



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.06.2014 Patentblatt 2014/26

(51) Int Cl.:
H01Q 1/42 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12008394.4**

(22) Anmeldetag: **18.12.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **EADS Deutschland GmbH**
85521 Ottobrunn (DE)

(72) Erfinder: **SabiIny, Michael**
89077 Ulm (DE)

(74) Vertreter: **Meel, Thomas**
EADS Deutschland GmbH
Patentabteilung, CLI
88039 Friedrichshafen (DE)

(54) **Wandung eines Radoms**

(57) Die Erfindung betrifft eine Wandung (70) einer Antennenkuppel mit einer Innenseite (I) und einer Außenseite (A) umfassend eine Kernschicht (72) aus dielektrischem Material, welche zwei Schichten (74, 76) aus dielektrischem Material trennt, wobei die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der Kernschicht (72) größer ist als die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der zwei Schichten (74, 76), wobei

auf der der Innenseite (I) zugewandten Schicht (76) zwei weitere Schichten (78, 80) zur Impedanztransformation aus dielektrischen Materialien angeordnet sind, deren Dielektrizitätskonstanten so gewählt sind, dass sich ausgehend von der Kernschicht (72) in Richtung auf die Innenseite (I) fortschreitend, Schicht für Schicht ein Abfall der Dielektrizitätskonstante ergibt.

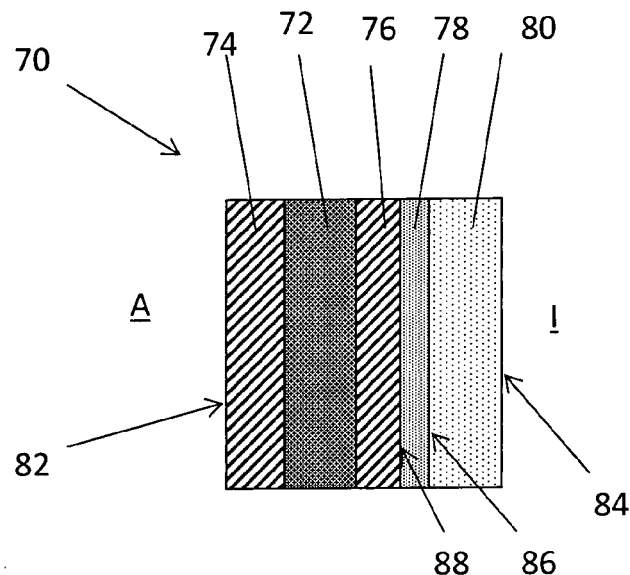


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wandung eines Radoms gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Konstruktionen bekannt, welche geeignet sind als Abdeckung für Mikrowellenantennen zu dienen. Ein Radom (Antennenkuppel) muss eine Wandung aufweisen, welche zum einen die Transmission elektromagnetischer Energie erlaubt, andererseits muss die Wandung des Radoms derart ausgeführt sein, dass die erforderliche strukturelle Integrität vorhanden ist und ein Mikrowellenantennensystem geschützt ist.

[0003] Ein Radom stellt im Wesentlichen ein elektromagnetisches Fenster dar, welches in jeder gewünschten Form hergestellt werden kann. Radome werden üblicherweise in bodengestützten Systemen als auch an Bord von Flugzeugen, unbemannten Fluggeräten oder anderen Fluggeräten mit Radar- oder Mikrowelleneinrichtungen genutzt.

[0004] Aus US 5,408,244 sind Radome bekannt, deren Wandung einen klassischen monolithischen Aufbau oder einen Aufbau in A-, B-, C- oder D-Sandwichbauweise aufweist. Auf die Unterschiede der einzelnen Aufbauten wird im Folgenden kurz eingegangen.

[0005] Die Wandung von einem Radom in klassischem Aufbau weist einen Einzelschichtaufbau in Form eines monolithischen Aufbaus auf. Diese Wandung zeichnet sich durch hohe Stabilität und durch ein hohes Gewicht aus. Die Einzelschicht weist üblicherweise eine homogene Dielektrizitätskonstante auf, was dazu führt, dass die Schicht und damit die Wandung des Radoms nur in einem bestimmten Frequenzbereich ausreichende transmittierende Eigenschaften aufweist. Dieser Aufbau ist für die Transmission eines breitbandigen Antennensignals nicht geeignet.

[0006] Für den speziellen Fall von Nasenradomen an Kampfflugzeugen werden im Stand der Technik fast ausschließlich monolithische Aufbauten gewählt. Diese zeichnen sich durch ein hinreichend gutes Transmissionsverhalten im Hauptband des Primärradarsystems aus. Zukünftig werden jedoch immer mehr Sensorfunktionen in solch ein zentrales Antennen-Frontend integriert, was mit einer deutlichen Erweiterung des Frequenzbandes einhergeht. Jedoch können monolithische Radome über den typischen Frequenzbereich von 5 GHz bis hin zu 18GHz konzeptionell nicht eine gleichbleibende Transmissivität aufweisen, speziell wenn diese für alle möglichen Einfallswinkel und beide grundlegenden Polarisationen (TE - transversal elektrisch, TM - transversal magnetisch) gefordert ist.

[0007] Aufbauten im Mehrschichtaufbau erweisen sich bei der Transmission von breitbandigen Antennensignalen als vorteilhafter. Mit diesen Aufbauten ist es möglich, eine elektromagnetische Transparenz von Signalen mit einem weiten Frequenzbereich zu erzielen. Wandungen im Mehrschichtaufbau zeichnen sich im Wesentlichen dadurch aus, dass Schichten mit einer hohen Dielektri-

zitätskonstanten und einer niedrigen Dielektrizitätskonstanten verwendet werden. Hierbei wird zwischen verschiedenen Anordnungen unterschieden:

[0008] A-Sandwich (Fig. 1 a): Eine Wandung 10 eines Radoms in A-Sandwichaufbau zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Schichten 14, 16 eines dielektrischen Materials mit einer hohen Dielektrizitätskonstante durch eine Kernschicht 12 eines dielektrischen Materials mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante getrennt sind. Ein A-Sandwich ist über einen vorgegebenen Frequenzbereich transparent für elektromagnetische Energie. Ein Nachteil ist allerdings, dass mit zunehmendem schrägem Einfall von elektromagnetischen Wellen die elektromagnetische Transparenz stark abnimmt. A-Sandwich-Aufbauten reduzieren das Gewicht durch die Verwendung von Schäumen oder Wabenstrukturen aus Phenolpapier in der mittleren Schicht zu Lasten von z.B. der Vogelschlagfestigkeit.

[0009] B-Sandwich (Fig. 1 b): Eine Wandung 20 eines Radoms in B-Sandwichaufbau zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Schichten 24, 26 eines dielektrischen Materials mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante durch eine Kernschicht 22 eines dielektrischen Materials mit einer hohen Dielektrizitätskonstante getrennt sind. Diese Schichtfolge ist im elektromagnetischen Sinne vorteilhaft, weil ausgehend von der Impedanz des freien Raumes (377 Ohm) durch die Schichten 24, 26 ein stufenförmiger Übergang auf die Wellenimpedanz innerhalb der Kernschicht 22 stattfindet. Nachteilig ist jedoch die Tatsache, dass die mechanische Stabilität mit fallender Größe der Dielektrizitätskonstanten deutlich abnimmt. In diesem Sinne sind die Schichten 24, 26 nicht zum Tragen von großen mechanischen Lasten geeignet, bzw. deutlich empfindlicher im Sinne der Vogelschlagfestigkeit.

[0010] C-Sandwich (Fig. 1 c): Eine Wandung 30 eines Radoms in C-Sandwichaufbau zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Schichten 34, 36 eines dielektrischen Materials mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante durch eine Kernschicht 32 eines dielektrischen Materials mit einer hohen Dielektrizitätskonstante getrennt sind. Auf diese beiden äußeren Schichten 34, 36 eines dielektrischen Materials mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante ist jeweils eine weitere Schicht 38, 40 eines dielektrischen Materials mit einer hohen Dielektrizitätskonstante aufgebracht. Eine Wandung in C-Sandwichbauweise weist eine höhere Komplexität auf, bietet aber mehr Freiheitsgrade in der elektromagnetischen Auslegung als die A- oder B-Sandwichaufbauten. Von Nachteil ist allerdings eine höhere Masse, was aber gleichzeitig eine hohe strukturelle Festigkeit bedeutet.

[0011] D-Sandwich (Fig. 1d): Eine Wandung eines Radoms in D-Sandwichaufbau zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Schichten 54, 56 eines dielektrischen Materials mit einer hohen Dielektrizitätskonstante durch eine Kernschicht 52 eines dielektrischen Materials mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante getrennt sind. Auf diese beiden äußeren Schichten 54, 56 eines dielektrischen Materials mit einer hohen Dielektrizitätskonstante ist je-

weils eine weitere Schicht 58, 60 eines dielektrischen Materials mit einer niedrigen Dielektrizitätskonstante aufgebracht. Mit dieser Anordnung wird eine hohe elektromagnetische Transmission über einen großen Bereich des Einfallswinkels der elektromagnetischen Welle auf das Radom gewährleistet.

[0012] Der Aufbau verschiedener Wandungen, insbesondere in A- und B-Sandwichbauweise ist auch aus "Ka-Band Radome Design"; PHASE REPORT AIRTASK NO. A3533E12021/RO08-01-01 Work Unit No. 48; Naval Air Development Center; 20. May 1969 bekannt.

[0013] Ein weiterer Aufbau einer Wandung eines Radoms bei welchem mehrere Schichten eingesetzt werden ist aus EP 0 843 379 A2 bekannt. Dieser Aufbau zeichnet sich dadurch aus, dass er transparent ist für elektromagnetische Wellen aus zwei weit auseinanderliegenden Frequenzbereichen, insbesondere 9,3 GHz und 94 GHz. Der Aufbau der Wandung umfasst dabei Schaummaterialien deren Dicke entsprechend der Wellenlänge gewählt ist. Durch Variation der Dicke über die Länge der Wandung wird eine homogene Transmission in Abhängigkeit des Einfallswinkels erreicht. Ein Nachteil ist allerdings die geringe Stabilität.

[0014] Für alle beschriebenen Wandungen (A- bis D-Sandwich) gilt, dass eine gleichbleibende elektromagnetische Transparenz im Sinne der beiden Polarisierungen TE und TM nicht immer gewährleistet werden kann. Oftmals verschlechtert sich die Transparenz bei steigenden Einfallswinkeln θ innerhalb der TE-Polarisation stärker, als innerhalb der TM-Polarisation.

[0015] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Wandung eines Radoms anzugeben, welche über einen großen Frequenz- und Einfallswinkelbereich eine homogene und hohe Transmissivität für elektromagnetische Strahlung beider Polarisierungen sicherstellt und zugleich eine hohe mechanische Stabilität aufweist.

[0016] Diese Aufgabe wird durch die Wandung gemäß den Merkmalen des geltenden Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhaft Ausführungen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0017] Die Erfindung geht aus von einer Wandung einer Antennenkuppel im Typ B-Sandwichaufbau, nämlich einer Wandung einer Antennenkuppel mit einer Innen- und einer Außenseite, wobei die Wandung eine Kernschicht aus dielektrischem Material, welche zwei Schichten aus dielektrischem Material trennt, umfasst, wobei die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der Kernschicht größer ist als die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der zwei Schichten. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass auf der der Innenseite der Wandung zugewandten Schicht zwei weitere Schichten zur Impedanztransformation aus dielektrischem Material angeordnet sind. Deren Dielektrizitätskonstanten sind so gewählt, dass sich Schicht um Schicht ein von der Kernschicht ausgehender, in Richtung auf die Innenseite fortschreitender Abfall der Dielektrizitätskonstante ergibt.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform der Er-

findung beträgt die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der Kernschicht zwischen 4,5 und 6,0, wobei die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der zwei durch die Kernschicht getrennten Schichten zwischen 2,8 und 3,5 liegt. Zweckmäßig ist die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials dieser zwei Schichten unterschiedlich.

[0019] Der erfindungsgemäße Mehrschichtaufbau zeichnet sich dadurch aus, dass sich an seiner Außenseite drei massive Schichten befinden, welche in ihrer Summe einem quasi-monolithischen Aufbau ähneln, was die mechanische Festigkeit und Belastbarkeit betrifft. In diesem Sinne ist es mit dem erfindungsgemäßen Schichtaufbau nicht nötig, Einschränkungen hinsichtlich der in der Vergangenheit akzeptierten Radom-Parameter zu treffen. Diese drei massiven Schichten dienen im Wesentlichen zum Tragen von mechanischen Lasten.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die Kernschicht ein Kunstharz mit E- oder S2-Glasfasern. E-Glasfasern sind aus dem Stand der Technik bekannt. Für die Kunststoffverstärkung haben E-Glasfasern große Bedeutung erlangt. E steht für Elektro-Glas, da es ursprünglich vor allem in der Elektroindustrie eingesetzt wurde. Für die Produktion von E-Glas werden Glasschmelzen aus reinem Quarz mit Zusätzen aus Kalkstein, Kaolin und Borsäure hergestellt. Sie enthalten neben SiO₂ (Siliciumdioxid) unterschiedliche Mengen verschiedener Metalloxide. Die Zusammensetzung bestimmt die Eigenschaften der Produkte. S2-Glasfasern zeichnen sich durch erhöhte Steifigkeit aus.

[0021] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die zwei durch die Kernschicht getrennten Schichten ein Kunstharz mit Quarzglasfasern, wobei in einer zweckmäßigen Ausgestaltungsform das Kunstharz der Kernschicht und das Kunstharz der zwei durch die Kernschicht getrennten Schichten gleich ist.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Dielektrizitätskonstanten der dielektrischen Materialien der zwei weiteren Schichten zur Impedanztransformation kleiner als die Dielektrizitätskonstanten der dielektrischen Materialien beider durch die Kernschicht getrennten Schichten. Zweckmäßig sind die Dielektrizitätskonstanten dieser beiden Schichten zur Impedanztransformation derart gewählt, dass die Dielektrizitätskonstante der näher zur Außenseite der Wandung liegenden Transformationsschicht zwischen 1,4 und 1,6 liegt und die Dielektrizitätskonstante der näher zur Innenseite der Wandung liegenden Transformationsschicht zwischen 1,05 und 1,2 liegt.

[0023] Die zwei zuletzt beschriebenen dielektrischen Schichten tragen in keiner Weise mechanische Lasten. Sie dienen ausschließlich der Impedanzanpassung von einfallenden elektromagnetischen Wellen unter verschiedenen Einfallswinkeln. Zweckmäßig werden solche Schichten aus Hochfrequenz-Schaummaterialien hergestellt, welche in ihrer dielektrischen Konstante beein-

flussbar sind, z.B. durch das Zugabe von Füllstoffen. Speziell die Verwendung von syntaktischen Schäumen ist hier von Vorteil.

[0024] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfassen die Schichten zur Impedanztransformation die Verwendung von hochfrequenztauglichen offenzelligen, geschlossen zellig, oder syntaktischen Schaummaterialien, wobei diese durch Beimengung von Füllstoffen auf eine erforderliche Größe der Dielektrizitätskonstante getrimmt sind.

[0025] Der Schichtaufbau der erfindungsgemäßen Wandung für eine Antennenkuppel ähnelt, wie bereits oben beschrieben, formal dem eines B-Sandwichs. Allerdings ist der dielektrische Kontrast zwischen den, dem Tragen von Lasten dienenden drei beteiligten Kunstharz/Glasfaser-Schichten nicht sehr hoch, so dass die gesamte Struktur mit der Kernschicht und der beiden benachbarten Schichten aus einer einzigen Kunstharz-Sorte und zwei verschiedenen Glasfasersorten (z.B. Quarzglas und E-Glas) realisiert werden kann. Die Verwendung von nur einem Harzsystem vereinfacht die mechanische Kompatibilität in Bezug auf thermische Ausdehnung und sonstige Scherkräfte.

[0026] Wie schon erwähnt erfolgt die Realisierung der erfindungsgemäßen Wandung mit seinen Schichten über verschiedene Glasfaser-Sorten zusammen mit einem einzigen passenden Harzsystem. Es liegt im fachmännischen Können, ein passendes Harzsystem zu wählen. Auf Grund dieser Konfiguration kann der B-Sandwich-artige Aufbau der Wandung in einem Schritt z.B. durch Harzinfiltrationsverfahren erfolgen, so dass ein zusammenhängender Block entsteht, der in seinem Aufbau die notwendige Abstufung der dielektrischen Konstanten beinhaltet.

[0027] Es ist noch darauf hinzuweisen, dass die Dicke aller Schichten zusammen über die gesamte Fläche des Radoms konstant ausgebildet sein kann. Es sind aber auch Ausführungen möglich, in welcher diese Dicke zumindest abschnittsweise unterschiedlich gewählt wird. Eine solche Veränderung in der Gesamtdicke der Schichten kann insbesondere in Abhängigkeit von der Längsachse des Radoms von Vorteil sein.

[0028] Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausführungsformen werden im Weiteren anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1a eine Wandung im A-Sandwichaufbau gemäß dem Stand der Technik,
- Fig. 1b eine Wandung im B-Sandwichaufbau gemäß dem Stand der Technik,
- Fig. 1c eine Wandung im C-Sandwichaufbau gemäß dem Stand der Technik,
- Fig. 1d eine Wandung im D-Sandwichaufbau gemäß dem Stand der Technik,
- Fig. 2a eine beispielhafte Darstellung der Transmissionsverluste bei einer monolithischen Wandung für Transversal-Magnetisch-(TM-) Wellen nach dem Stand der Technik,

- Fig. 2b eine beispielhafte Darstellung der Transmissionsverluste bei einer monolithischen Wandung für Transversal-Elektrisch-(TE-) Wellen nach dem Stand der Technik,
- Fig. 3 eine Wandung in Mehrschichtaufbau gemäß der Erfindung,
- Fig. 4a eine beispielhafte Darstellung der Transmissionsverluste bei einer erfindungsgemäßen Wandung für Transversal-Magnetisch-(TM-) Wellen,
- Fig. 4b eine beispielhafte Darstellung der Transmissionsverluste bei einer erfindungsgemäßen Wandung für Transversal-Elektrisch-(TE-) Wellen.

[0029] Fig. 2a zeigt eine beispielhafte Darstellung der Transmissionsverluste bei einer monolithischen Wandung für Transversal-Magnetisch-(TM-) Wellen nach dem Stand der Technik. Die Darstellung zeigt den vereinfachten Fall einer unendlichen langen Wandung eines Radoms unter Einfall von ebenen Wellen der Polarisation TM. Fig. 2a zeigt für ein herkömmliches Radom für das X-Band mit einer Dicke von 8,5 mm und einer Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r=3,1$ bei einem Einfall von TM-Wellen ein typisches Transmissionsverhalten. Über einen Frequenzbereich von 5GHz bis 18 GHz liegt der Transmissionsverlust für alle Einfallswinkel zwischen $\Theta=0^\circ$ bis 70° bei weniger als 2 dB. Die Darstellung in Fig. 2b zeigt das Transmissionsverhalten bei einem Einfall von TE-Wellen. Hier ist zu erkennen, dass mit zunehmendem Einfallswinkel Θ die Transmissionsverlust im Bereich unterhalb 11 GHz und oberhalb 13 GHz stark zunehmen. Eindeutig ist die Abhängigkeit des Transmissionsverhaltens von dem Einfallswinkel Θ zu erkennen.

[0030] Fig.3 zeigt die Wandung 70 eines Radoms gemäß der Erfindung. Zum einfacheren Verständnis werden im Weiteren die Dielektrizitätskonstanten der einzelnen Schichten nummeriert.

[0031] Die Wandung 70 des Radoms weist eine Außenseite A und eine Innenseite I auf. Ausgehend von der Außenseite A in Richtung der Innenseite I entsprechen die drei von links gezählten Schichten 74, 72, 76 dem aus dem Stand der Technik bekannten Aufbau eines B-Sandwich (Fig. 1 b). Eine Kernschicht 72 mit einem dielektrischen Material einer ersten Dielektrizitätskonstante ist von zwei Schichten 74, 76 mit einem dielektrischen Material einer zweiten bzw. dritten Dielektrizitätskonstante umgeben. Das dielektrische Material der Kernschicht 72 weist beispielhaft eine Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r=4,8$ auf. Das dielektrische Material der der Außenseite A zugewandten Schicht 74 weist beispielhaft eine zweiten Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r=3,1$ auf. Das dielektrische Material der der Innenseite I zugewandten Schicht 76 weist beispielhaft eine zweite Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r=3,1$ auf. Es ist aber durchaus möglich, dass die zweite und dritte Dielektrizitätskonstante nicht identisch sind, wobei gewährleistet ist, dass ausgehend von der Kernschicht 72 das dielektrische Material der der Innenseite

I zugewandten, der Kernschicht 72 direkt benachbarten Schicht 76 eine Dielektrizitätskonstante aufweist, welche kleiner ist als die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der Kernschicht 72.

[0032] Die von der Außenseite A gezählte vierte und fünfte Schicht 78, 80 eines dielektrischen Materials ist jeweils eine Schicht zur Impedanztransformation. Diese beiden Schichten 78, 80 eines dielektrischen Materials dienen nur der Impedanzanpassung von einfallenden elektromagnetischen Wellen unter verschiedenen Einfallswinkeln. Diese Schichten 78, 80 eines dielektrischen Materials weisen keine entsprechende Stabilität auf, um mechanische Lasten zu tragen. Diese Schichten 78, 80 bestehen aus HF-tauglichen Schaummaterialien, welche offen- oder geschlossenzellig oder syntaktisch sind. Durch Beimengung von einem Fachmann geläufigen Füllstoffen kann die Dielektrizitätskonstante auf die erforderliche Größe, d.h. den erforderliche Wert getrimmt, also eingestellt werden. Zweckmäßig weist das dielektrische Material der vierten Schicht 78 eine Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r=1,5$ und das dielektrische Material der fünften Schicht 80 eine Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r=1,1$ auf. Es ist aber auch möglich, dass in einer bevorzugten Ausführungsform das dielektrische Material der vierten Schicht 78 und der fünften Schicht 80 gleich ist und somit die vierte Schicht 78 und fünfte Schicht 80 als eine einzelne Schicht betrachtet werden kann.

[0033] Auf der Außenseite A der Wandung 70 des Radoms ist eine Radom-Schutzschicht 82 aufgebracht. Diese Schutzschicht 82 dient dazu, die äußere Glasfaser/Epoxy-Schicht des Mehrschichtaufbaus der Wandung 70 vor äußeren Einflüssen zu schützen, z.B. Korrosion etc. Zweckmäßig können auch mehrere Schutzschichten 82 aufgetragen sein. Diese Schutzschichten 82 sollten zweckmäßig dünn sein, vorzugsweise im μm -Bereich, so dass es zu keinen negativen Eigenschaften bezüglich der Transmission einfallender elektromagnetischer Wellen kommt. Auf der Innenseite I zugewandten Schicht 80 des Mehrschichtaufbaus der Wandung 70 des Radoms ist ebenfalls eine dünne, vorzugsweise im μm -Bereich, Schutzschicht 84 aufgetragen.

[0034] Die beiden Schichten 78, 80 zur Impedanztransformation sind mittels eines in einer dünnen Klebeschicht 86 aufgetragenem Kleber miteinander verbunden. Diese Klebeschicht dient als Grenzschicht zwischen den beiden Schichten 78, 80 zur Impedanztransformation. Die Klebeschicht 86 ist an einer Grenzfläche zwischen den beiden Schichten zur Impedanztransformation vorhanden, wobei die Klebeschicht 86 auf zueinander gegenüberliegenden Oberflächen der beiden Schichten 78, 80 aufgetragen ist. Diese Klebeschicht 86 ist zweckmäßig derart gestaltet, dass sie keine bzw. unwesentlichen Auswirkungen auf das Transmissionsverhalten des Mehrlagenaufbaus der Wandung zeigt. Gleiches soll in analoger Weise für die Klebeschicht 88 gelten, die zwischen der von der Außenseite A gezählten, dritten Schicht 76 und der ersten Schicht 78 zur Impedanztransformation vorhanden ist.

[0035] Die Dicke der einzelnen Schichten 72, 74, 76, 78, 80 der erfindungsgemäßen Wandung ist über die Längenausdehnung des Radoms hinweg konstant. Es ist aber möglich, dass in Bereichen großer Einfallswinkel der elektromagnetischen Welle die Dicke der einzelnen Schichten 72, 74, 76, 78, 80 oder aller Schichten 72, 74, 76, 78, 80 variiert.

[0036] Die Fig. 4a und 4b zeigen entsprechen der Fig. 2a und Fig. 2b Fig. 2a eine Darstellung der Transmissionsverluste bei einer erfindungsgemäßen Wandung im Mehrschichtaufbau eines Radoms für Transversal-Magnetisch-(TM-) Wellen (Fig. 4a) und Transversal-Elektrisch-(TE-) Wellen (Fig. 4b).

[0037] Auf Fig. 4a wird deutlich, dass für den gesamten Frequenzbereich von 5 GHz bis 18 GHz sowie für den Einfallswinkelbereich $\Theta=0^\circ$ bis 70° die Transmissionsverluste bei Transversal-Magnetisch-(TM-) Wellen weniger als 2dB betragen. Ebenso bei Transversal-Elektrisch-(TE-) Wellen betragen die Transmissionsverluste im gesamten Frequenzbereich von 5GHz bis 18 GHz sowie im Einfallswinkelbereich $\Theta=0^\circ$ bis 70° weniger als 2dB.

25 Patentansprüche

1. Wandung (10, 20, 30, 50, 70) einer Antennenkuppel mit einer Innenseite (I) und einer Außenseite (A), umfassend eine Kernschicht (72) aus dielektrischem Material, welche zwei Schichten (74, 76) aus dielektrischem Material trennt, wobei die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der Kernschicht (72) größer ist als die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der zwei Schichten (74, 76), **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Innenseite (I) zugewandten Schicht (76) zwei weitere Schichten (78, 80) zur Impedanztransformation aus dielektrischen Materialien angeordnet sind, deren Dielektrizitätskonstanten so gewählt sind, dass sich ausgehend von der Kernschicht (72) in Richtung auf die Innenseite (I) fortschreitend, Schicht für Schicht ein Abfall der Dielektrizitätskonstante ergibt.
2. Wandung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der Kernschicht (72) zwischen 4,5 und 6,0 beträgt.
3. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dielektrizitätskonstante der dielektrischen Materialien der zwei durch die Kernschicht (72) getrennten Schichten (74, 76) zwischen 2,8 und 3,5 beträgt.
4. Wandung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dielektrizitätskonstanten der dielektrischen Materialien der zwei durch die Kernschicht

- (72) getrennten Schichten (74, 76) unterschiedlich sind.
5. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dielektrizitätskonstanten der dielektrischen Materialien der zwei weiteren Schichten (78, 80) zur Impedanztransformation kleiner sind als jede der Dielektrizitätskonstanten der dielektrischen Materialien der zwei durch die Kernschicht (72) getrennten Schichten (74, 76). 5
 6. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der der Innenseite (I) der Wandung (70) näheren weiteren Schicht (80) zur Impedanztransformation zwischen 1,05 und 1,2 beträgt. 10
 7. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials der der Außenseite (A) der Wandung (70) näheren weiteren Schicht (78) zur Impedanztransformation zwischen 1,4 und 1,6 beträgt. 15
 8. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kernschicht (72) aus einem Kunstharz mit E- oder S2-Glasfasern besteht. 20
 9. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwei durch die Kernschicht (72) getrennten Schichten (74, 76) ein Kunstharz mit Quarzglasfasern umfasst. 25
 10. Wandung nach Anspruch 8 und 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kunstharz der Kernschichten (72) und der zwei durch die Kernschicht (72) getrennten Schichten (74, 76) gleich ist. 30
 11. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weiteren Schichten (78, 80) zur Impedanztransformation HF-taugliche offenzellige, geschlossenzellige oder syntaktische Schaummaterialien umfasst und diese durch Beimengung von Füllstoffen auf eine erforderliche Größe der Dielektrizitätskonstante getrimmt sind. 35
 12. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Außenseite (A) wenigstens eine Radom-Schutzschicht (82) und/oder auf der Innenseite (I) eine dünne Schutzschicht (84) über der freiliegenden Oberfläche der Schicht (80) zur Impedanztransformation aufgebracht ist. 40
 13. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer Grenzfläche (86) zwischen den beiden Schichten (78, 80) zur Impedanztransformation und/oder an einer Grenzfläche (88) zwischen einer Schicht (78) zur Impedanztransformation und einer der durch die Kernschicht (72) getrennten Schichten (76) eine Klebeschicht vorhanden ist. 45
 14. Wandung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** abweichend nur eine statt zwei Schichten (78, 80) zur Impedanztransformation in Form eines Schaummaterials vorhanden ist. 50

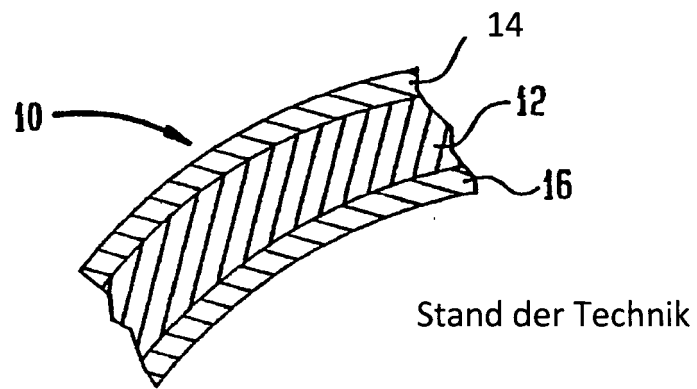


Fig. 1a

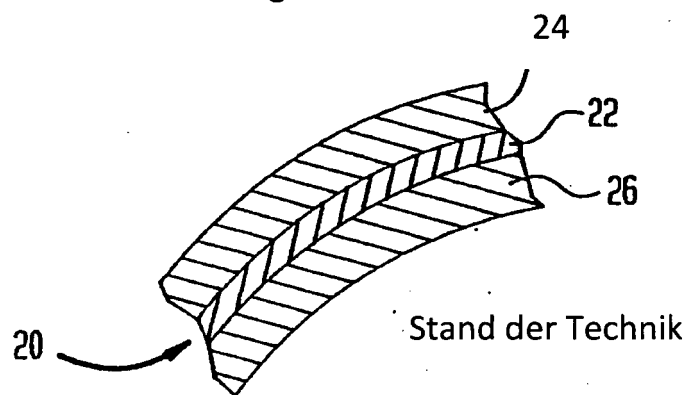


Fig. 1b

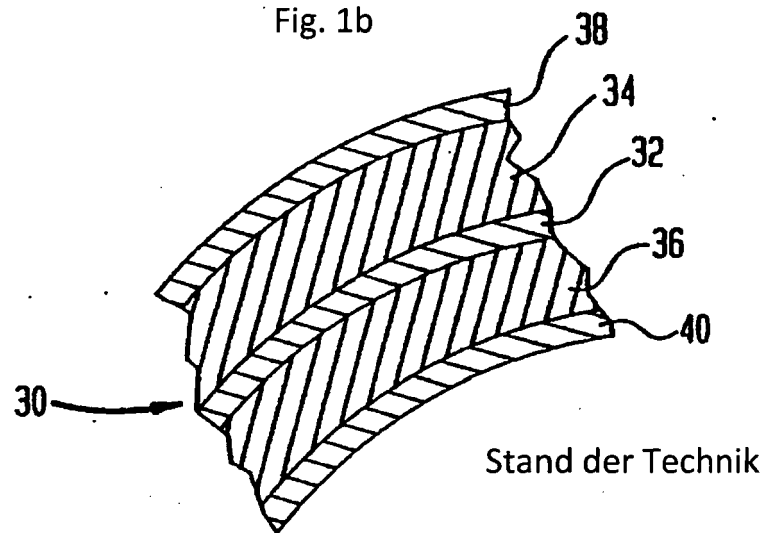


Fig. 1c

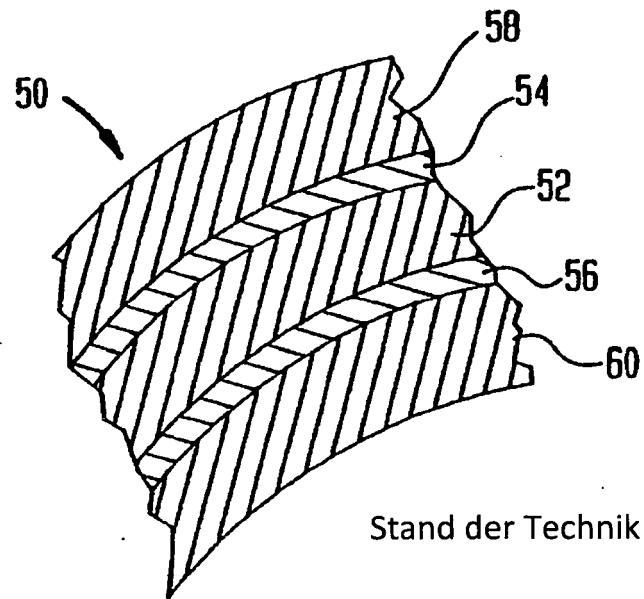


Fig. 1d

Stand der Technik

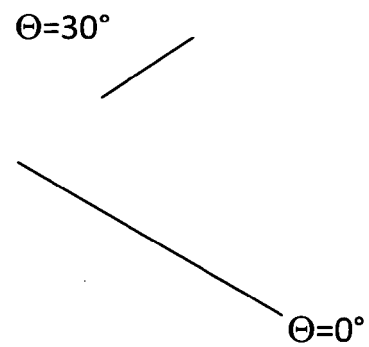


Fig2a

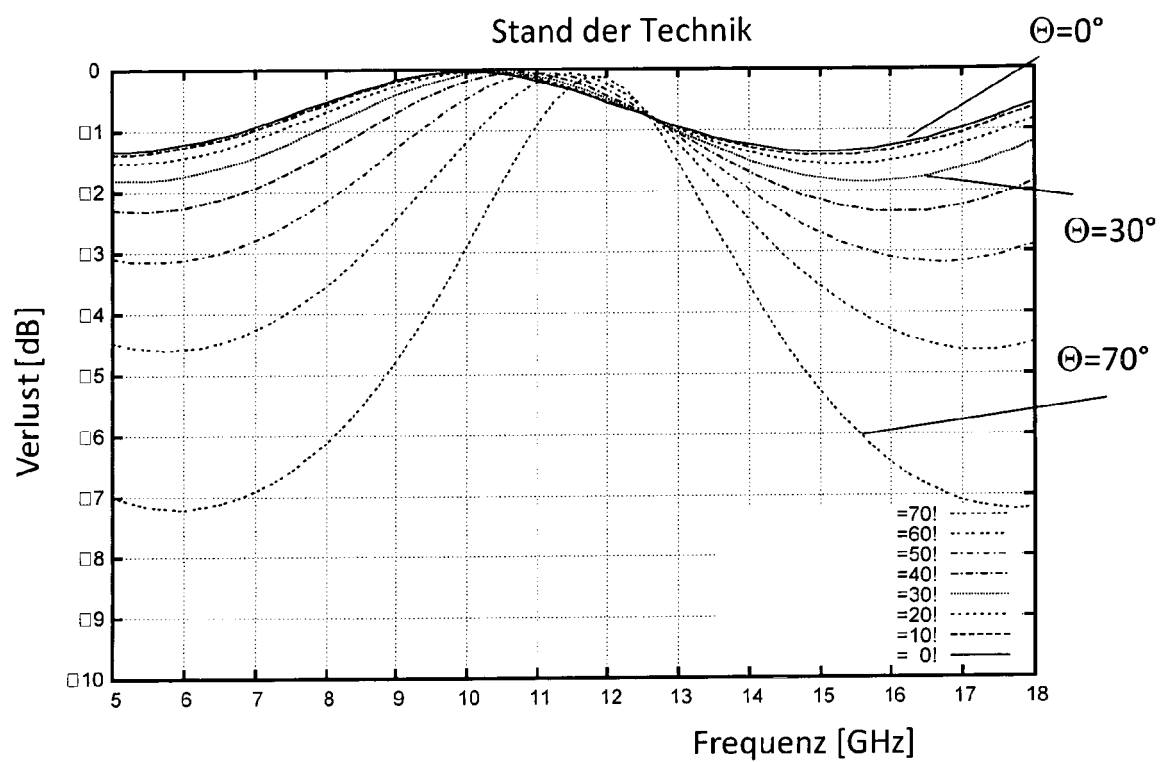


Fig2b

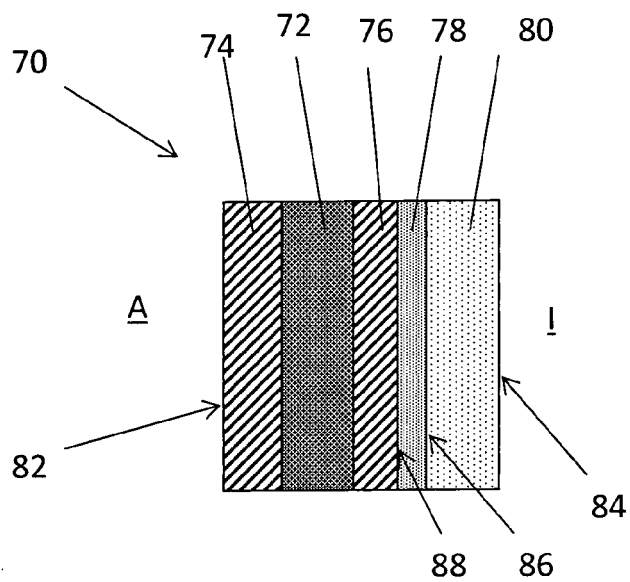


Fig. 3

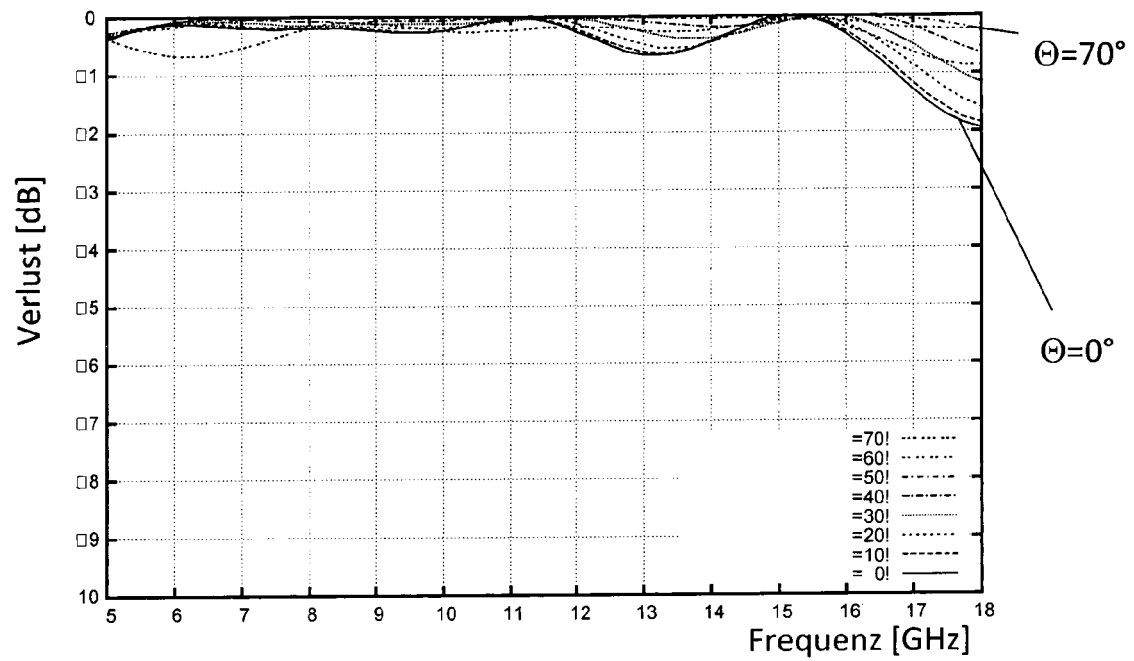


Fig4a

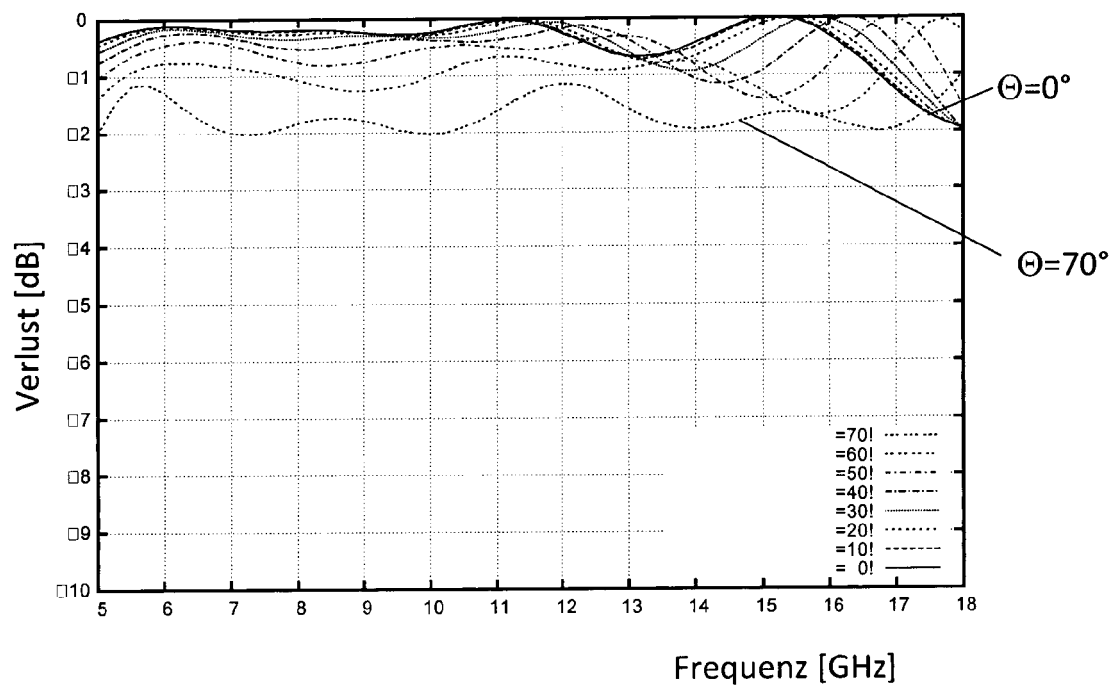


Fig4b



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 00 8394

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 24 41 540 A1 (DEUTSCHE BUNDESPOST) 11. März 1976 (1976-03-11)	1-8,10	INV. H01Q1/42
Y	* Abbildung 2 * * Seiten 6,7 *	9,11-14	
Y	----- US 2004/246194 A1 (USAMI RYO [JP] ET AL) 9. Dezember 2004 (2004-12-09) * Zusammenfassung * * Absätze [0018], [0019] *	9,12	
Y	----- US 2008/136731 A1 (WU KUANG-YUH [US] ET AL) 12. Juni 2008 (2008-06-12) * Zusammenfassung; Abbildung 7a *	13	
Y	----- US 4 783 666 A (AST HARRY C [US] ET AL) 8. November 1988 (1988-11-08) * Zusammenfassung * * Spalte 4, Zeile 54 - Spalte 5, Zeile 6 * * Spalte 7, Zeilen 4-20 *	11,14	
A	----- DE 202 19 029 U1 (FUS TORSTEN [DE]; NESKE HANS KLAUS [DE]) 20. Februar 2003 (2003-02-20) * Zusammenfassung; Abbildung 5 * * Seite 8 *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01Q
A	----- EP 0 420 137 A2 (HUGHES AIRCRAFT CO [US]) 3. April 1991 (1991-04-03) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Spalte 3, Zeile 46 - Spalte 4, Zeile 13 *	1-14	
A	----- US 2010/103072 A1 (WU KUANG-YUH [US] ET AL) 29. April 2010 (2010-04-29) * Abbildung 2 * * Absätze [0015] - [0023] *	1-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. März 2013	Prüfer Unterberger, Michael
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 00 8394

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-03-2013

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2441540 A1	11-03-1976	KEINE	
US 2004246194 A1	09-12-2004	FR 2855916 A1 JP 2005005797 A US 2004246194 A1	10-12-2004 06-01-2005 09-12-2004
US 2008136731 A1	12-06-2008	AT 519250 T EP 1796210 A1 US 2008136731 A1	15-08-2011 13-06-2007 12-06-2008
US 4783666 A	08-11-1988	DE 3817214 A1 FR 2615647 A1 GB 2204999 A IL 86146 A IT 1217663 B JP 1032504 A JP 2746601 B2 US 4783666 A	08-12-1988 25-11-1988 23-11-1988 10-06-1991 30-03-1990 02-02-1989 06-05-1998 08-11-1988
DE 20219029 U1	20-02-2003	KEINE	
EP 0420137 A2	03-04-1991	AU 625586 B2 AU 6221090 A CA 2024118 A1 DE 69013839 D1 DE 69013839 T2 EP 0420137 A2 ES 2062243 T3 IL 95519 A JP 3119807 A US 5017939 A	16-07-1992 16-05-1991 27-03-1991 08-12-1994 23-03-1995 03-04-1991 16-12-1994 24-06-1994 22-05-1991 21-05-1991
US 2010103072 A1	29-04-2010	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- US 5408244 A [0004]
- EP 0843379 A2 [0013]