



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G01R 29 /00	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/04399 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. Januar 2000 (27.01.00)		
<table border="0" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;">(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04144 (22) Internationales Anmeldedatum: 16. Juni 1999 (16.06.99) (30) Prioritätsdaten: 198 31 386.1 14. Juli 1998 (14.07.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOMBACH, Volker [DE/DE]; Akazienweg 5, D-64807 Dieburg (DE). MARX, Bernd [DE/DE]; Ludwigstrasse 17, D-64625 Bensheim (DE). LOPPNOW, Thomas [DE/DE]; Gerhard-Hauptmann-Strasse 9, D-64354 Reinheim (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE TELEKOM AG; Technologiezentrum, Patentabteilung EK03, D-64307 Darmstadt (DE).</td><td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;">(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></td></tr></table>			(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04144 (22) Internationales Anmeldedatum: 16. Juni 1999 (16.06.99) (30) Prioritätsdaten: 198 31 386.1 14. Juli 1998 (14.07.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOMBACH, Volker [DE/DE]; Akazienweg 5, D-64807 Dieburg (DE). MARX, Bernd [DE/DE]; Ludwigstrasse 17, D-64625 Bensheim (DE). LOPPNOW, Thomas [DE/DE]; Gerhard-Hauptmann-Strasse 9, D-64354 Reinheim (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE TELEKOM AG; Technologiezentrum, Patentabteilung EK03, D-64307 Darmstadt (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04144 (22) Internationales Anmeldedatum: 16. Juni 1999 (16.06.99) (30) Prioritätsdaten: 198 31 386.1 14. Juli 1998 (14.07.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOMBACH, Volker [DE/DE]; Akazienweg 5, D-64807 Dieburg (DE). MARX, Bernd [DE/DE]; Ludwigstrasse 17, D-64625 Bensheim (DE). LOPPNOW, Thomas [DE/DE]; Gerhard-Hauptmann-Strasse 9, D-64354 Reinheim (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE TELEKOM AG; Technologiezentrum, Patentabteilung EK03, D-64307 Darmstadt (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>			
(54) Title: DEVICE FOR MEASURING THE SPECIFIC ABSORPTION RATE (54) Bezeichnung: EINRICHTUNG ZUR MESSUNG DER SPEZIFISCHEN ABSORPTIONSRATE (57) Abstract The invention relates to a device for measuring the specific absorption rate (SAR) of apparatus (8) which generate electromagnetic fields. Said device consists of a homogeneous solid spherical test phantom (4) which has the average electrical properties of human tissue and at a defined distance from the surface contains a dipole probe (1) which is positioned in such a way that the derived probe signal is proportional to the average SAR for 1 g or 10 g of tissue. The apparatus (8) to be tested, notably a mobile telephone, is guided past the surface of the phantom and turned until the instrument (6) displays the maximum SAR value which is the relevant limit. (57) Zusammenfassung Die erfindungsgemäße Einrichtung zur Messung der spezifischen Absorptionsrate SAR, die von elektromagnetische Feldern erzeugenden Geräten (8) hervorgerufen wird, besteht aus einem homogenen Festkörper-Kugelphantom (4), das die elektrischen Eigenschaften gemittelten menschlichen Gewebes besitzt und in einem definierten Abstand von der Oberfläche eine Dipolsonde (1) derart enthält, daß das abgeleitete Sondersignal proportional zum über 1g oder 10 g gemittelten SAR-Wert ist. Das zu untersuchende Gerät (8), das insbesondere ein Handfunktelefon sein kann, wird an der Oberfläche des Phantoms vorbeigeführt und so gedreht, bis der grenzwertrelevante maximale SAR-Wert an Instrument (6) angezeigt wird.				

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Einrichtung zur Messung der Spezifischen Absorptionsrate

Anwendungsgebiet

In der modernen Industriegesellschaft wird eine Vielzahl von Geräten benutzt, die elektromagnetische Felder erzeugen. In nationalen und internationalen Normen bzw. Gesetzen sind Grenzwerte für derartige Felder festgelegt worden, die zum Schutz der Gesundheit von Personen nicht überschritten werden dürfen. Als Basismeißgröße zur Quantifizierung der elektromagnetischen Exposition im Hochfrequenzfeld wird dabei die Spezifische Absorptionsrate SAR benutzt, die die im Gewebe absorbierte Leistung pro Masseneinheit angibt. Bei Nahfeldexposition, wie sie z. B. bei der Nutzung von Handfunktelefonen auftritt, beziehen sich die SAR-Grenzwerte auf die maximale, im menschlichen Körper auftretende, über 1 g oder 10 g Gewebemasse gemittelte Absorption. Die SAR-Verteilung in einer Person kann über numerische Simulationsrechnungen oder über Messungen mit elektrischen Feldsonden in Phantommodellen bestimmt werden. Der Hauptvorteil der Messung gegenüber der Rechnung liegt in der einfachen und zuverlässigen Ermittelbarkeit von Unterschieden und Streuungen zwischen einzelnen elektromagnetische Felder erzeugenden Geräten.

Stand der Technik

Da die Messung von SAR-Werten nicht direkt in einem lebenden Organismus durchgeführt werden kann, verwendet man Phantommodelle des menschlichen Körpers oder von Körperteilen, wie z. B. dem Kopf, die möglichst gut die realen Verhältnisse widerspiegeln. Ein heute vielfach eingesetzter Meßplatz zur Ermittlung von SAR-Werten, die von Handfunktelefonen in einem Kopf erzeugt werden, ist beschrieben in „Q. Balzano, O. Garay and T. J. Manning: Electromagnetic energy exposure of simulated users of portable cellular telephones, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 44, No. 3, Aug. 1995, pp. 390 -403.“ Hierbei wird das zu untersuchende Handfunktelefon außen an einem der menschlichen Kopfform nachgebildeten Phantommodell befestigt. Das Phantommodell besteht aus einer dünnen Kunststoffschale, die mit einer gewebesimulierenden Flüssigkeit gefüllt ist. In dieser Flüssigkeit wird eine elektrische Feldsonde mit Hilfe eines Industrieroboters, der von einem Computer gesteuert wird, bewegt. Der Computer zeichnet dabei die elektrischen Feldstärke- bzw. SAR-Werte über einem dreidimensionalen Gitternetz in dem Phantommodell auf und berechnet aus den Einzelwerten die grenzwertrelevanten über 1 g oder 10 g Gewebemasse gemittelten SAR-Werte. Neben den nicht zu bezweifelnden Vorteilen weist ein derartiger Meßplatz für systematische Reihen- sowie entwicklungsbegleitende Untersuchungen verschiedene Nachteile auf:

- a) Die Verwendung eines Industrieroboters einschließlich dreidimensionaler Steuerung verursacht hohe Investitions- und Betriebskosten.
- b) Der Zeitaufwand für den Meßdurchgang mit einer einzelnen Position des Handfunktelefons beträgt 30 Minuten oder mehr. Um die ungünstigste Position mit dem

höchsten SAR-Wert herauszufinden, sind in der Regel mehrere Meßdurchgänge erforderlich.

- c) Um die Sonde im Phantominnern bewegen zu können, muß dieses mit einer Flüssigkeit gefüllt sein. Da die Flüssigkeit mit der Zeit verdunstet und ihre elektrischen Eigenschaften ändert, müssen die Flüssigkeitsparameter ständig überwacht werden.

Aufgabenstellung und Lösung

Der Erfindung liegt das Ziel zugrunde die Nachteile des bekannten Meßplatzes bei der Qualifizierung von elektromagnetischen Hochfrequenzfeldern erzeugenden Geräten zu vermeiden:

- a) Die elektrische Feldsonde wird bei der erfindungsgemäßen Meßeinrichtung nicht innerhalb des Phantommodells bewegt, sondern befindet sich an einem definierten, festen Ort, vorzugsweise 5 bis 9 mm unter der Oberfläche. Damit entfällt der Aufwand für die mechanische Bewegung, deren Steuerung und Auswertung. Stattdessen wird das zu untersuchende Gerät (z. B. ein Handfunktelefon) von Hand oder mit einem einfachen Verschiebemechanismus außen an der Phantomoberfläche vorbei bewegt. Dabei kann auch der Einfluß der Hand mit erfaßt werden.
- b) Zur Einstellung von z. B. in einer Norm vorgegebenen Positionen des untersuchten Gerätes können einfache mechanische Hilfsvorrichtungen aus nichtleitendem Kunststoff verwendet werden. Durch gezieltes Ausprobieren ist es mit geringem Aufwand in kürzester Zeit möglich, die Position zu finden, bei der die angezeigte Spezifische Absorptionsrate maximal wird.
- c) Die vorliegende Erfindung verwendet ein Phantommodell aus einem festen Werkstoff, der z. B. aus einer Kombination von Kunstharz, Keramikpulver und Graphitpulver besteht. In „T. Kobayashi u. a.: Dry phantom composed of ceramics and its application to SAR estimation, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 41, No. 1, Jan. 1993, pp. 136 -140“ wird gezeigt, daß auch mit festen Werkstoffen die elektrischen Eigenschaften von menschlichen Geweben nachgebildet werden können. Wie noch erläutert wird, ist für die Meßgenauigkeit der erfindungsgemäßen Einrichtung die exakte Einhaltung der Gewebeparameter nur von untergeordneter Bedeutung. Das feste Phantommodell ist ungiftig, einfach zu handhaben und verändert seine Eigenschaften nicht mit der Zeit.
- d) Da die Sonde sich in dem verlustbehafteten Phantom an einem festen Ort befindet, ist der Aufwand für die Ableitung des detektierten Signales wesentlich geringer als bei den hochkomplizierten Sonden, die für Flüssigphantome eingesetzt werden müssen. Das Sondensignal braucht nur mit einer einfachen elektronischen Schaltung verstärkt und einem den zeitlichen Mittelwert bildenden Anzeigeinstrument zugeführt zu werden.

Beschreibung der Erfindung

Der Aufbau einer erfindungsgemäßen Meßeinrichtung wird anhand verschiedener Skizzen erläutert.

Fig. 1 ist eine Querschnittsskizze einer erfindungsgemäßen Meßeinrichtung.

Fig. 2 gibt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einem Halbkugelphantom wieder.

Fig. 3 dient zur Erläuterung der Eichung einer erfindungsgemäßen Meßeinrichtung.

Fig. 4 veranschaulicht das Beispiel einer Hilfsvorrichtung zur definierten Positionierung von Handfunktelefonen.

Die erfindungsgemäße Meßeinrichtung besteht, wie in **Fig. 1** dargestellt, aus einer Kugel 4 mit einem Durchmesser von 180 bis 200 mm. Der Werkstoff der Kugel ist fest und besitzt in etwa die mittleren elektrischen Eigenschaften von menschlichem Gewebe (z. B. bei 900 MHz die Werte: relative Dielektrizitätszahl = 42, spezifische Leitfähigkeit = 0.9 S/m). Die Kugel wird von einem Ständer 5 aus nicht leitendem Material gehalten. Zur Messung des über 1 g gemittelten SAR-Wertes befindet sich eine Dipolsonde 1 mit einer Gesamtlänge von ca. 8 mm in einem Abstand von 5 mm unter der Kugeloberfläche. Zur Messung des über 10 g gemittelten SAR-Wertes muß der Abstand der Sonde zur Kugeloberfläche etwa 9 mm betragen. Das von der Dipolsonde empfangene Hochfrequenzsignal wird mit einer Detektordiode gleichgerichtet und über einen Tiefpaß und eine hochohmige Leitung 3 zur Auswerteelektronik 2 in Kugelmitte geleitet. Die Auswerteelektronik liefert eine dem gemessenen lokalen SAR-Wert proportionale Gleichspannung, die über eine Leitung 7 dem analogen oder digitalen Anzeigeinstrument 6 zugeführt wird. Die Spannungsversorgung der Auswerteelektronik kann entweder in der Kugel oder außerhalb untergebracht werden. Das zu untersuchende Gerät 8, das z. B. ein Handfunktelefon ist, wird an der Oberfläche der Kugel vorbeigeführt. Am Anzeigeinstrument kann dabei unmittelbar der über 1 g oder 10 g gemittelte SAR-Wert abgelesen werden. So kann unter anderem recht einfach die Stellung mit maximaler Anzeige gefunden werden.

Da in der verlustbehafteten Phantomkugel bei der hier interessierenden Expositionssituation die Polarisierung der elektrischen Feldstärke in Oberflächennähe nahezu parallel zur Oberfläche liegt, reicht es aus, eine Dipolsonde mit entsprechend angeordneten Dipolarmen einzusetzen. Durch Drehen des zu testenden Gerätes ist dann zunächst die Polarisationsausrichtung mit maximalem Anzeigewert zu ermitteln. Um von der Polarisationsausrichtung der Geräteantenne unabhängig zu sein, können auch zwei senkrecht zueinander und jeweils parallel zur Oberfläche liegende Dipole eingebaut werden, deren Signale in der Auswerteelektronik addiert werden.

Aufgrund der hohen Abschirm- und Absorptionswirkung des Phantomwerkstoffes, kann die Meßeinrichtung auch, wie in **Fig. 2** skizziert, nur aus einer Halbkugel 4a aufgebaut werden. Für normbezogene Aussagen über den Absolutwert der Spezifischen Absorptionsrate muß die Meßeinrichtung vor der Benutzung geeicht werden. **Fig. 3** zeigt eine einfache aber zuverlässige Eichmöglichkeit. In einem Abstand von 10 bis 50 mm über der Kugel wird ein Sendedipol 9 mit der Gesamtlänge einer halben Wellenlänge angebracht und mit einer definierten Leitung gespeist. Der dabei angezeigte Meßwert wird mit dem Meßwert verglichen, der aus einer Simulationsrechnung mit der gleichen geometrischen Anordnung

und der gleichen Sendeleistung ermittelt wurde. Da Simulationsrechnungen mit der Methode der Finiten Differenzen im Zeitbereich, der Methode der Finiten Elemente oder der Momentenmethode für so einfache Geometrien verifizierbare und zuverlässige Ergebnisse liefern, können bei dieser Eichung der Gesamtanordnung verschiedene Fehlereinflüsse, die aus Ungenauigkeiten bei der Phantomkugelherstellung (z. B. bezüglich der elektrischen Materialparameter und der Sondenpositionierung) resultieren, kompensiert werden. Es ist sinnvoll, die notwendigen Eichfaktoren direkt in die Auswerteelektronik zu übernehmen, um eine einfach abzulesende Instrumentenanzeige zu erhalten.

Für spezielle normgerechte Messungen ist eine definierte Positionierung des zu beurteilenden Handfunktelefons notwendig. Um eine derartige Positionierung reproduzierbar einzustellen, kann eine Hilfsvorrichtung 10 aus nichtleitendem Kunststoff beispielsweise nach **Fig. 4** angebracht werden. Die Hilfseinrichtung muß mit entsprechenden Markierungen versehen und in mehreren Achsen bewegbar sein.

Was die Vergleichbarkeit der mit der erfindungsgemäßen Meßeinrichtung gefundenen SAR-Werte mit den tatsächlich in einem Menschen auftretenden SAR-Werte betrifft, sind folgende Überlegungen zu beachten:

- Wie ausführliche Simulationsuntersuchungen zeigen, weisen die von dem gleichen Handfunktelefon in verschiedenen menschlichen Köpfen erzeugten SAR-Werte eine gewisse Streubreite auf, die auf die individuellen äußeren Kopfformen, unterschiedliche inhomogene Gewebeverteilungen und voneinander abweichende Gewebeparameter zurückzuführen sind. Es gibt also nicht *den einheitlichen* SAR-Wert, der einem Handfunktelefon zugeordnet werden kann.
- Sowohl Simulationsrechnungen als auch Messungen belegen, daß bei geeigneter Wahl der Dielektrizitätszahl und der Leitfähigkeit eines homogenen Kopfmodells die über 1g oder 10 g gemittelten SAR-Werte, die von einem Handfunktelefon im Nahfeld erzeugt werden, höher oder gleich den SAR-Werten eines inhomogenen Kopfmodells sind. Die mit homogenen Modellen gefundenen SAR-Werte liegen bei Orientierung an den Personenschutzgrenzwerten also *auf der sicheren Seite*.
- Bei homogenen Phantommodellen ist die elektromagnetische Absorption von der Oberflächenkontur bzw. vom Krümmungsradius abhängig. Bei Nahfeldexposition steigt der maximale lokale, über 1 g oder 10 g gemittelte SAR-Wert für Krümmungsradien über einer Viertel Wellenlänge nur noch sehr wenig an. Eine Kugel mit einem Durchmesser von 180 bis 200 mm beschreibt daher sehr gut die relevanten Krümmungsradien von menschlichen Köpfen und liefert eher zu hohe als zu niedrige SAR-Werte.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Messung der Spezifischen Absorptionsrate, die von einem elektromagnetische Felder erzeugenden Gerät, vorzugsweise von einem Handfunktelefon, in einem Kopfphantom hervorgerufen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem
5 homogenen, kugelförmigen Phantommodell aus festem Werkstoff mit den elektrischen Eigenschaften gemittelten menschlichen Gewebes eine elektrische Feldsonde einschließlich der entsprechenden Auswerteelektronik so eingebettet ist, daß bei Annäherung des elektromagnetische Felder erzeugenden Gerätes direkt die über eine bestimmte Masse gemittelte Spezifische Absorptionsrate SAR an einem speziell geeichten Anzeigeinstrument
10 abgelesen werden kann.
2. Einrichtung zur Messung der Spezifischen Absorptionsrate nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Phantommodell aus einem Kugelabschnitt, wie z. B. einer
15 Halbkugel besteht.
3. Einrichtung zur Messung der Spezifischen Absorptionsrate nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit Hilfe von außen an das Phantommodell angesetzten Hilfsvorrichtungen aus nichtleitendem Kunststoff definierte Positionen des elektromagnetische Felder erzeugenden Gerätes reproduzierbar eingestellt werden können.
20
4. Einrichtung zur Messung der Spezifischen Absorptionsrate nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektrische Feldsonde aus einem elektrischen Dipol oder aus zwei orthogonal zueinander stehenden Dipolen besteht.

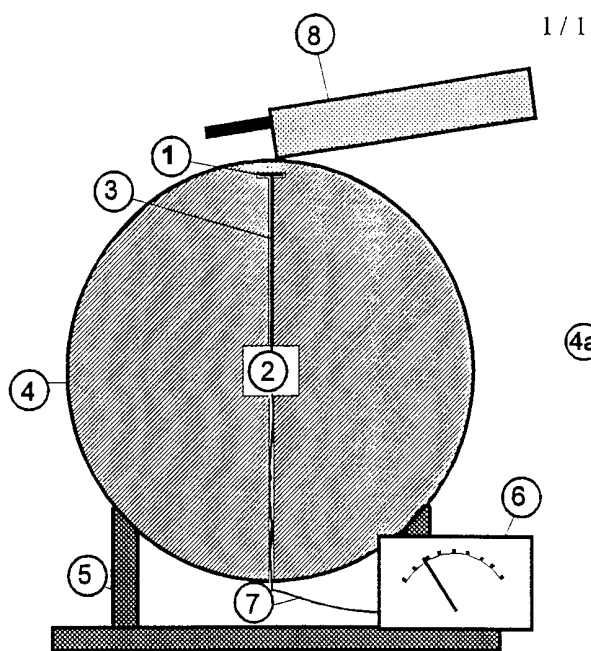


Fig. 1

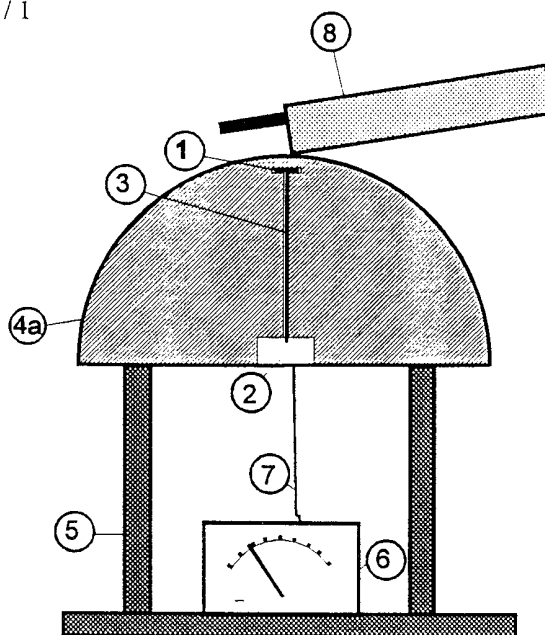


Fig. 2

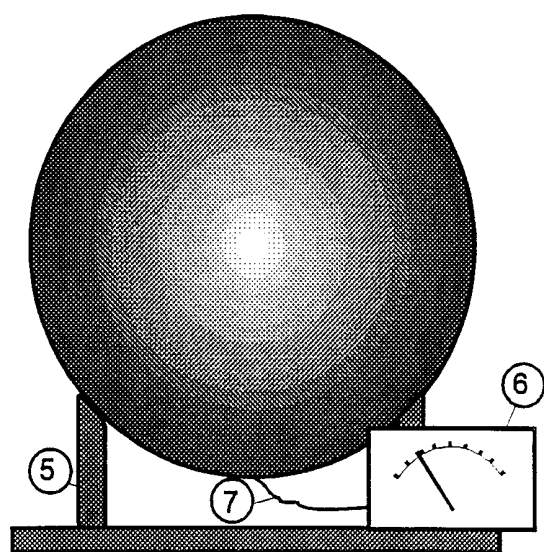
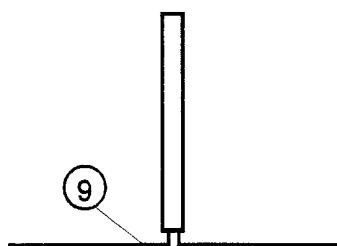


Fig. 3

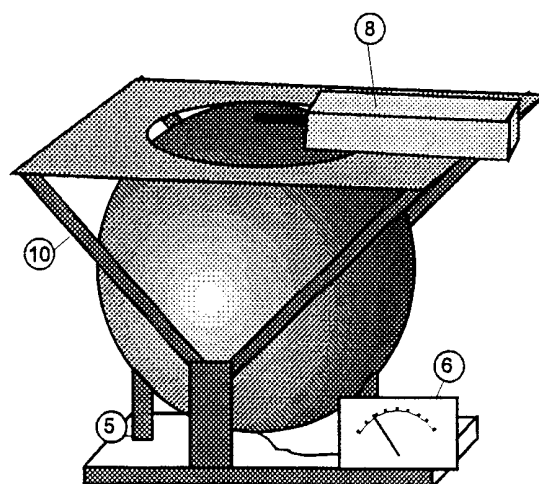


Fig. 4