_{\text{luff}} \quad (8) .$$

[0030] Nach entsprechender Umgestaltung ergibt sich:

$$D = \frac{k \cdot \lambda_{\text{luff}}}{\frac{2\bar{n}}{\cos \gamma} - 2 \tan \gamma \cdot \sin \alpha} = \frac{k \cdot \lambda_{\text{luff}}}{\frac{2\bar{n}}{\cos \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{\bar{n}}\right)} - 2 \tan \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{\bar{n}}\right) \cdot \sin \alpha} \quad (9)$$

[0031] Die mittlere relative Dielektrizitätskonstante $\bar{\epsilon}_R$ wird bestimmt aus:

$$\bar{\epsilon}_R = \frac{d + 2w}{\frac{d}{\epsilon_{R(TS)}} + \frac{2w}{\epsilon_{R(SS)}}} \quad (10) ,$$

mit

$$d = \frac{k \cdot \lambda_{\text{luft}}}{2n_{\text{TS}}} - \frac{2w \cdot n_{\text{SS}}}{n_{\text{TS}}} = \frac{1}{n_{\text{TS}}} \left(\frac{k \cdot \lambda_{\text{luft}}}{2} - 2w \cdot n_{\text{SS}} \right) \quad (11),$$

wobei n_{TS} der Brechungsindex und $\epsilon_{\text{R(TS)}}$ die relative Dielektrizitätskonstante der Tragschicht 27 mit der Dicke d und n_{SS} der Brechungsindex und $\epsilon_{\text{R(SS)}}$ die relative Dielektrizitätskonstante der Schutzschicht 28 bzw. 29 mit der Dicke w ist.

[0032] Setzt man Gl. (11) in Gl. (10) ein, so erhält man den mittleren Brechungsindex $\bar{n}$ der Hüllkörperwandung 10 gemäß

$$\bar{n} = \sqrt{\frac{\frac{k \cdot \lambda_{\text{luft}}}{2n_{\text{TS}}} - \frac{2wn_{\text{SS}}}{n_{\text{TS}}} + 2w}{\frac{1}{\epsilon_{\text{R(TS)}} \left(\frac{k \cdot \lambda_{\text{luft}}}{2n_{\text{TS}}} - \frac{2wn_{\text{SS}}}{n_{\text{TS}}} \right) + \frac{2w}{\epsilon_{\text{R(SS)}}}}} \quad (12)$$

und mit Gl.(1)

$$\bar{n} = \sqrt{\frac{\frac{1}{\sqrt{\epsilon_{\text{R(TS)}}} \left(\frac{k \cdot \lambda_{\text{luft}}}{2} - 2w\sqrt{\epsilon_{\text{R(SS)}}} \right) + 2w}{\frac{1}{\sqrt{\epsilon_{\text{R(TS)}}^3} \left(\frac{k \cdot \lambda_{\text{luft}}}{2} - 2w\sqrt{\epsilon_{\text{R(SS)}}} \right) + \frac{2w}{\epsilon_{\text{R(SS)}}}}} \quad (13).$$

[0033] Die maximale Wellenlänge λ_{luft} liegt bei den hier betrachteten Radarfrequenzen 3GHz und 9GHz bei $\lambda_{\text{luft}} \approx 10\text{cm}$ für 3GHz und $\lambda_{\text{luft}} \approx 3\text{cm}$ für 9GHz. Da die Wellenlängen λ_{luft} für beide Radarfrequenz 3GHz ungefähr ein ganzzahliges Vielfaches der maximalen Wellenlänge λ_{luft} für die Radarfrequenz 9GHz ist, ist die Dicke der Hüllkörperwandung 25 für beide Radarfrequenzen optimal angepasst. Bei einer Tragschicht 27 aus mit D-Glasfasern verstärktem Epoxydharz und Schutzschichten 28, 29 aus reinem Epoxydharz beträgt der danach berechnete mittlere Brechungsindex $\bar{n}$ der Hüllkörperwandung 25 $\bar{n} \approx 1,95$.

[0034] Mit diesem mittleren Brechungsindex $\bar{n} = 1,95$ ergibt sich aus Gl. (9) für alle Einfallswinkel α der Radarwellen, die von dem Radarreflektor 14 reflektiert werden eine Dicke der Hüllkörperwandung 25 zwischen 25mm und 26mm oder einem ganzzahligen Vielfachen davon, bei welcher die Hüllkörperwandung 25 ihre maximale Transparenz aufweist. Für unter einem kleinen Einfallswinkel α , z.B. 0° , einfallende Radarwellen ergibt sich dabei gemäß Gl.(9) die minimale Dicke D_{min} der Hüllkörperwandung 25 zu $D_{\text{min}} = k \cdot \lambda_{\text{luft}} / 2\bar{n}$, die mit zunehmenden Einfallswinkel α der Radarwellen anwächst. Daher nimmt für maximale Transparenz der Hüllkörperwandung 25 die Dicke D der Hüllkörperwandung 25 im Bereich jeder Trichteröffnung 22 eines Tripelspiegels 20 in Umfangsrichtung, ausgehend von D_{min} in der Mitte der Trichteröffnung, zu beiden Seitenrändern 22.1 und 22.2 der Trichteröffnung 22 hin symmetrisch zu, wobei die Zunahme auf jeder Seite für $k = 1$ etwa 1mm beträgt.

[0035] Alternativ kann die Bemessung der Dicke D der Hüllkörperwandung 25 durch Messung der Radarwellen-Transparenz von Platten mit einem gleichen mittleren Brechungsindex $\bar{n}$ wie die spätere Hüllkörperwandung ermittelt werden. Die Plattendicke D wird gleich dem Quotienten aus der halben maximalen Wellenlänge in Luft λ_{luft} (oder dem ganzzahligen Vielfachen davon) und dem mittleren Brechungsindex $\bar{n}$ (oder der Wurzel aus der mittleren relativen Dielektrizitätskonstanten ϵ_{R}) der Platte bemessen. Die Plattendicke wird nunmehr bei verschiedenen Platten in Stufen variiert, wobei die Dickendifferenz zwischen den zu prüfenden Platten in Schritten von 0,5mm variiert wird. Die Dicke derjenigen Platte, die die maximale Transparenz für Radarwellen zeigt, wird zur Bemessung der Dicke D der Hüllkörperwandung 25 herangezogen.

[0036] Das vorstehend beschriebene Schifffahrtszeichen kann auch zur Markierung von Wasserstraßen in Binnengewässern, wie Flüssen oder schiffbaren Seen, eingesetzt werden, wo es gleiche Vorteile bietet.

[0037] Anstelle der im Ausführungsbeispiel beschriebenen Tripelspiegel kann der Radarreflektor auch zu anderen Trichterformen zusammengesetzte Reflexionsflächen mit anderen Flächengestaltungen aufweisen. So können z.B. zwei

rechteckförmige Reflexionsflächen mit ihren Längskanten senkrecht aneinandergesetzt sein und auf den oberen und unteren Querkanten jeweils eine weitere Reflexionsfläche aufliegen, die die Form eines rechtwinkligen Dreiecks oder eines rechtwinkligen Kreissektors besitzt. Auch solche Radarreflektoren sind bekannt. Allen solchen Trichterformen ist gemeinsam, dass einfallende Radarwellen in die Einfallrichtung zurückreflektiert werden.

5

Patentansprüche

1. Schifffahrtszeichen für Wasserstraßen mit einem Radarreflektor (14) mit Reflexionsflächen (21.1, 21.2, 21.3), die zu einem oder mehreren Trichtern mit Trichteröffnung (22) zur Reflexion von über die Trichteröffnungen (22) einfallenden Radarwellen zusammengesetzt sind, und mit einem Hüllkörper (15), der den Radarreflektor (14) mit einer die Trichteröffnungen (22) überdeckenden Hüllkörperwandung (25) umgibt, die mindestens im Bereich der Trichteröffnungen (22) für Radarwellen mit üblicherweise zur Navigation verwendeten Radarfrequenzen transparent ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hüllkörperwandung (25) mindestens eine feste Tragschicht (27) aus Kunststoff aufweist, in der elektrisch nicht leitende Fasern eingelagert sind.
2. Schifffahrtszeichen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrisch nicht leitenden Fasern in Form einer als Gewebe, Gewirk oder Gelege ausgeführten oder filzartigen Fasermatte, eingelagert sind.
3. Schifffahrtszeichen nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hüllkörperwandung (25) ein Hohlzylinder ist.
4. Schifffahrtszeichen nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hüllkörperwandung (25) ein Hohlkonus mit einem durchmessergrößeren Grundkreis und einem durchmesserkleineren Deckkreis, der in Einbaulage des Hüllkörpers (15) unterhalb des Grundkreises liegt, ist.
5. Schifffahrtszeichen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der Außenseite der Hüllkörperwandung (25) querschnittskleine, vorzugsweise unregelmäßig geformte Stege (26) abstehen, die entlang den der Innenseite der Hüllkörperwandung (25) zugekehrten, von oben nach unten sich erstreckenden Seitenrändern (22.1, 22.2) der Trichteröffnungen (22) mit diesen radial fluchtend verlaufen.
6. Schifffahrtszeichen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragschicht (27) aus Epoxydharz und die Fasern oder Fasermatte aus Glas bestehen.
7. Schifffahrtszeichen nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Fasern oder Fasermatten ein Glasmaterial mit einem Brechungsindex, der im unteren Bereich der Brechungsindizes von Gläsern liegt, gewählt ist.
8. Schifffahrtszeichen nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil Epoxydharz und Glas in der Tragschicht (27) jeweils etwa 50% beträgt.
9. Schifffahrtszeichen nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragschicht (27) mindestens auf ihrer Außenseite mit einer Schutzschicht (28, 29) aus Kunststoff überzogen ist und dass die Schichtdicke (w) der Schutzschicht (28, 29) einen Bruchteil der Schichtdicke (d) der Tragschicht (27) beträgt.
10. Schifffahrtszeichen nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzschicht (28, 29) als Gelcoat ausgeführt ist.
11. Schifffahrtszeichen nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzschicht (28) mit einer Signalfarbe eingefärbt ist.
12. Schifffahrtszeichen nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke (D) der Hüllkörperwandung (25) abhängig von der mittleren relativen Dielektrizitätskonstanten $\bar{\epsilon}_R$ oder dem mittleren Brechungsindex $\bar{n}$ der Hüllkörperwandung (25) für zur Navigation üblicherweise verwendete Radarfrequenzen bemessen ist.
13. Schifffahrtszeichen nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke (D) der Hüllkörperwandung (25) gleich dem Quotienten aus der halben maximalen Wellenlänge in Luft λ_{Luft} oder dem ganzzahligen Vielfachen davon einer ausgewählten Radarfrequenz und dem mittleren Brechungsindex $\bar{n}$ oder der Wurzel aus der mittleren relativen

Dielektrizitätskonstanten $\bar{\epsilon}_R$ der Hüllkörperwandung (25) bemessen ist.

- 5 **14.** Schifffahrtszeichen nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bemessung der Dicke (D) der Hüllkörperwandung (25) durch Messen der Radarwellen-Transparenz von Platten mit gleichem mittleren Brechungsindex und gestaffelten Plattendicken optimiert ist, wobei die Dickendifferenz zwischen den zu prüfenden Platten ca. 0,5mm beträgt, und dass als Dicke (D) der Hüllkörperwandung (25) die Dicke der geprüften Platte mit maximaler Radarwellen-Transparenz gewählt ist.
- 10 **15.** Schifffahrtszeichen nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke (D) der Hüllkörperwandung (25) im Bereich einer Trichteröffnung (22) in Umfangsrichtung variiert und von der Mitte der Trichteröffnung (22) zu den in Einbaulage vertikal verlaufenden Seitenrändern (22.1, 22.2) der Trichteröffnung (22) hin zunimmt.
- 15 **16.** Schifffahrtszeichen nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zunahme der Dicke D der Hüllkörperwandung (25) von der Mitte zu jeweils einem Seitenrand (22.1 bzw. 22.2) der Trichteröffnung (22) ca. 1mm beträgt.
- 17.** Schifffahrtszeichen nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke (D) der Hüllkörperwandung (25) abhängig von den Einfallswinkel (α) der Radarwellen in die Trichteröffnung (22) variiert und gemäß

$$D = \frac{k \cdot \lambda_{\text{luft}}}{\frac{2\bar{n}}{\cos \gamma} - 2 \tan \gamma \cdot \sin \alpha} = \frac{k \cdot \lambda_{\text{luft}}}{\frac{2\bar{n}}{\cos \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{\bar{n}}\right)} - 2 \tan \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{\bar{n}}\right) \cdot \sin \alpha},$$

berechnet ist, wobei $k=1$ oder ein ganzzahliges Vielfaches von "1", λ_{luft} die maximale Wellenlänge der Radarwellen in Luft und $\bar{n}$ der mittlere Brechungsindex der Hüllkörperwandung (25) ist.

- 30 **18.** Schifffahrtszeichen nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichtdicke d der Tragschicht (27) gemäß

$$d = \frac{1}{n_{TS}} \left(\frac{k \cdot \lambda_{\text{luft}}}{2} - 2w \cdot n_{SS} \right)$$

40 bemessen ist, wobei $k=1$ oder ein ganzzahliges Vielfaches von "1", λ_{luft} die maximale Wellenlänge der Radarwelle in Luft, (w) die Schichtdicke einer Schutzschicht (28, 29), n_{TS} der Brechungsindex der Tragschicht (27) und n_{SS} der Brechungsindex jeder der Schutzschichten (28, 29) ist.

- 45 **19.** Schifffahrtszeichen nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus den Reflexionsflächen (21.1, 21.2, 21.3) zusammengesetzten Trichter mit nach außen weisender Trichteröffnung (22) um Umfangswinkel zueinander versetzt um die Achse des Radarreflektors (14) herum angeordnet sind und dass die Hüllkörperwandung (25) vollständig radarwellentransparent ist.

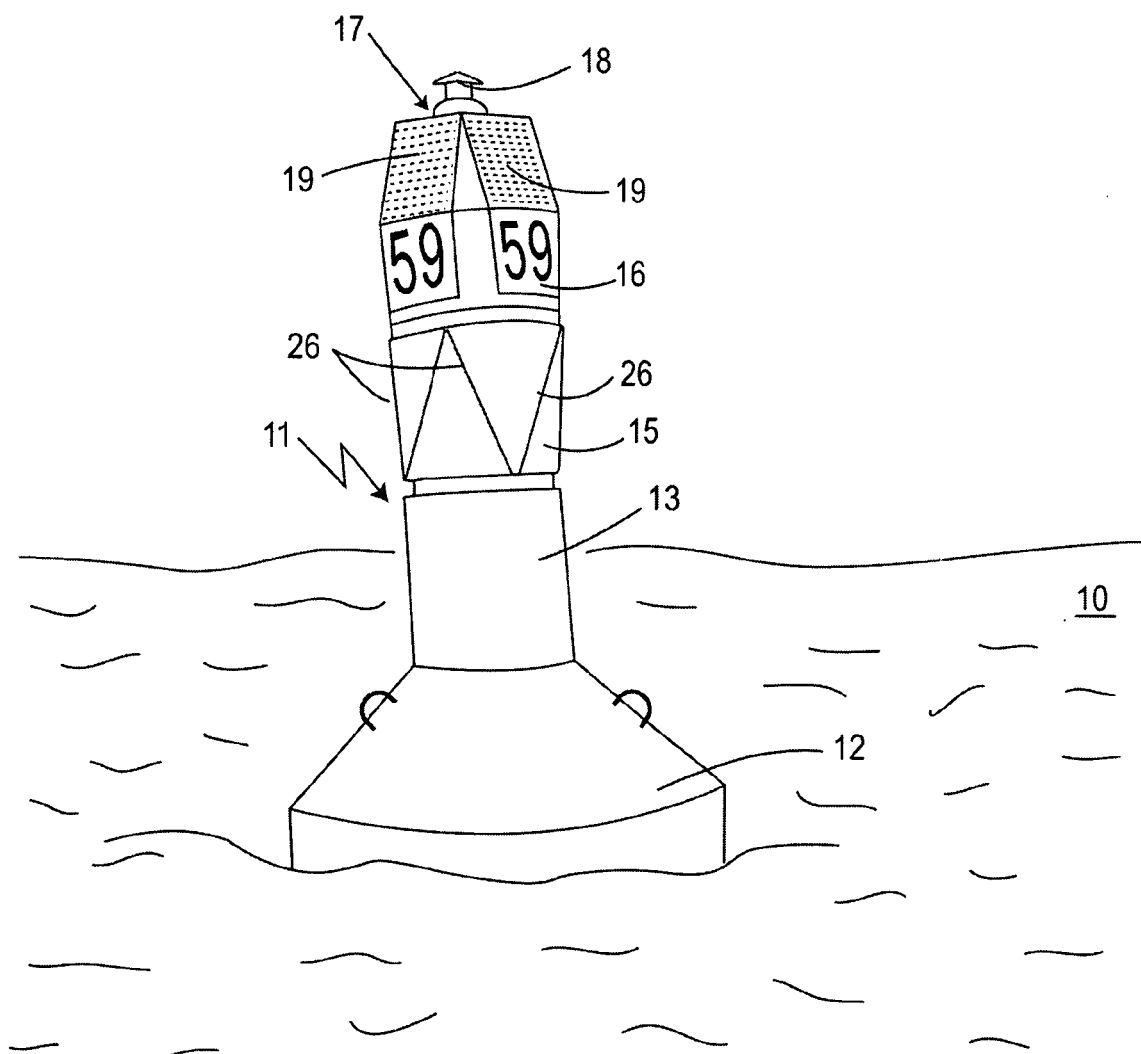


Fig.1

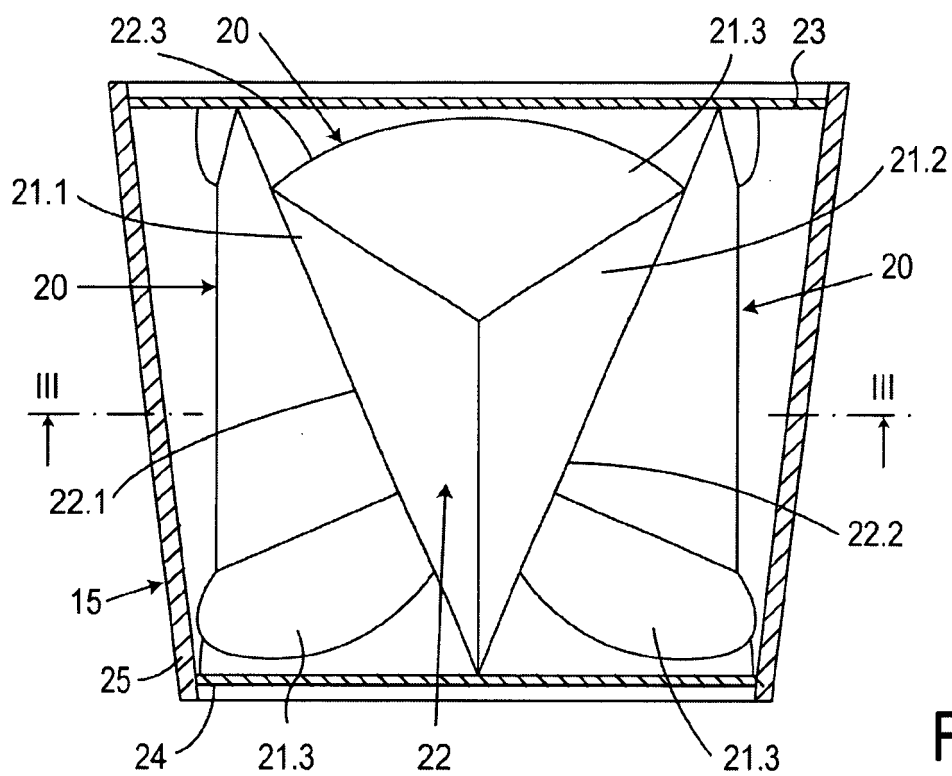


Fig.2

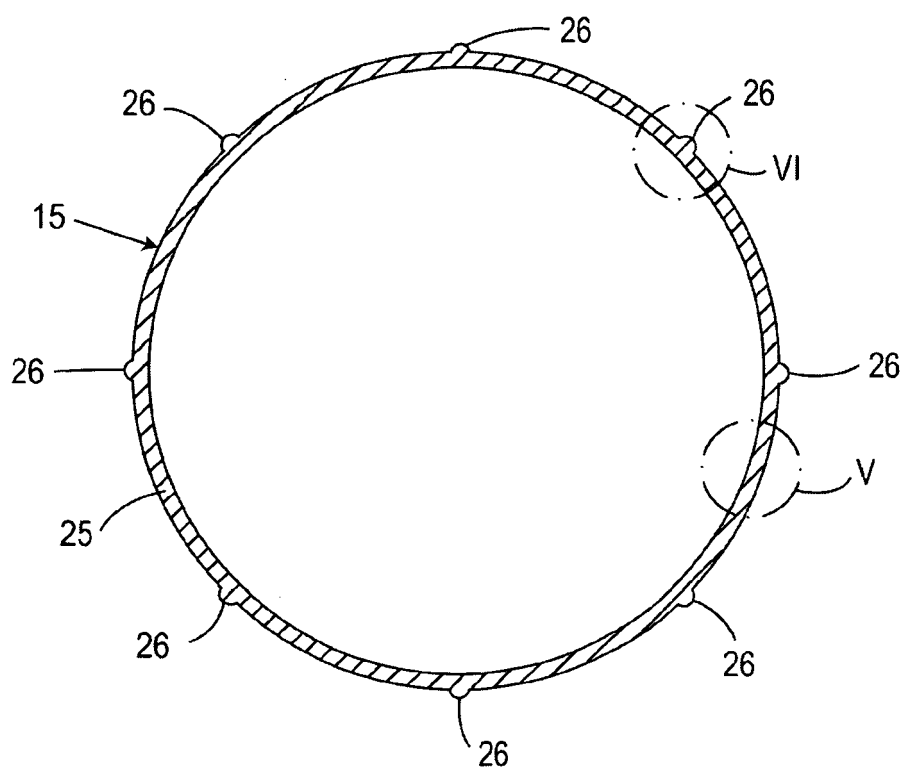


Fig.3

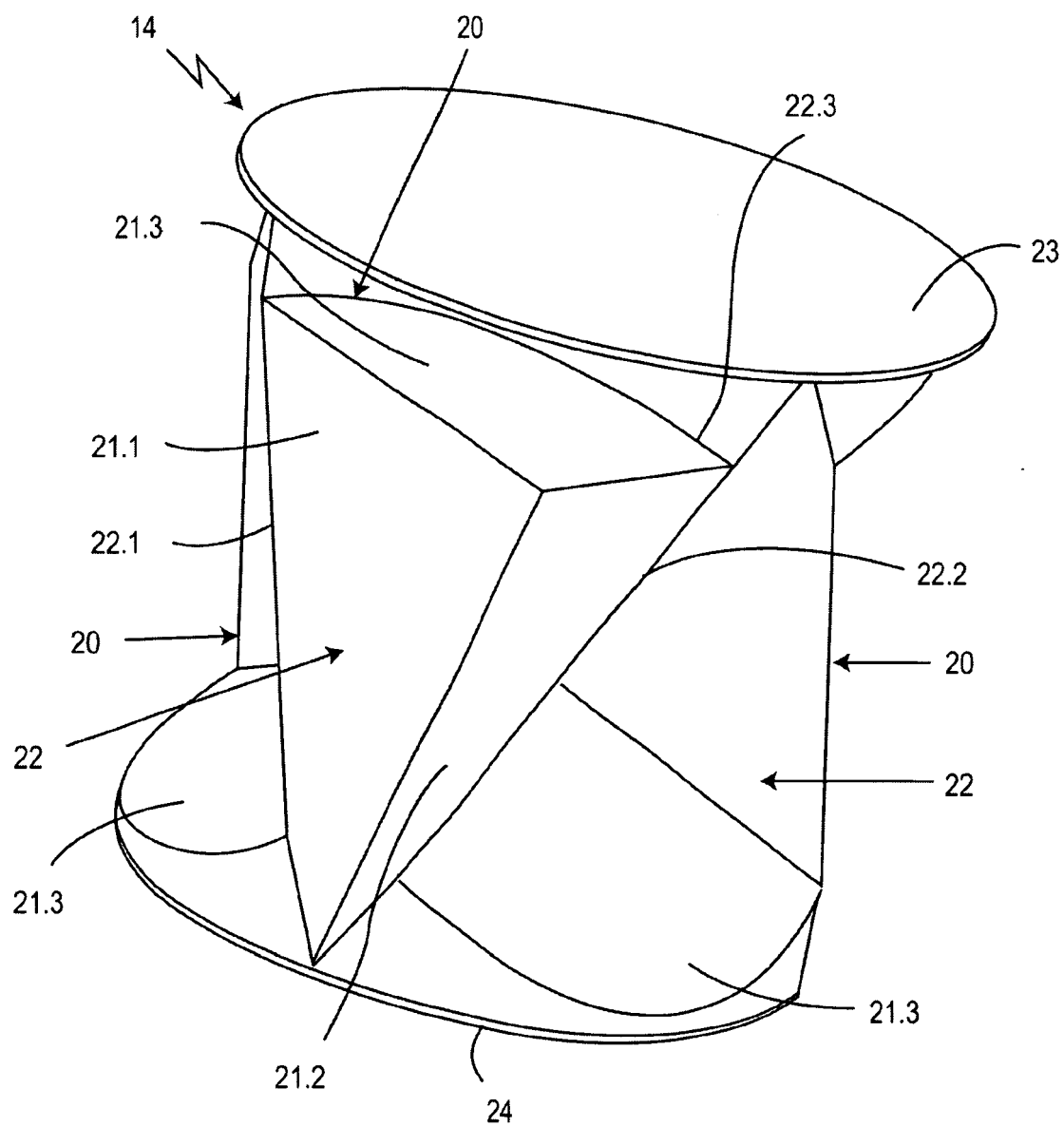


Fig.4

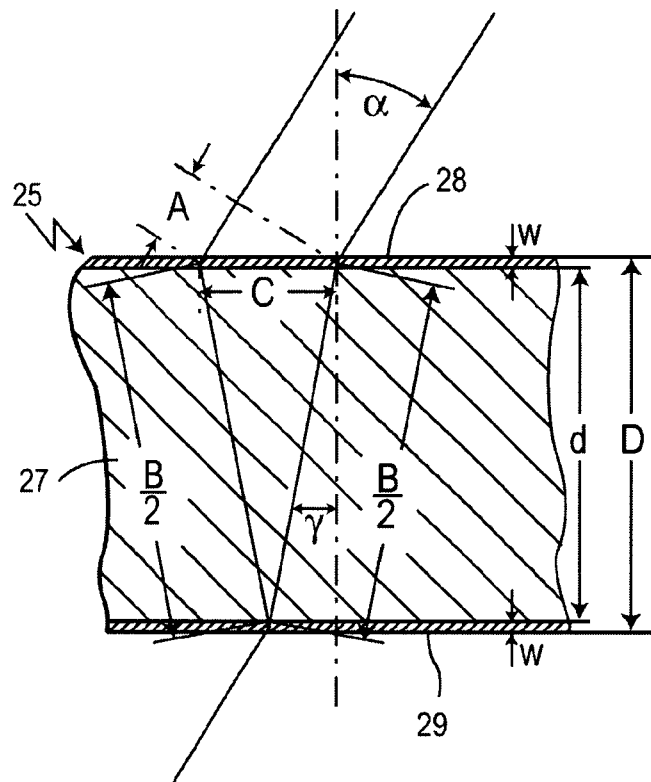


Fig.5

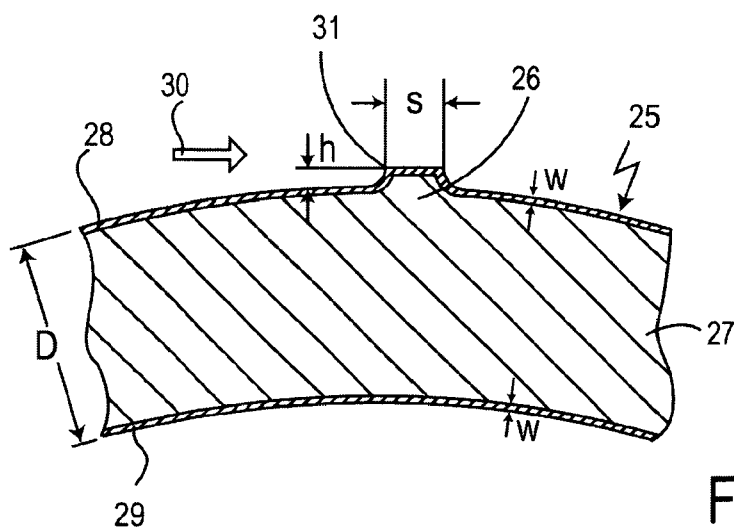


Fig.6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2308701 A1 [0004] [0005]
- DE 2550709 [0007]