

(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  
3. November 2011 (03.11.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/134597 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*F41H 3/00* (2006.01) *H01Q 15/00* (2006.01)  
*F41J 2/00* (2006.01)

(74) Anwalt: **DIETRICH, Barbara**; Thul Patentanwaltsge-  
sellschaft mbH, Rheinmetall Platz 1, 40476 Düsseldorf  
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/001751

(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, 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, TH, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:  
8. April 2011 (08.04.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2010 018 645.7  
28. April 2010 (28.04.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **RHEINMETALL WAFFE MUNITION  
GMBH** [DE/DE]; Heinrich-Ehrhardt-Str. 2, 29345 Unter-  
lüß (DE).

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

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **TEN HAVE, Eric**  
[DE/DE]; Robert-Koch-Str. 3, 29223 Celle (DE). **GO-  
WIN, Michael** [DE/DE]; Am Bahnhof 1, 29320 Her-  
mannsburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METAMATERIAL

(54) Bezeichnung : METAMATERIAL

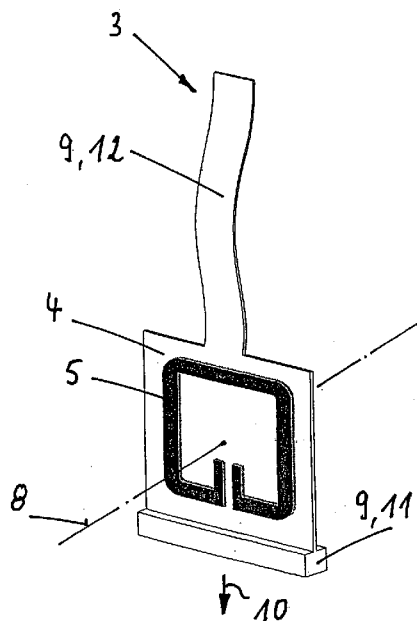


Fig. 3

(57) **Abstract:** The invention relates to a metamaterial (2) which is com-  
posed of a plurality of structurally identical active particles (3-3''), whe-  
rein the respective active particle (3-3'') comprises an electrically non-  
conductive substrate material (4) and a metal structure (5) disposed on the  
substrate material (4). In order for the active particles (3-3'') of the me-  
tamaterial (2) to be suitable as fog for concealing an object (1) to electro-  
magnetic radiation having a fixed frequency band, according to the inven-  
tion at least some of the active particles (3-3'') of the metamaterial (2) ac-  
cording to the invention are provided with stabilising members (9), whe-  
rein after discharge of the metamaterial into the atmosphere the respective  
stabilising member (9) of the corresponding active particle (3-3'') orients  
the active particle in the descent to earth in such a way that the surface  
normal (8) of the particle and thus the metal structure (5) thereof is dispo-  
sed substantially perpendicular to the direction of descent (10).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Metamaterial (2),  
welches aus einer Vielzahl strukturgleicher Wirkteilchen (3-3'') zusam-  
mengesetzt ist, wobei das jeweilige Wirkteilchen (3-3'') ein elektrisch  
nicht leitendes Trägermaterial (4) und eine auf dem Trägermaterial (4)  
angeordnete metallische Struktur (5) umfasst. Um zu erreichen, dass die  
Wirkteilchen (3-3'') des Metamaterials (2) als Nebel zum Verdecken ei-  
nes Objektes (1) für elektromagnetische Strahlung eines festgelegten Fre-  
quenzbandes geeignet sind, schlägt die Erfindung vor, mindestens einen  
Teil der Wirkteilchen (3-3'') des erfindungsgemäßen Metamaterials (2)  
mit

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

## BESCHREIBUNG

### Metamaterial

Die Erfindung betrifft ein Metamaterial für einen Metadüppel, Metachaff oder Metanebel, welches aus einer Vielzahl strukturgleicher Wirkteilchen zusammengesetzt ist, wobei das jeweilige Wirkteilchen ein elektrisch nicht leitendes Trägermaterial und eine auf dem Trägermaterial angeordnete metallische Struktur umfasst.

Metamaterialien sind künstlich hergestellte Materialien mit nicht in der Natur vorkommenden elektromagnetischen Eigenschaften, welche in bestimmten Frequenzbereichen sowohl Dielektrizitätskoeffizienten als auch Permeabilitätskoeffizienten aufweisen, die kleiner eins oder auch negativ sind. Diese Eigenschaften werden durch eine gezielte Anordnung mikro- oder nanometergroßer Leiterbahnelemente mit bestimmten elektrischen und magnetischen Eigenschaften möglich. So kann beispielsweise eine negative Brechzahl erzeugt werden, was zu interessanten Effekten führt, wie superlensing, hyperlensing und cloaking (das unsichtbar Machen - Tarnen) von Gegenständen durch eine Umleitung der elektromagnetischen Wellen um den Gegenstand herum. Diesen Effekt ausnutzend ist daher bereits vorgeschlagen worden, mit Hilfe einer Metamaterialumhüllung Objekte zu tarnen. Dabei wird die elektromagnetische Strahlung eines vorgegebenen Frequenzbereiches (beispielsweise die Radar- oder IR-Strahlung einer feindlichen Aufklärung), mittels welcher das Objekt geortet werden soll, durch das Metamaterial um das Objekt herum geleitet, derart, dass sich hinter dem Objekt die gleiche Wellenfront ergibt wie vor dem Objekt und die empfangene Strahlung keinen Hinweis auf die Anwesenheit eines Objektes enthält.

Abgesehen davon, dass die Abmessungen der metallischen Strukturen der Wirkteilchen abhängig von der Frequenz der elektromagnetischen Strahlung sind, durch welche die Ortung eines Objektes verhindert werden soll, sollten die das Objekt umhüllenden Wirkteilchen metallische Strukturen aufweisen, die ein regelmäßiges Gitter bilden und senk-

recht auf dem Richtungsvektor zum zu schützenden Objekt stehen (Pendry, J.B. et al., Controlling electromagnetic fields, Science 312, 1780-1782 (2006)).

Aus der DE 20 2008 006 222 U1 ist ein Metamaterial mit im 3D Raum angeordneten Leiterbahnelementen bekannt. Die WO 2006/023195 A2 offenbart ein weiteres Metamaterial. Aus der US 6,859,114 B2 ist ein Metamaterial zur Kontrolle und Führung elektromagnetischer Strahlungen bekannt. Ein verbessertes Substrat mit Metamaterial kann zudem der WO 2007/069224 A2 entnommen werden.

Um ein Objekt für elektromagnetische Strahlung eines entsprechenden Frequenzbandes unsichtbar zu machen, gilt das Ausbringen von bekanntem Metamaterial, bei dem die Wirteilchen in Form eines Nebels (etwa durch Verschießen einer Granate oder mittels eines Nebelgenerators) ausgebracht werden, als nicht geeignet, weil die Wirteilchen und damit auch ihre metallischen Strukturen mehr oder weniger willkürlich in Bezug auf das Objekt angeordnet sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Metamaterial zu offenbaren, deren Wirteilchen auch als Nebel zum Verdecken eines Objektes für elektromagnetische Strahlung eines festgelegten Frequenzbandes geeignet sind. Vorzugsweise soll das Metamaterial als Nebel durch Verschuss von Nebelgranaten oder durch Nebelgenerator(en) ausbringbar sein.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung offenbaren die Unteransprüche.

Der für das Tarnen verwendete Metadüppel bzw. das Metamaterial besteht aus einer sehr dünnen Folie, auf die eine dünne metallische Struktur aufgebracht ist. Die Dicke von Folie und metallische Struktur sind in der Größenordnung von einigen  $\mu\text{m}$  – ca. 10-20 $\mu\text{m}$ . Das Aufbringen der Metallschicht (z.B. Kupfer) kann durch ein Mikro- oder Nanolithografieverfahren, über chemische oder andere geeignete Verfahren erfolgen. Das Auftrageverfahren kann dabei großflächig über eine zusammenhängende Fläche der Folie erfolgen, die später in die einzelnen Wirteilchen zerteilt wird oder direkt auf einzelne Wirteilchen. Die metallische Struktur selbst kann des Weiteren einseitig oder zweiseitig aufgebracht sein. Die Form und Abmessung der verwendeten metallischen Strukturen sind dabei von der Frequenz der zu störenden Strahlung und der Größe des zu schützen-

den Objektes abhängig. Die Strukturen können die bekannte Form von unterbrochenen Ringresonatoren haben.

Um eine gewollte Orientierung bei einem Verschluss von derartigen Düppeln (Nebel) sicherzustellen, beruht die Erfindung im Wesentlichen auf dem Gedanken, dass mindestens ein Teil dieser Wirkeilchen des erfindungsgemäßen Metamaterials mit Stabilisierungseinrichtungen versehen sind, wobei die jeweilige Stabilisierungseinrichtung des entsprechenden Wirkeilchens dieses -nach Ausbringen des Metamaterials in die Atmosphäre- bei seinem Sinkflug zur Erde derart ausrichtet, dass die Flächennormale des Wirkeilchens, und damit auch seine dem Objekt zugewandte metallische Struktur, im Wesentlichen senkrecht zur Sinkflugrichtung und damit während des Sinkfluges auch zeitweise etwa senkrecht zum Richtungsvektor des zu schützenden Objektes angeordnet ist. Dadurch wird kann eine gute Wirkung sichergestellt werden.

Eine derartige Ausrichtung der Wirkeilchen kann dadurch erreicht werden, dass die Stabilisierungseinrichtungen sich aus einem, in Sinkflugrichtung des jeweiligen Wirkeilchens gesehen, unterseitigen Ballastteil und aus mindestens einem oberseitig angeordneten streifenförmigen Stabilisierungselement (auch als Ligament bezeichnet) zusammensetzen, zwei oder mehrere sind auch möglich.

Statt der streifenförmigen Stabilisierungselemente können aber auch fallschirmartige Stabilisierungselemente verwendet werden. Dabei kann es zweckmäßig sein, zusätzlich zu dem fallschirmartigen Stabilisierungselement mindestens ein weiteres Element zur Erzeugung einer kontrollierten Rotationsbewegung des entsprechenden Wirkeilchens vorzusehen.

Eine Ausweitung dieses Schutzprinzip für höhere Frequenzen bis hin zu sichtbarem Licht ist dadurch machbar, wenn die Abmessungen der metallischen Strukturen kleiner als  $\mu\text{m}$  (nm- Abmessungen) werden. Diese Wirkeilchen können dann zu bereits bekannten Nebelsorten (Rp-, NT-, KM-Nebel) hinzu gemischt und so später verbreitet werden.

Durch die hier vorgeschlagenen Metadüppel (Metachaff als auch Metanebel) können diese mit einer Munition etc. verschossen und damit ein Objekt unsichtbar gemacht werden, als ob es gar nicht existieren würde. Durch das Ausbringen einer Düppelwolke mit speziell

geformten bzw. strukturierten Mikroteilchen wird dazu eine Hülle um das Objekt gebildet, die elektromagnetische Strahlungen um das Objekt herum leiten. Es wird nicht nur die genaue Position des Objektes verschleiert, sondern die vielmehr die Anwesenheit des Objektes an sich. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere für den kurzzeitigen Schutz nicht mobiler als auch sich langsam fortbewegender Objekte, die kurzfristig gegen radar-gelenkte Lenkflugkörper geschützt werden sollen.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den folgenden, anhand von Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Fig.1 eine schematische Darstellung eines Objektes, welches durch ein als Nebel ausgebrachtes erfindungsgemäßes Metamaterial für elektromagnetische Strahlung eines entsprechenden Frequenzbandes unsichtbar gemacht wird;

Fig.2 eine schematische Darstellung des in Fig.1 gezeigten Objektes und einiger zu dem Objekt ausgerichteter Wirkteilchen zur Erläuterung der Erfindung;

Fig.3, 4 zwei Ausführungsbeispiele von Wirkteilchen mit als Stabilisierungselementen dienenden streifenförmigen Verlängerungen des Trägermaterials der Wirkteilchen;

Fig.5 das Ausführungsbeispiel eines Wirkteilchens mit einem fallschirmartigen Stabilisierungselement und

Fig.6 ein Fig.5 entsprechendes Ausführungsbeispiel, bei dem zusätzlich zu dem fallschirmartigen Stabilisierungselement zwei Elemente zur kontrollierten Rotationsbewegung des Wirkteilchens vorgesehen sind.

In Fig.1 ist mit 1 ein Objekt bezeichnet, welches durch ein als Nebel ausgebrachtes erfindungsgemäßes Metamaterial 2 für elektromagnetische Strahlung eines entsprechenden Frequenzbandes unsichtbar gemacht wurde. Dabei besteht das Metamaterial 2 aus einer Vielzahl strukturgleicher Wirkteilchen 3, die in Form eines Hohlzylinders um das zu schützende Objekt 1 verteilt angeordnet sind.

Jedes der Wirkteilchen 3 (vgl. auch die Fig.3-6) umfasst ein elektrisch nicht leitendes Trägermaterial 4 (beispielsweise eine Polyesterfolie mit einer Wandstärke von 15µm), auf der

als metallische Struktur 5 ein Leiterbahnelement in Form eines unterbrochenen Ringresonators aufgedampft oder aufgedruckt ist.

Wie in Fig.1 schematisch dargestellt, bewirkt das Metamaterial 2, dass eine auf das Objekt 1 gerichtete Einfallswelle 6 um das Objekt 1 herum läuft und dann wieder als ebene Ausfallswelle 7 das Metamaterial 2 verlässt, sodass der Ausfallswelle 7 kein Hinweis auf das Vorliegen des Objektes 1 entnehmbar ist.

In Fig.2 ist schematisch angedeutet, dass mindestens ein Teil der Wirkeilchen 3 des erfindungsgemäßen Metamaterials 2 derart ausgerichtet sind, dass ihre mit 8 bezeichneten Flächennormalen, und damit auch die dem Objekt zugewandten metallischen Strukturen 5, im Wesentlichen senkrecht zur Sinkflugrichtung 10 angeordnet sind. Bei der dargestellten Anordnung der Wirkeilchen 3, bei denen diese sich entlang eines Hohlzylinders erstrecken, entsprechen die Flächennormalen 8 dem Richtungsvektor des zu schützenden Objektes 1.

Um eine derartige Ausrichtung der Wirkeilchen 3 sicherzustellen, weisen die Wirkeilchen 3 jeweils eine Stabilisierungseinrichtung 9 auf, die sie beim Herabsinken zur Erde in eine Vorzugsrichtung ausrichten.

In Fig.3 ist ein entsprechendes Wirkeilchen 3 dargestellt, bei dem die Stabilisierungseinrichtung 9 im Wesentlichen aus einem, in Sinkflugrichtung 10 des Wirkeilchen 3 gesehen, unterseitigen Ballastteil 11 und aus einem oberseitig angeordneten streifenförmigen Stabilisierungselement 12 besteht.

Fig.4 zeigt ein Fig.3 entsprechendes Wirkeilchen 3', welches zwei parallel zueinander angeordnete streifenförmige Stabilisierungselemente 12 umfasst.

In Fig.5 ist ein Wirkeilchen 3'' dargestellt, bei dem die Stabilisierungseinrichtung wiederum ein, in Sinkflugrichtung des Wirkeilchen 3''gesehen, unterseitiges Ballastteil 11 umfasst, bei dem aber das oberseitig angeordnete Stabilisierungselement 13 fallschirmartig ausgebildet ist.

Das in Fig.6 mit 3''' bezeichnete Wirkeilchen entspricht im Wesentlichen dem in Fig.5 dargestellten Wirkeilchen 3'', wobei zusätzliche Elemente 14 zur Erzeugung einer kon-

trollierten Rotationsbewegung des Wirkteilchens 3''' um seine in Sinkflugrichtung gerichtete Längsachse vorgesehen sind.

**Bezugszeichenliste**

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| 1      | Objekt                          |
| 2      | Metamaterial                    |
| 3-3''' | Wirkteilchen                    |
| 4      | Trägermaterial                  |
| 5      | metallische Struktur            |
| 6      | Einfallswelle                   |
| 7      | Ausfallswelle                   |
| 8      | Flächennormale, Richtungsvektor |
| 9      | Stabilisierungseinrichtung      |
| 10     | Sinkflugrichtung                |
| 11     | Ballastteil                     |
| 12,13  | Stabilisierungselemente         |
| 14     | Element                         |

## PATENTANSPRÜCHE

1. Metamaterial, welches aus einer Vielzahl strukturgleicher Wirkteilchen (3-3''') zusammengesetzt ist, wobei das jeweilige Wirkteilchen (3-3''') ein elektrisch nicht leitendes Trägermaterial (4) und eine auf dem Trägermaterial (4) angeordnete metallische Struktur (5) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Teil der Wirkteilchen (3-3''') des Metamaterials (2) Stabilisierungseinrichtungen (9) umfassen, welche die entsprechenden Wirkteilchen (3-3''') nach Ausbringen des Metamaterials (2) in die Atmosphäre bei ihrem Sinkflug zur Erde derart ausrichten, dass ihre Flächennormalen (8) im Wesentlichen senkrecht zu ihrer Sinkflugrichtung (10) angeordnet sind.
2. Metamaterial nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die jeweilige Stabilisierungseinrichtung (9) eines entsprechenden Wirkteilchens (3; 3') aus einem, in Sinkflugrichtung (10) des Wirkteilchens (3; 3') gesehen, unterseitigen Ballastteil (11) und aus mindestens einem oberseitig angeordneten streifenförmigen Stabilisierungselement (12) zusammensetzt.
3. Metamaterial nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die jeweilige Stabilisierungseinrichtung (9) eines entsprechenden Wirkteilchens (3''; 3'') aus einem, in Sinkflugrichtung (10) des Wirkteilchens (3''; 3'') gesehen, unterseitigen Ballastteil (11) und aus einem oberseitig angeordneten fallschirmartigen Stabilisierungselement (13) zusammensetzt.
4. Metamaterial nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das jeweilige Wirkteilchen (3'') zusätzlich zu dem fallschirmartigen Stabilisierungselement (13) mindestens ein Element (14) zur Erzeugung einer kontrollierten Rotationsbewegung des Wirkteilchens (3'') umfasst.

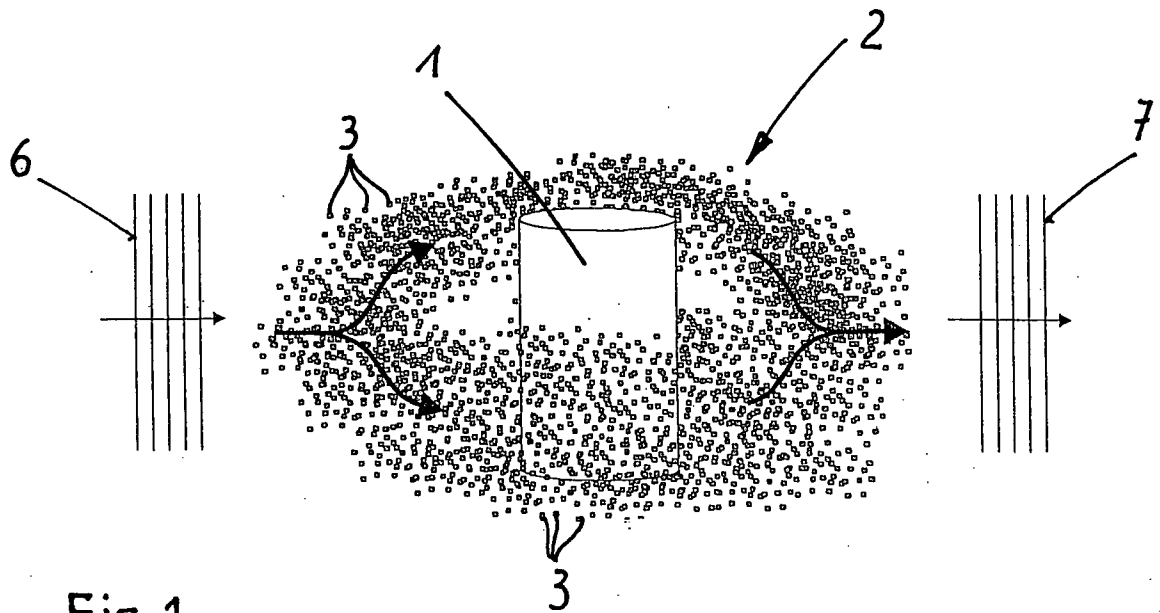


Fig.1

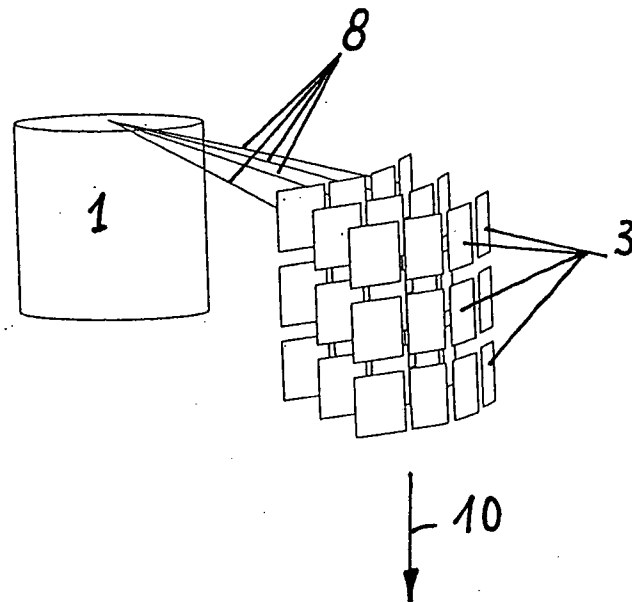
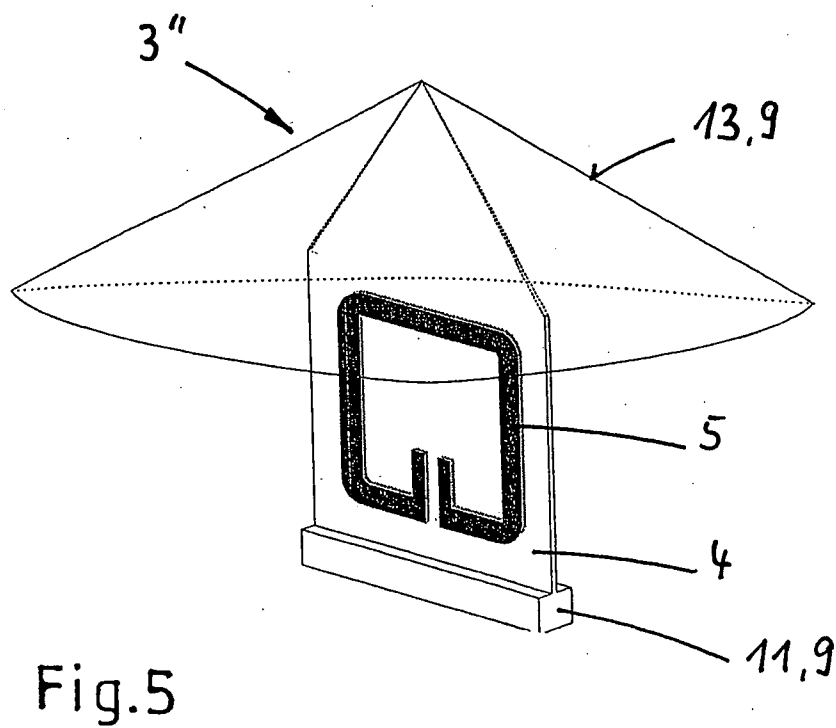
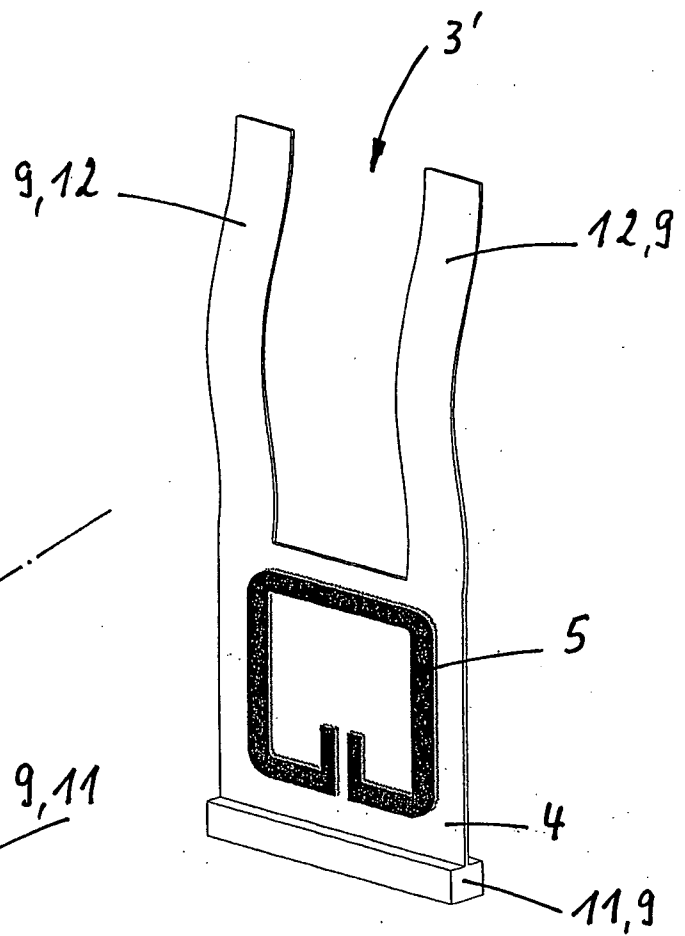
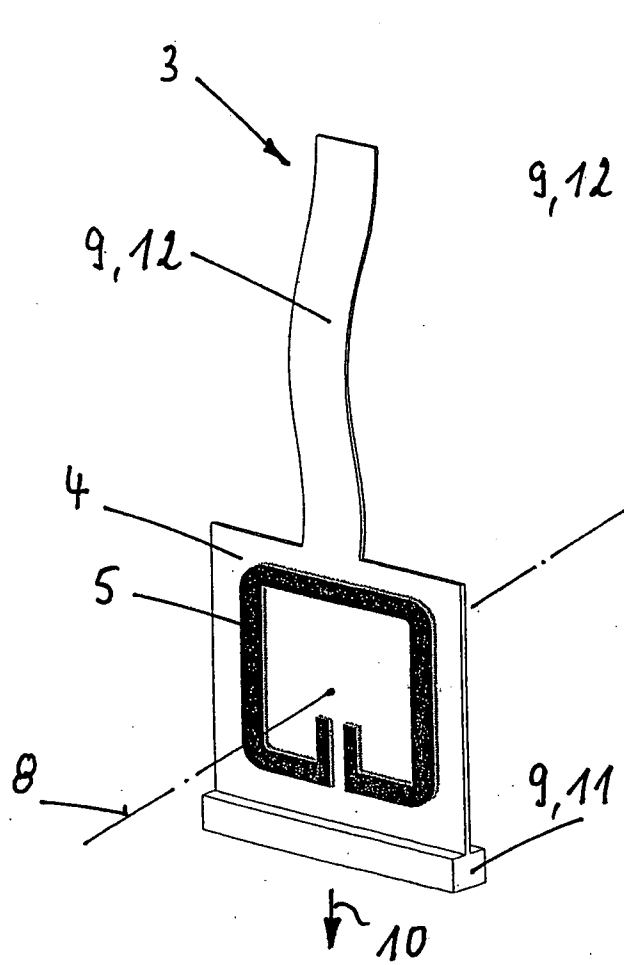


Fig2



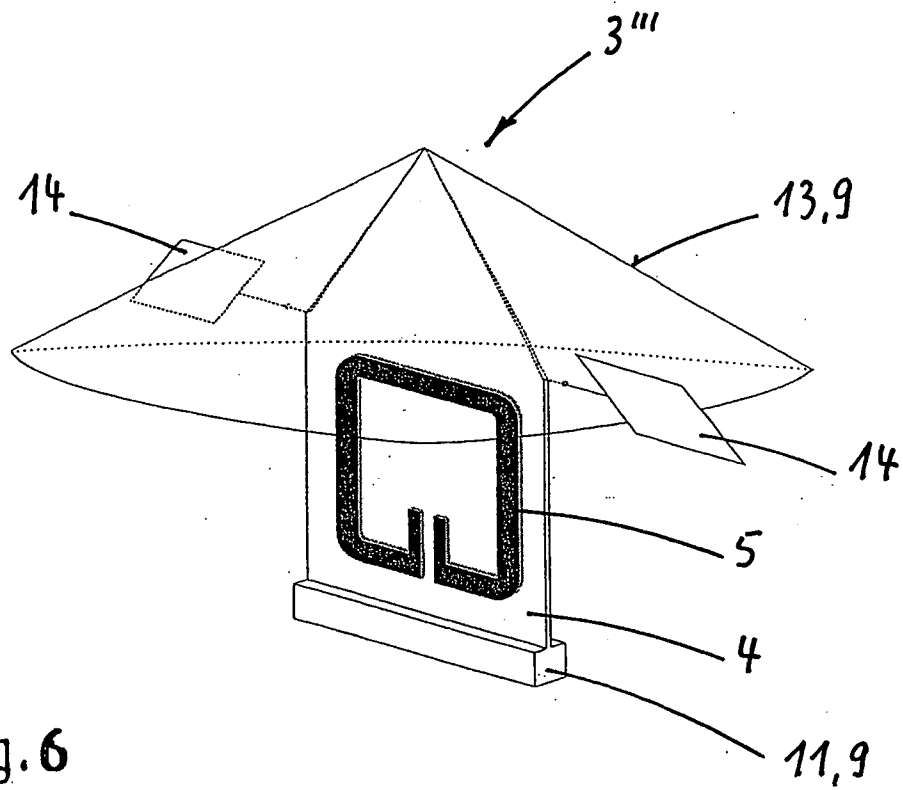


Fig. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/001751

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>INV. F41H3/00 F41J2/00 H01Q15/00<br>ADD.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>F41H F41J H01Q                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                  |
| 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)<br>EPO-Internal, WPI Data                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                  |
| <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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | SCHURIG D ET AL: "Metamaterial<br>Electromagnetic Cloak at Microwave<br>Frequencies",<br>SCIENCE, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE<br>ADVANCEMENT OF SCIENCE,<br>vol. 314, 10 November 2006 (2006-11-10),<br>pages 977-980, XP007907868,<br>DOI: DOI:10.1126/SCIENCE.1133628<br>the whole document | 1                                                                |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -----<br>US 2008/165442 A1 (CAI WENSHAN [US] ET AL)<br>10 July 2008 (2008-07-10)<br>abstract; claims 1,2,10,14-16; figure 1b<br>-----<br>-/--                                                                                                                                                  | 1                                                                |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.         </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                  |
| <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                  |
| Date of the actual completion of the international search<br>30 June 2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Date of mailing of the international search report<br>07/07/2011 |
| Name and mailing address of the ISA/<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Authorized officer<br>Schwingel, Dirk                            |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/001751

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | <p>US 2008/024792 A1 (PENDRY JOHN [GB] ET AL)<br/> 31 January 2008 (2008-01-31)<br/> abstract; claims 12,14,15,21; figures<br/> 1,5-10<br/> paragraphs [0006], [0025]<br/> paragraph [0057] - paragraph [0063]<br/> -----</p> | 1                     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/001751

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 2008165442                             | A1 | 10-07-2008          | NONE                       |                     |
| -----                                     |    |                     |                            |                     |
| US 2008024792                             | A1 | 31-01-2008          | CA 2590307 A1              | 25-01-2008          |
|                                           |    |                     | JP 2008023517 A            | 07-02-2008          |
| -----                                     |    |                     |                            |                     |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/001751

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br>INV. F41H3/00 F41J2/00 H01Q15/00<br>ADD.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b><br>Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)<br>F41H F41J H01Q                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
| Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)<br>EPO-Internal, WPI Data                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
| Kategorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                                                                              | Betr. Anspruch Nr.                                                |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | SCHURIG D ET AL: "Metamaterial<br>Electromagnetic Cloak at Microwave<br>Frequencies",<br>SCIENCE, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE<br>ADVANCEMENT OF SCIENCE,<br>Bd. 314, 10. November 2006 (2006-11-10),<br>Seiten 977-980, XP007907868,<br>DOI: DOI:10.1126/SCIENCE.1133628<br>das ganze Dokument | 1                                                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -----<br>US 2008/165442 A1 (CAI WENSHAN [US] ET AL)<br>10. Juli 2008 (2008-07-10)<br>Zusammenfassung; Ansprüche 1,2,10,14-16;<br>Abbildung 1b<br>-----<br>-/--                                                                                                                                  | 1                                                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"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)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"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<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"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<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche<br>30. Juni 2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts<br>07/07/2011 |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Bevollmächtigter Bediensteter<br>Schwingel, Dirk                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/001751

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                 | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| A          | <p>US 2008/024792 A1 (PENDRY JOHN [GB] ET AL)<br/> 31. Januar 2008 (2008-01-31)<br/> Zusammenfassung; Ansprüche 12,14,15,21;<br/> Abbildungen 1,5-10<br/> Absätze [0006], [0025]<br/> Absatz [0057] - Absatz [0063]<br/> -----</p> | 1                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/001751

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2008165442 A1                                   | 10-07-2008                    | KEINE                             |                               |
| US 2008024792 A1                                   | 31-01-2008                    | CA 2590307 A1                     | 25-01-2008                    |
|                                                    |                               | JP 2008023517 A                   | 07-02-2008                    |