



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 10 105 T2** 2007.06.28

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 549 516 B1**

(51) Int Cl.⁸: **B60C 23/04** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 10 105.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB03/04327**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 751 027.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/030950**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.10.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.04.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.07.2005**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **29.11.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.06.2007**

(30) Unionspriorität:
0222680 01.10.2002 GB

(73) Patentinhaber:
Piezotag Ltd., Sir William Lyons, Coventry, GB

(74) Vertreter:
**PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,
80801 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR**

(72) Erfinder:
**HASWELL, Haswell Moulding Technologies Ltd.,
G., Thorpe Le Soken, Essex CO16 OHH, GB;
FAWCETT, S. W., Melton Mowbray, Leicestershire
LE13 OPB, GB; HOLDSWORTH, Reece, Paul,
Melton Mowbray, Leicestershire LE13 OPB, GB;
BOWLES, John, Stephen, Melton Mowbray
Leicestershire LE13 OPB, GB; SMART, Matthew,
David, Melton Mowbray, Leicestershire LE13 OPB,
GB; GARCIA-HERNANDEZ, Univ. Polit. de
Catalunya, M.J., 08034 Barcelona, ES;
CHAVEZ-DOMINGUEZ, Univ. Polit. de Catalunya,
J.A., 08034 Barcelona, ES; TURO-PEROY, Univ.
Polit. de Catalunya, Antonio, 08034 Barcelona, ES;
SALAZAR-SOLER, Univ. Polit. de Catalunya,
Jordi, 08034 Barcelona, ES**

(54) Bezeichnung: **ENERGIEVERBRAUCHSPROTOKOLL**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Energieverbrauchsprotokoll oder -verfahren zur selektiven Steuerung des Energieverbrauchs einer Telemetrieinheit, die eine Energiequelle aufweist. Die Erfindung ist von besonderem Vorteil beim Steuern des Verbrauchs von Energie aus einem piezoelektrischen Generator zum Zuführen von Energie an eine abgesetzte bzw. entfernt gelegene Telemetrierovrichtung zur Übermittlung von Daten aus einem rotierbaren Körper, z.B. aus dem Inneren eines Luftreifens.

[0002] Es ist bekannt, zur Messung des Drucks in Fahrzeugreifen eine Reifenüberwachungsvorrichtung bereitzustellen. Innerhalb einer Reifenumgebung kann die Reifenüberwachungsvorrichtung außerdem weitere Parameter, wie die örtliche Temperatur eines Reifens, messen. Die gemessenen Daten werden z.B. über eine Funkwellenverbindung in den Führerraum des Fahrzeugs übertragen, wo sie elektronisch verarbeitet und anschließend dem Fahrzeugführer angezeigt werden. Dies ermöglicht es dem Empfänger der übertragenen Daten, Veränderungen im Zustand des Reifens zu überwachen, z.B. um Beschädigungen der Reifendes Reifens eines Fahrzeugs zu vermindern oder um Reifenausfall vorherzusagen. Dies ist von besonderem Vorteil bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten, wenn die Umgebung innerhalb eines Reifens am rauesten und die Wahrscheinlichkeit der Beschädigung eines Reifens und, in der Tat, einer Verletzung der Insassen des Fahrzeugs am größten ist.

[0003] Die meisten vorhandenen Reifenüberwachungsvorrichtungen verwenden als Energiequelle eine Batterie, die sich an oder in einem Rad oder Reifen befindet. Solche Anordnungen weisen mehrere unerwünschte Beschränkungen auf, z.B. eine beschränkte Batteriebensdauer der Batterie und die Größe oder das Gewicht, die in einem Reifen untergebracht werden können. Dies kann den weiteren unerwünschten Nebeneffekt haben, dass bei Vorhandensein einer z.B. aufgrund von Gewichtsüberlegungen beschränkten Energiequelle die Anzahl und Häufigkeit von Datenübertragungen, die zur Verarbeitung weitergeleitet werden können, beeinträchtigt werden.

[0004] Die US 6 243 007 offenbart ein Verfahren zur selektiven Steuerung des Energieverbrauchs einer Telemetrieinheit, die eine Energiequelle aufweist, wobei die Einheit einen Mikroprozessor, einen Datenmessschaltkreis und einen Datenübertragungsschaltkreis enthält, und wobei das Verfahren ein Energieverbrauchsprotokoll umfasst, das die aufeinander folgenden Schritte enthält: Initiieren einer Versorgung des Datenmessschaltkreises mit Energie, um Daten aus der örtlichen Umgebung der Einheit zu

messen; Unterbrechen der Versorgung des Datenmessschaltkreises; Initiieren einer Versorgung des Datenübertragungsschaltkreises mit Energie; Übertragen der gemessenen Daten; und Unterbrechen der Versorgung des Datenübertragungsschaltkreises.

[0005] Eine piezoelektrisch angetriebene Telemetrieinheit, die einen Teil eines Reifenüberwachungssystems bildet, ist aus der US 6 175 302 bekannt.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die oben genannten Nachteile zu vermindern oder wesentlich auszuschließen.

[0007] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur selektiven Steuerung des Energieverbrauchs einer Telemetrieinheit bereitgestellt, das die Merkmale des Patentanspruchs 1 aufweist.

[0008] Vorzugsweise werden die gemessenen Daten in dem Mikroprozessor gespeichert, bevor die Versorgung des Datenmessschaltkreises unterbrochen wird.

[0009] In geeigneter Weise ist das Protokoll zyklisch und kann zwischen der Übermittlung von Daten und dem Initiieren der Versorgung des Messschaltkreises einen Schlafmodus enthalten.

[0010] Vorzugsweise initiiert das Protokoll die Versorgung des Datenmessschaltkreises nach einer vorbestimmten Zeit ab dem Unterbrechen der Versorgung des Übertragungsschaltkreises.

[0011] In einer bevorzugten Ausführungsform überwacht der Mikroprozessor die Zeit ab dem Unterbrechen der Versorgung des Übertragungsschaltkreises. Vorzugsweise überwacht der Mikroprozessor die Zeit ab dem Unterbrechen der Versorgung des Übertragungsschaltkreises mittels einer extern referenzierten Uhr.

[0012] Vorzugsweise schaltet der Mikroprozessor nach der vorbestimmten Zeit von der extern referenzierten Uhr auf eine interne Uhr um und kann auf die extern referenzierte Uhr umschalten, nachdem die gemessenen Daten gespeichert wurden.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform verstreicht eine vorbestimmte Zeit zwischen dem Initiieren der Versorgung des Datenmessschaltkreises und dem Messen der Daten. Eine vorbestimmte Zeit kann zwischen dem Initiieren der Versorgung des Datenübertragungsschaltkreises und dem Übertragen der gemessenen Daten verstreichen.

[0014] Vorzugsweise bildet die Telemetrieinheit einen Teil eines Reifenüberwachungssystems.

[0015] Die Erfindung ist von hauptsächlichem Vorteil, wenn sie mit einer Telemetrieereinheit, bei der die Energiequelle ein piezoelektrisches Element ist, verwendet wird, um den Verbrauch der durch das piezoelektrische Element erzeugten kleinen Mengen von Ladung selektiv zu steuern, insbesondere für eine Reifenüberwachungsvorrichtung.

[0016] Die Erfindung wird nun mit beispielhaftem Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, unter denen:

[0017] [Fig. 1](#) eine auseinandergezogene Perspektivansicht einer reifeninternen Energie-/Sensor- oder Telemetrieereinheit mit einem Stromgenerator ist;

[0018] [Fig. 2](#) eine teilweise Querschnittsansicht der in [Fig. 1](#) gezeigten Einheit in montierter Ruheposition ist;

[0019] [Fig. 3](#) eine Perspektivansicht der in [Fig. 2](#) gezeigten Einheit ist;

[0020] [Fig. 4](#) eine schematische Draufsicht der piezoelektrischen Scheibe und Messinghalterung ist, die einen Teil der in [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) gezeigten Einheit bildet;

[0021] [Fig. 5a](#) ein Blockdiagramm ist, das den Zusammenhang zwischen Komponenten des Stromgenerators zeigt;

[0022] [Fig. 5](#) ein Flussdiagramm ist, das die Schritte zeigt, die ein Niederleistungs-Verbrauchsprotokoll gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zur Steuerung des Messens und der Übertragung von Daten aus der in [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) gezeigten Einheit umfasst;

[0023] [Fig. 6](#) eine Perspektivansicht einer weiteren Ausführungsform einer reifeninternen Energie-/Sensor- oder Telemetrieereinheit mit einem Stromgenerator ist;

[0024] [Fig. 7](#) eine auseinandergezogene Perspektivansicht von oben der Einheit aus [Fig. 6](#) ist;

[0025] [Fig. 8](#) eine auseinandergezogene Perspektivansicht von unten der Einheit aus [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) ist;

[0026] [Fig. 9](#) eine Ansicht eines Querschnitts durch die Einheit aus [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#) ist;

[0027] [Fig. 10](#) eine Stirnflächenansicht der Einheit aus [Fig. 6](#) bis [Fig. 9](#) in Gebrauch in einem Luftreifen ist; und

[0028] [Fig. 11](#) eine Seitenansicht der Einheit wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist.

[0029] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) ist eine Stromgenerator-/Sensoreinheit zum Gebrauch in einer Reifenüberwachungsvorrichtung allgemein mit **10** bezeichnet. Die Einheit **10** enthält ein Gehäuse **12**, das als verstärkte Spritzgussverbundstruktur zur Montage in der rauen Umgebung des Fahrzeugluftreifens hergestellt und ausgebildet ist, derselben zu widerstehen. Obwohl das Gehäuse **12** der Beschreibung nach als Verbundgussstruktur hergestellt ist, kann jedes geeignete Material verwendet werden.

[0030] Das Gehäuse **12** hat einen Sockel oder eine Basis **16** mit einem flachen konvexen Außenprofil, in [Fig. 2](#) mit C bezeichnet, zum Verkleben mit einer entsprechend gebogenen inneren Oberfläche eines Fahrzeugreifens. Der Sockel **16** begrenzt eine Kammer, in [Fig. 1](#) mit **18** bezeichnet, mit einer inneren Sockelwand **20**.

[0031] Die Einheit **10** enthält ein piezoelektrisches Element **11** in Form einer piezokeramischen Scheibe **14** mit Radius R, die auf einer unterstützenden Messingscheibe **15** mit einem Radius größer als R befestigt ist. Das Element **11** ist in dem Gehäuse **12** installiert, um elektrische Energie zum Betreiben von Schaltkreisen in der Einheit **10** zu erzeugen.

[0032] Der Sockel **16** des Gehäuses **12** enthält zwei gegenüberliegende Einbuchtungen **22**, von denen eine in [Fig. 1](#) deutlich zu sehen ist, zur Auflagerung eines Teils des Umfangs der Messingscheibe **15**. Bei Auflagerung auf dem Sockel **16** ist der innere Bereich der Messingscheibe **15** um eine kleine Distanz von der Sockelwand **20** abgesetzt. Auf den Sockel **16** ist eine Abdeckung **26** aufgesetzt, die den Anteil des Umfangs der Messingscheibe **15** überlagert, der auf den Einbuchtungen **22** abgestützt ist, so dass die Scheibe entlang zweier Randabschnitte **47** zwischen der Abdeckung **26** und den Einbuchtungen **22** eingespannt ist.

[0033] Eine Kappe **28** ist über der Abdeckung **26** vorgesehen, wobei die Kappe eine mittige Anfor- mung **30** aufweist, die durch eine mittige Öffnung **27** in der Abdeckung **26** hindurchragt.

[0034] Eine gedruckte Leiterplatte (PCB) **32** ist im Gehäuse **12** auf der Kappe **28** befestigt. Wie in [Fig. 5a](#) gezeigt, enthält die Leiterplatte **32** einen Mikroprozessor, einen Hochfrequenz-(HF-) Sender, Druck- und Temperatursensoren umfassende Druck- und Temperatursensorschaltkreise sowie Überwachungs- und Steuerungsschaltkreise, die einen Teil einer Reifenüberwachungsvorrichtung bilden. Die Leiterplatte **32** enthält außerdem einen Gleichrichter zur Umwandlung eines von der piezokeramischen Scheibe **14** abgegebenen Wechselstroms in einen abgegebenen Gleichstrom, ein Energiespeicherelement in Gestalt einer Reihe von Kondensatoren, die die Gleichstromabgabe des Gleichrichters speichern,

bis sie benötigt wird, und einen Gleichstrom-Gleichstrom-Regler, der zur Regelung der Spannungsabgabe der Kondensatoren vorgesehen ist. In der Einheit **10** werden Kondensatoren mit ultraniedrigen Leckverlusten eingesetzt, um interne Leckverluste minimal zu halten und sicherzustellen, dass ein so hoher Prozentsatz der generierten Ladung wie möglich bewahrt wird.

[0035] Die Leiterplatte **32** steht über zwei nicht gezeigte Drähte in elektrischer Verbindung mit der piezokeramischen Scheibe **14** und ist durch eine Vergussmasse **34** auf der Kappe **28** gesichert angeordnet, um die Leiterplatte **32** bei Installation oder Transport sowie vor der rauen Umgebung in einem rotierenden Luftreifen zu schützen. Die Vergussmasse **34** kann von jedem geeigneten Typ sein, ist in dieser Ausführungsform aber ein Zweikomponenten-Epoxyd-Klebstoff.

[0036] Ein Stellglied **36** ist zwischen der piezokeramischen Scheibe **14**, der Abdeckung **26** und der Kappe **28** angeordnet, wobei das Stellglied aus einem angeformten Fuß **38** und einem Schaft **40** besteht. Der Schaft **40** erstreckt sich in die mittige Anformung der Kappe **28** und beinhaltet eine mittige Ausbohrung **42**. Wie in [Fig. 2](#) deutlich zu sehen ist, weist der Fuß **38** eine angeformte verlängerte Ausbuchtung oder Nase **44** auf, die in Berührung mit dem piezokeramischen Element steht. Die Nase **44** erstreckt sich diametral über das piezoelektrische Element **11**, wie in [Fig. 4](#) gekennzeichnet, die die Berührungsfläche **45** der Nase **44** auf dem piezoelektrischen Element **11** und die Abstützungsflächen **47** für die Scheibe **15** auf dem Sockel **16** zeigt. Es sollte ersichtlich sein, dass das piezoelektrische Element **11** im Wesentlichen als ein einfach abgestützter Balken ausgebildet ist, der auf einer Seite durch die Einbuchtungen **22** im Sockel **16** abgestützt wird und auf seiner gegenüberliegenden Seite durch die Nase **44** des Stellglieds **36** berührbar ist.

[0037] Mit der Kappe **28** ist das Stellglied **36** durch eine Schraube **46** verbunden, die durch die Kappe **28** hindurchführt und in der Ausbohrung **42** des Schafts **40** durch Verschrauben gesichert ist. Mit der Abdeckung **26** ist der Sockel **16** durch vier Schrauben **48** verbunden, die durch die Ecken der Sockel **16** führen und in der Abdeckung **26** durch Verschrauben gesichert sind.

[0038] Die Anordnung ist dergestalt, dass das piezoelektrische Element **11** unter dem Einfluss des Stellglieds **36** nach unten (in der Ansicht von [Fig. 2](#)) ausgelenkt werden kann, wie weiter unten ausführlicher beschrieben werden wird. Allerdings ist die maximale Auslenkung des piezoelektrischen Elements **11** beschränkt durch den Abstand zwischen der Unterseite der Messingscheibe **15** und der inneren Sockelwandung **20**, der in den Ausführungsformen von

[Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) bei 0,4 mm angesetzt ist. Daher ist das Element **11** gegen übermäßiges Auslenken geschützt, das anderenfalls die Struktur und das Generierungsvermögen des Elements **11** beschädigen könnte. Die Bewegung des Stellglieds **36** innerhalb des Gehäuses **12** in der umgekehrten Richtung, d.h. senkrecht von der piezokeramischen Scheibe **14** weg, aufwärts in der Ansicht von [Fig. 2](#), ist durch Wandungen **27** der Abdeckung **26** beschränkt. In der Ausführungsform von [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) beträgt zwischen der Oberseite des Fußes **38** des Stellglieds **36** und den Wandungen **27** der Abdeckung **26** der maximale Abstand 0,6 mm, wenn der Stromgenerator **10** in der in [Fig. 2](#) gezeigten Ruheposition ist. Folglich weist in der Ausführungsform von [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) das Stellglied **36** einen maximalen Hub von 1 mm innerhalb des Gehäuses **12** auf. Dieser maximale Hubabstand des Stellglieds **36** innerhalb des Gehäuses **12** ist auf einen vorbestimmten niedrigen Wert festgesetzt, um die piezokeramische Scheibe **14** vor Beschädigung aufgrund von Auslenken und/oder eines Aufpralls des Stellglieds **36** auf der oberen Fläche der piezokeramischen Scheibe **14** in Gebrauch zu schützen. Es ist ersichtlich, dass das Maximum des Stellgliedhubs und der Auslenkung des piezoelektrischen Elements auf jeden zum Schutz der Integrität von Struktur und Ladungsgenerierungsvermögen des piezoelektrischen Elements geeigneten Abstand begrenzt werden kann.

[0039] Die Anordnung der piezokeramischen Scheibe **14** in Verbindung mit den Bauteilen der Leiterplatte **32**, die wie oben beschrieben der piezokeramischen Scheibe **14** zugeordnet sind, sind Teil eines Stromgenerators zur Versorgung der Schaltkreise der Einheit **10** mit Energie.

[0040] Der Betrieb des Stromgenerators soll nun anhand eines Beispiels beschrieben werden, in dem die Einheit **10** in einem Luftreifen auf dem Rad eines Fahrzeugs montiert ist, wobei die äußere Oberfläche des Sockels **16** des Gehäuses **12** mit einem entsprechend bogenförmigen Profil einer inneren Oberfläche des Reifens verklebt ist und die Einheit **10** eine piezokeramische Scheibe **14** jeder geeigneten bekannten Bauart beinhaltet.

[0041] Es ist ersichtlich, dass die mechanische Erregung der Scheibe **14** eine Spannung generiert. Der Effekt ist im Wesentlichen linear, d.h. das generierte elektrische Feld verändert sich proportional zur angelegten mechanischen Belastung und ist richtungsabhängig, so dass Druck- und Zugbelastungen Spannungen entgegengesetzter Polarität generieren.

[0042] In Betrieb wirken die Kappe **28**, die Leiterplatte **32**, die Vergussmasse **34** und das Stellglied **36** auf die Scheibe **14** als eine einzelne Masseneinheit, d.h. Kappe, Stellglied, Schaltkreise und Vergussmasse wirken als eine zusammengesetzte Betätigungs-

masse. Wenn das Rad rotiert, wirken Zentrifugalkräfte auf die Kappe **28**, die Leiterplatte **32** und die Vergussmasse **34**, die das Stellglied **36** radial nach außen in die Richtung des piezoelektrischen Elements **11** treiben. Diese zentrifugale Wirkung auf das Stellglied **36** erzeugt eine Auslenkung des piezoelektrischen Elements **11** von typischerweise zwischen 0,2 bis 0,4 mm in seinem Mittelbereich **45** aus einer Ruhelage bei nicht rotierendem Rad. Da das piezoelektrische Element **11** als ein einfach abgestützter Balken wirkt und die Nase **44** des Stellglieds **36** an der Mittelposition **45** zwischen der Abstützungsfläche für die Messingscheibe **15** in Berührung mit der Scheibe **14** steht, hat die Auslenkung die Form einer gleichmäßigen Biegung der Scheiben **14** und **15** zwischen den beiden Abstützungsflächen **47** der Messingscheibe **15**.

[0043] Da sich das Fahrzeug in Bewegung befindet, ist verständlich, dass die der Einheit **10** benachbarte Außenfläche des Reifens einmal pro Umdrehung des Rades in Berührung mit der Oberfläche kommt, entlang der sich das Fahrzeug fortbewegt. Diese Berührung verformt den der Einheit benachbarten Bereich des Reifens, wobei die Verformung an den Stromgenerator weitergegeben wird, letztendlich in der Form einer Verformung des piezoelektrischen Elements **11** durch das Stellglied **36**. Folglich wird die piezokeramische Scheibe **14** während der Rotation des Rades auf der Straßenoberfläche Veränderungen an mechanischer Erregung ausgesetzt, wobei jede Erregung dazu führt, dass die piezokeramische Scheibe **14** eine Potenzialdifferenz generiert. Dieser Vorgang ist untenstehend mit Bezug auf ein rotierendes Rad **3** dargelegt, beginnend bei einer Stellung, in der sich der der Einheit **10** benachbarte Reifenbereich einer Berührung mit einer Straßenoberfläche nähert.

[0044] Bei rotierendem Rad befindet sich das Stellglied **36** in Berührung mit der piezokeramischen Scheibe **14**, unter zentrifugaler Einwirkung der Kappe **28**, der Leiterplatte **32** und der Vergussmasse **34**, wie oben beschrieben. Die piezokeramische Scheibe **14** erfährt daher eine im Wesentlichen konstante Auslenkung durch die Zentrifugalkräfte, die durch das Stellglied **36** übertragen werden. Wenn sich das Rad weiter dreht, kommt der der Einheit **10** benachbarte Reifenbereich in Berührung mit der Straßenoberfläche und verformt sich. Die Verformung führt zu einer Verzögerung des Reifens im Bereich des Berührungspunkts mit der Straßenoberfläche, was eine plötzliche Verringerung der durch das Stellglied **36** erfahrenen Zentrifugalkräfte, nahezu augenblicklich, im Wesentlichen auf null bewirkt. Diese Änderung der Zentrifugalbeschleunigung bewirkt eine Verringerung der durch die piezokeramische Scheibe **14** erfahrenen Auslenkung unter Wirkung des Stellglieds **36** und generiert einen ersten Impuls elektrischer Ladung, der an die Leiterplatte **32** weitergegeben wird.

[0045] Wenn sich das Rad weiter dreht, erhöht sich die Beschleunigung des Reifens in Nachbarschaft der Einheit **10** plötzlich in dem Moment, in dem der der Einheit **10** benachbarte Reifenbereich sich von der Berührung mit der Straßenoberfläche entfernt, was zu einer sofortigen Vergrößerung der durch das Stellglied **36** erfahrenen Zentrifugalkräfte führt. Folglich bewirkt die zentrifugale Einwirkung des Stellglieds **36**, der Kappe **28**, der Leiterplatte **32** und der Vergussmasse **34** erneut eine Auslenkung der piezokeramischen Scheibe **14**, wie oben beschrieben, was einen zweiten Impuls elektrischer Ladung von dem oben beschriebenen ersten Impuls entgegengesetzter Polarität generiert, der an die Leiterplatte **32** weitergegeben wird.

[0046] Folglich werden während einer einzigen Umdrehung des Rades in schneller Folge zwei Impulse elektrischer Ladung von umgekehrter Polarität generiert, die eine einfache Wechselstromabgabe darstellen. Der Gleichrichter wandelt die Wechselstromabgabe in eine Gleichstromabgabe um, die in den Kondensatoren gespeichert wird, um zur Versorgung der Reifenüberwachungsvorrichtung verwendet zu werden. Bei jeder Umdrehung des Rades wird eine kleine speicherbare elektrische Ladung von typischerweise 5 bis 10 Nanocoulomb generiert.

[0047] Zusätzlich zu der speicherbaren Ladung, die durch Berührung mit der Straßenoberfläche bei jeder Umdrehung des Rades generiert wird, kann die Einheit **10** auch andere Erregungskräfte an das piezoelektrische Element **14** übermitteln, z.B. Beschleunigungen/Auslenkungen, die durch Vibrationen aufgrund von Unebenheiten in der Straßenoberfläche bewirkt werden, oder Umwuchtkräfte auf dem Rad selbst. Wenn die Erregung hinreichend ist, um eine Auslenkung der piezoelektrischen Scheibe **14** zu bewirken, wird eine zusätzliche speicherbare Ladung generiert und in den Kondensatoren gespeichert, wie oben beschrieben.

[0048] Unter manchen Umständen werden die innerhalb eines Fahrzeugreifens auf die Einheit **10** wirkenden Kräfte nicht ausreichen, um, wie oben beschrieben, eine gleichförmige Biegung der piezokeramischen Scheibe **14** zu bewirken. Stattdessen tritt die Verformung am Berührungspunkt mit dem Stellglied und in den diesem unmittelbar benachbarten Bereich in der Form einer örtlichen 'Quetschung' der Struktur der Scheibe **14** auf. Im Betrieb generiert die örtliche 'Quetschung' der Scheibenstruktur ebenfalls eine Potenzialdifferenz über das Element **11** zur Generierung von Ladung im Wesentlichen wie oben beschrieben.

[0049] Die Einheit **10** ist dadurch besonders vorteilhaft, dass die Steuerschaltkreise als eine Betätigungsmasse für das piezoelektrische Element **11** verwendet werden. In der beschriebenen Ausführ-

rungsform verhält sich das Gewicht der Kappe **28**, der Leiterplatte **32** und der Vergussmasse **34** als eine einzige Einheit, um als eine Betätigungsmasse/ein Anreger für die piezokeramische Scheibe **14** zu wirken, ohne dass eine zusätzliche Masse gebraucht würde. Folglich gibt es eine insgesamt Einsparung an Gewicht im Stromgenerator, um örtlichen Verschleiß zu minimieren, den die Einheit **10** in der Nähe des Bereichs jeder Montage in Fahrzeugreifen bewirkt, und somit die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer örtlichen kahlen Stelle im Profil des Reifens zu verringern.

[0050] Die äußere Oberfläche C des Sockels **16** kann ein äußeres Profil zum komplementären Eingriff mit dem inneren Muster eines Fahrzeugreifens beinhalten, um die Auswirkungen örtlichen Verschleißes auf den Reifen im Betrieb weiter einzuschränken.

[0051] Um die von dem Stromgenerator generierten kleinen Mengen von Energie zu nutzen und eine Hilfsbatterie zur Versorgung der Reifenüberwachungsvorrichtung überflüssig zu machen, stellt die Erfindung ein Ultraniederleistungs-Verbrauchsprotokoll zur Steuerung des Verbrauchs von durch die Kondensatoren gespeicherter Energie bereit.

[0052] Der Betrieb einer Reifenüberwachungsvorrichtung soll nun anhand von Beispielen erläutert werden, die die Zustände veranschaulichen, die implementiert sind, um sicherzustellen, dass das optimale Niederleistungsprotokoll verwirklicht wird. Begonnen wird, unter Bezug auf [Fig. 5](#), mit der Überwachungsvorrichtung in einem 'Schlaf'-Zustand. Wie oben erwähnt, umfasst die Reifenüberwachungsvorrichtung eine Einheit **10** mit einem piezoelektrischen Stromgenerator, einem Mikroprozessor, einem Hochfrequenz-(HF)-Sender, Druck- und Temperatursensorschaltkreisen sowie Überwachungs- und Steuerschaltkreisen.

Beispiel 1

Zustand 1

[0053] Der Mikroprozessor ist im 'Schlaf'-Zustand, in dem alle internen Abläufe unterbrochen sind, mit Ausnahme eines Überwachungsschaltkreises zur Überwachung der 'Aufweck'-Bedingungen des Mikroprozessors. In dieser Ausführungsform überwacht der Überwachungsschaltkreis eine extern referenzierte Uhr in der Form eines Quarzoszillators, der sich außerhalb des Mikroprozessors in der Einheit befindet. Folglich sind im Schlafzustand die meisten Mikroprozessorschaltkreise abgeschaltet, und der Energieverbrauch der Reifenüberwachungsvorrichtung ist auf einem minimalen Niveau, z.B. ca. 24 Mikroampere Versorgungsstrom.

Zustand 2

[0054] Nach einer vorbestimmten Zeit, in dieser Ausführungsform 60 Sekunden, 'weckt' der Überwachungsschaltkreis den Mikroprozessor. Nach dem 'Aufwecken' schaltet der Mikroprozessor von der externen Uhr um auf eine interne Uhr in der Form eines Widerstands-Kondensator-Oszillators. Dieses Umschalten ist vorgesehen, um die schnellere Ausführung der Analog-Digital-Umwandlungen und nachfolgenden Berechnungen, die durch die Reifenüberwachungsvorrichtung genutzt werden, zu erleichtern. Das Umschalten initiiert außerdem die Energieversorgung des internen Schaltkreises des Mikroprozessors, was ermöglicht, das Hauptprogramm des Mikroprozessors zu verwenden und den Mikroprozessor in die Lage zu versetzen, in eine Mess- und Steuerphase einzutreten.

Zustand 3

[0055] Sobald der Mikroprozessor 'aufgewacht' ist, wird den Temperatur- und Drucksensorschaltkreisen Energie bereitgestellt. Sodann wird eine vorbestimmte Zeit verstreichen gelassen, in dieser Ausführungsform 0,5 Millisekunden, um ein Stabilisieren der Sensorschaltkreise zu erleichtern, wobei nach dieser Zeit der Mikroprozessor den örtlichen Druck und die örtliche Temperatur innerhalb des Reifens misst. Die Werte werden anschließend im Mikroprozessor gespeichert, und die Energieversorgung der Sensorschaltkreise wird unverzüglich unterbrochen.

Zustand 4

[0056] Die gespeicherten Druck- und Temperaturwerte werden mit einer Sensoridentifikation und einem zyklischen Redundanzprüfwert verkettet, um ein Datenpaket zur Übertragung an eine Empfängereinheit/Anzeigeeinheit im Fahrzeug zu bilden.

Zustand 5

[0057] Der Mikroprozessor schaltet sodann von der internen Uhr zurück auf die externe Uhr. Diese Veränderung wird vorgenommen, um präzise Zeitsignale für die Übermittlung der Daten über die Hochfrequenz-(HF)-Verbindung sicherzustellen, da die externe Uhr eine Quarzkristallzeit-Referenzeinheit ist, die sicherstellt, dass eine höhere absolute Frequenzgenauigkeit erreichbar ist als mit der internen Uhr.

Zustand 6

[0058] Der Mikroprozessor setzt eine Steuerleitung auf ein logisches Hoch von 3 V, was den HF-Sender aktiviert und auf diese Weise veranlasst, einen Hochfrequenzträger auszusenden. Eine Stabilisierungszeit von annähernd 1 Millisekunde verstreicht sodann, um die Stabilisierung der Komponenten des

HF-Senders vor der Übermittlung von Daten von der Leiterplatte **32** zu erleichtern. Ein Pseudo-Binärmuster, das zum Treiben einer Hochfrequenz-Datenabtrennstufe verwendet wird, wird sodann mit der Sensoridentifikation und dem zyklischen Redundanzprüfwert zur Übermittlung verkettet. Die zu übermittelnden Daten werden sodann auf eine Funkwelle von 433 MHz zur Übertragung an die Empfängereinheit frequenzmoduliert.

Zustand 7

[0059] Die Daten werden übertragen und die Energieversorgung des HF-Senders wird unverzüglich gesperrt, wobei an diesem Punkt der Mikroprozessor sodann wieder in den 'Schlaf-Modus' eintritt.

[0060] Durch Nutzung des in Zustand 1 bis 7 des obigen Beispiels beschriebenen Niederleistungsprotokolls nutzt die Reifenüberwachungsvorrichtung folglich nur eine minimale Menge an Energie aus dem Stromgenerator, um einen Messwert des örtlichen Drucks und der örtlichen Temperatur innerhalb des Reifens zu übermitteln. Nach der Benutzung verbleibt der Mikroprozessor für einen vorbestimmten Zeitabschnitt im Schlafmodus, wie oben in Zustand 2 erwähnt, während die in den Kondensatoren gespeicherte Energie durch Erregung der piezokeramischen Scheibe **14** wieder aufgeladen wird, wie anhand von [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) beschrieben. Durch Nutzen eines fortlaufenden Zyklus der Zustände 1 bis 7 ist die Reifenüberwachungsvorrichtung folglich in der Lage, die örtlichen Verhältnisse des Reifens zu überwachen, wobei sie die durch die piezokeramische Scheibe **14** generierten kleinen elektrischen Ladungen nutzt, ohne eine Hilfsbatterieversorgung zu benötigen. Die fortlaufenden Zyklen sind von Vorteil während normaler Betriebsbedingungen des Reifens, wodurch jedwede Veränderungen von Reifendruck oder -temperatur, die ein mögliches Problem oder Versagen des Reifens anzeigen könnten, überwacht werden können, um z.B. ein Platzen zu vermeiden. Dies ist von besonderem Vorteil bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten.

[0061] Vornehmlich gibt es im Protokoll für die Telemetrieinheit eine dreiseitige Wechselbeziehung kritischer Faktoren, zwischen der Ladungsgenerierungsfähigkeit des piezoelektrischen Elements, der Ladungsspeichergröße und -effizienz sowie der von der Sendereinschaltdauer bestimmten Zuverlässigkeit des HF-Senders. Für einen gegebenen Typ von piezoelektrischem Element gibt es eine optimale Ladungskapazität für den Stromgenerator und eine optimale Übertragungszeit für den HF-Sender. Das piezoelektrische Element muss eine hinreichende Ladungsgenerierung die Impedanz der Speicherkondensatoren überwinden lassen, und die Kondensatoren müssen hinreichend Kapazität besitzen, um die zur Ausführung des Messungs-/Übertragungszyklus

benötigte Ladung aufzunehmen. Die Einschaltdauer des HF-Senders, d.h. wenn der Sender aktiviert ist und sendet, muss zwischen einer maximalen Dauer, innerhalb derer es hinreichend Ladung gibt, um die Daten vor Erschöpfung des Energiespeichers zu übermitteln, und einer minimalen Dauer, unterhalb derer die Zuverlässigkeit der HF-Verbindung nachteilig beeinflusst wird, optimiert werden. Wenn die Sendedauer über die optimale Dauer hinaus erhöht wird, reduziert sich bei gegebener Kapazität die effektive Häufigkeit von Datenübermittlungen.

[0062] Die an die fahrzeuginterne Empfangseinheit übermittelten Daten werden dem Fahrer des Fahrzeugs auf der Anzeigeeinheit für die oder jede Sensoreinheit der Reifenüberwachungsvorrichtung bezüglich der einzelnen Räder des Fahrzeugs angezeigt. Die Anzeigeeinheit informiert den Fahrer über die Daten visuell und/oder durch akustische Mittel, z.B. eine Verbindung zur Tonanlage im Fahrzeug.

[0063] Jeder Reifen/jedes Rad des Fahrzeugs ist durch ein individuelles Identifikationszeichen markiert, das sich auf einen innerhalb dieses Reifens befindlichen spezifischen Sensor bezieht. Dieses Identifikationszeichen wird, in Verbindung mit den Daten des Sensors in dem Reifen, auch auf der Anzeigeeinheit dargestellt. Falls das Rad an eine andere Position am Fahrzeug bewegt wird, kann es stets der betreffenden Information auf der Anzeigeeinheit zugeordnet werden. Geeignete Identifikationszeichen sind u.a. farbcodierte Symbole und alphanumerische Symbole. Jeder Sensor hat eine eigene elektronische Seriennummer, die zur Förderung der Sicherheit der Funkübertragungsdaten verwendet werden kann. Die eigene elektronische Seriennummer kann auch als eine elektronische Kennzeichnung zu Zwecken der Sicherheit und Fälschungsbekämpfung wirken.

[0064] Mit Bezug auf die bevorzugte Ausführungsform des Stromgenerators wurde beschrieben, dass mit jeder Umdrehung des Fahrzeuggrads durch das piezoelektrische Element eine speicherbare elektrische Ladung generiert wird. Daher ist es ersichtlich, dass die Generierung von Ladung zu der Geschwindigkeit proportional ist, mit der sich das Fahrzeug fortbewegt. In dem obigen Beispiel des Energieverbrauchsprotokolls wird die Zeitverzögerung zwischen einer Übertragung von Daten aus der Reifenüberwachungsvorrichtung und dem "Aufwecken" des Mikroprozessors zum Messen und Übertragen eines weiteren Messwerts auf einen vorbestimmten Wert gesetzt. In einem sich langsam bewegenden Fahrzeug ist die innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer generierte und gespeicherte elektrische Ladung geringer als die, die in einem Fahrzeug generiert und gespeichert würde, das sich während der gleichen Zeitdauer mit einer größeren Geschwindigkeit fortbewegt. Daher wird die Pausenzeit zwischen dem "Auf-

wecken" des Mikroprozessors auf einen vorbestimmten, derart ausgewählten Wert gesetzt, dass eine elektrische Ladung generiert und gespeichert wird, die für die Messung und Übertragung der Parameter eines Reifens an einem sich langsam, z.B. mit 25 km/h bewegendem Fahrzeug ausreicht.

[0065] Allerdings erhöht sich bei einer Erhöhung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs die Generierungsrate elektrischer Ladung ebenfalls. Deutlich verringert sich die Zeitdauer, die zur Generierung von hinreichend elektrischer Ladung benötigt wird, um es dem Reifenüberwachungssystem zu ermöglichen, die Reifenparameter zu messen und zu übertragen.

[0066] Um sich dies zunutze zu machen, kann das oben beschriebene Niederleistungsprotokoll modifiziert werden, so dass der Mikroprozessor aus seinem Schlafmodus in auf eine Funktion der Geschwindigkeit des Fahrzeugs oder des Zustands der in den Kondensatoren gespeicherten elektrischen Ladung bezogenen Zeitabständen "aufgeweckt" wird, was ermöglicht, die Übertragung von Daten im Verhältnis zur Geschwindigkeit des Fahrzeugs zu variieren.

[0067] Das folgende Beispiel zeigt eine bevorzugte Betriebsart, in der die Übertragungsraten von Daten aus der Reifenüberwachungsvorrichtung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs proportional ist, wobei mit dem Überwachungssystem in einem im Wesentlichen wie in Beispiel 1 beschriebenen "Schlaf"-Modus begonnen wird.

Beispiel 2

Zustand 1

[0068] Indem das Rad rotiert, werden durch den Stromgenerator speicherbare Energieausstöße erzeugt, und zwar einer pro Umdrehung, wie oben beschrieben. In diesem Beispiel wird diese Eigenschaft des Stromgenerators verwendet, um die Geschwindigkeit des Fahrzeugs und/oder den Ladungszustand der Kondensatoren zu überwachen. Ein kleiner Anteil jedes speicherbaren Energieausstoßes wird einer Signalaufbereitung unterzogen, um falsche Energieauslöseimpulse zu berücksichtigen, die während der Rotation des Rades durch die piezoelektrische Scheibe **14** aufgenommen werden könnten, z.B. durch Vibrationen aufgrund von Unebenheiten in der Straßenoberfläche verursachte Beschleunigungen/Auslenkungen. Das aufbereitete Signal wird dann einem Unterbrechungsschaltkreis im Mikroprozessor zugeführt, der den Mikroprozessor für einen Moment aus seinem Schlafzustand weckt und einen Zähler im Mikroprozessor erhöht. Der Mikroprozessor kehrt anschließend unverzüglich in den Schlafzustand zurück.

Zustand 2

[0069] Sowohl die pro Umdrehung des Rades durchschnittlich generierte Ladung als auch der zur Messung und Übertragung von Daten aus der Einheit **10** hinreichende Wert gespeicherter Ladung sind bekannt. Folglich kann die Zahl von "Unterbrechungen" oder Erhöhungen des Zählers berechnet werden, die die Kondensatoren benötigen, um eine zur Messung und Übertragung von Daten aus der Vorrichtung hinreichende Ladung zu speichern. Daher kann der Mikroprozessor so eingestellt werden, dass er nach einer vorbestimmten Zahl von Umdrehungen des Rades, z.B. 50 Umdrehungen, "aufwacht", im Wesentlichen so wie in Zustand 2 von Beispiel 1 beschrieben. An diesem Punkt wird die Versorgung der internen Schaltkreise des Mikroprozessors initiiert, was erlaubt, das Hauptprogramm des Mikroprozessors zu nutzen und den Mikroprozessor zu befähigen, in eine Messungs- und Steuerungsphase einzutreten.

[0070] Die interne Uhr des Mikroprozessors überwacht die zum Vollführen der vorbestimmten Zahl von Umdrehungen aufgewandte Zeit. Folglich kann aus der verstrichenen Zeit und der zurückgelegten Entfernung, die einer Querverweistabelle mit auf den Durchmesser des Rades bezogenen Daten entnommen wird, ein Wert der Durchschnittsgeschwindigkeit des Fahrzeuges während des Zeitabschnitts berechnet werden.

Zustand 3

[0071] Wie in Beispiel 1 beschrieben wird den Temperatur- und Drucksensorschaltkreisen Energie zugeführt, sobald der Mikroprozessor 'aufgewacht' ist. Eine vorbestimmte Zeit, z.B. 500 Mikrosekunden, wird sodann verstreichen gelassen, um eine Stabilisierung der Sensorschaltkreise zu erleichtern, wobei nach dieser Zeit der Mikroprozessor den örtlichen Druck und die örtliche Temperatur im Reifen misst. Anschließend werden die Werte in den Mikroprozessor gespeichert und die Versorgung der Sensorschaltkreise unverzüglich unterbrochen.

Zustand 4

[0072] Die gespeicherten Druck- und Temperaturwerte werden mit einer Sensoridentifikation und einem zyklischen Redundanzprüfwert, wie in Zustand 4 von Beispiel 1 beschrieben, sowie mit dem in Zustand 2 berechneten Geschwindigkeitswert verkettet.

[0073] Weiter werden sodann Zustand 5 bis 7 wesentlich so ausgeführt, wie mit Bezug auf Zustand 5 bis 7 des vorstehenden Beispiels beschrieben.

[0074] Da die Geschwindigkeit der Datenübertragungen der Geschwindigkeit des Fahrzeugs proportional ist, stellt diese Betriebsart eine erhebliche Si-

cherheitsverbesserung gegenüber bekannten Reifenüberwachungsvorrichtungen bereit, insofern die Information in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit regelmäßig übertragen und aktualisiert wird. Dies ist von besonderem Vorteil, da ein Totalversagen eines Reifens mit höherer Wahrscheinlichkeit und unter Umständen größeren Folgen bei hoher Fahrzeuggeschwindigkeit auftritt. Die Einheit **10** wird bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten häufiger aktualisiert als bei niedrigeren Geschwindigkeiten, wodurch sie z.B. durch Warnen des Fahrers bei einer Entleerung der Fahrzeugsreifen die Fahrzeugsicherheit erhöht.

[0075] Eine weitere Ausführungsform einer Energie-/Sensor- oder Telemetrieinheit, die wesentlich der oben beschriebenen Einheit **10** entspricht, ist in [Fig. 6](#) bis [Fig. 11](#) mit **100** bezeichnet.

[0076] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, beinhaltet die Einheit **100** ein Gehäuse **112**, das aus einem Sockelabschnitt **116** und einer auf den Sockelabschnitt **116** montierten Kappe **128** besteht. Das Gehäuse **112** ist trennbar auf einem elastischen Sockel oder einer Basis **151** aus einem Gummi oder irgendeinem anderen geeigneten Material befestigt. Zum einrastenden Eingriff mit Ausbildungen **117** am Sockelabschnitt **116** des Gehäuses **112** ist an der Basis **151** ein Paar elastischer Klemmbügel **153** drehbar vorgesehen. Die Einheit **100** kann durch Entklemmen der Bügel **153** aus ihrem Eingriff mit den Ausbildungen **117** einfach von der Basis **151** abgenommen werden, z.B. für eine Reparatur oder Installation in einem anderen Reifen mittels einer neuen Basis **151**.

[0077] Die Basis **151** ist dazu ausgebildet, wie in [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) gezeigt, dauerhaft an einer inneren Oberfläche **159** eines Reifens befestigt zu werden, und kann nach Gebrauch mit dem Reifen entsorgt werden. In der Basis **151** sind zwei Luftkanäle **155** vorgesehen, die die zweifache Funktion haben, in Betrieb Luftbewegung um die Einheit **100** zuzulassen und eine Basis hinreichender Flexibilität bereitzustellen, so dass Schutz und Schwingungsdämpfung für die inneren Bestandteile der Einheit **100** erleichtert und gleichzeitig die Verformung des Reifens während der Rotation an die inneren Bestandteile der Einheit **100** weitergegeben wird.

[0078] Die Basis **151** ist im Wesentlichen elliptisch und hat eine größere Oberfläche als der Sockelabschnitt **116** des Gehäuses **112**. Die Form und Größe der Basis **151** sind zur Verteilung der Last der Einheit **100** auf einen Reifen ausgelegt, um nachteiligen Reifenverschleiß im Bereich der Einheit **100** zu verringern, der anderenfalls erwartet werden kann, wenn eine örtlich begrenzte Masse auf der Innenseite eines Reifens angeordnet wird, wobei die Masse der Einheit **100** im Bereich zwischen 30 und 50 Gramm liegt.

[0079] Mit Bezug speziell auf [Fig. 7](#) bis [Fig. 9](#) sollen nun die innere Anordnung des Gehäuses **112** und die inneren Bestandteile der Einheit **100** beschrieben werden.

[0080] Die Einheit **100** beinhaltet ein auf einer unterstützenden Messingscheibe **115** angebrachtes piezoelektrisches Element **114**, im Wesentlichen wie mit Bezug auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) beschrieben. Der Sockelabschnitt **116** des Gehäuses **112** begrenzt ein Fach **118**, das durch eine Unterseitenwandung **120** und eine Umfangswandung **121** gebildet wird. Bei Abstützung auf den Sockelabschnitt **116** ist der mittlere Abschnitt der Messingscheibe **115** von der Unterseitenwandung **120** beabstandet. In dieser Ausführungsform sind zum Eingriff mit dem Rand der Messingscheibe **115** sich über einen Abschnitt der Einbuchtungen **122** erstreckende Nasen **123** vorgesehen, um die Messingscheibe **115** und damit das piezoelektrische Element **114** auf dem Sockelabschnitt **116** festzuhalten.

[0081] Die Einheit **100** beinhaltet ein einteilig geformtes Stellglied **136**, das eine Kammer **137** begrenzt und beweglich im Gehäuse **112** angebracht ist. Eine gedruckte Leiterplatte oder eine Leiterplatte (nicht gezeigt), die der mit Bezug auf die Ausführungsform von [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) beschriebenen Leiterplatte **32** entspricht, ist in der Kammer **137** angebracht. Die Leiterplatte steht mit der piezokeramischen Scheibe **114** über Drähte (nicht gezeigt) in Verbindung, die durch eine Öffnung **139** im Boden der Kammer **137** führen. Die Leiterplatte ist auf dem Stellglied **136** durch eine Vergussmasse (nicht gezeigt), die die Leiterplatte während Installation oder Transport der Einheit **100** wie auch vor der rauen Umgebung innerhalb eines rotierenden Luftreifens im Betrieb schützt, gesichert befestigt.

[0082] Ein verlängerter Vorsprung oder eine Nase **144** ist an der Unterseite des Stellglieds **136** ausgebildet, wie in [Fig. 8](#) zu sehen. In einer gewöhnlichen Ruheposition im Gehäuse **112** befindet sich die Nase **144** in Berührung mit der piezokeramischen Scheibe **114**, wie in [Fig. 9](#) zu sehen. In der Ruheposition ist die Unterseite des Stellglieds **136** von einer inneren Oberfläche **141** des Sockelabschnitts **116** um eine Distanz von ungefähr 0,3 mm beabstandet.

[0083] Im Betrieb wird das piezoelektrische Element **114** unter Einwirkung der Betätigungsmasse in Richtung der Unterseitenwandung **120** ausgelenkt, weswegen es einzusehen ist, dass die maximale Auslenkung auf ungefähr 0,3 mm beschränkt ist, da der Rand des Stellglieds **136** in Berührung mit der inneren Oberfläche **141** kommt. Diese maximale Auslenkung ist beschränkt, um das piezoelektrische Element **114** vor übermäßigem Biegen zu schützen, und kann jede geeignete Entfernung betragen, z.B. zwischen 0,2 und 0,5 mm. Es ist einzusehen, dass mit

dem Stellglied **136** die Bestandteile der Leiterplatte und die Vergussmasse Teil einer Betätigungsmasse zur Anregung des piezoelektrischen Elements bilden.

[0084] Das Gehäuse **112** ist aus Kunststoff spritzgegossen und ausgebildet, der rauen Umgebung in einem Fahrzeugauffahrfeld zu widerstehen. Die piezokeramische Scheibe **114**, das Stellglied **136** und die Steuerschaltkreisausgestaltung sind daher Teil eines Stromgenerators.

[0085] Die Einheit **100** funktioniert wesentlich auf dieselbe Weise wie die Einheit **10**, wie oben beschrieben, weswegen der Betrieb der Einheit **100** nicht in maßgeblichen Einzelheiten beschrieben wird.

[0086] Zusammenfassend ist einzusehen, dass die Einheiten **10**, **100** jeweils als eine Telemetrieinheit dienen, die in der Lage ist, auf Bedingungen im Reifen im Bereich der Einheit bezogene Daten zu messen und zu übertragen.

[0087] Die Idee, eine reifeninterne Telemetrieinheit an der inneren Oberfläche eines Reifens mittels einer opferbaren Basis **151** zu befestigen, der dauerhaft an den Reifen geklebt werden kann, ist nicht auf die Anwendung mit Einheiten beschränkt, die wie oben beschrieben einen piezoelektrischen Stromgenerator aufweisen. Der Fuß kann mit jeder geeigneten Telemetrieinheit verwendet werden. Entsprechend kann die Anmelderin unabhängigen Patentschutz für diese Idee beanspruchen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur selektiven Steuerung des Energieverbrauchs einer piezoelektrisch angetriebenen Telemetrieinheit, wobei die Telemetrieinheit (**10**) einen Teil eines Reifenüberwachungssystems bildet und einen piezoelektrischen Generator aufweist, der eine Speichervorrichtung zum Speichern von durch den piezoelektrischen Generator (**11**) generierter Ladung enthält, wobei die Einheit weiterhin einen Mikroprozessor, einen Datenmessschaltkreis und einen Datenübertragungsschaltkreis enthält, und wobei das Verfahren ein Energieverbrauchsprotokoll zur Regelung des Verbrauchs von Energie aus dem piezoelektrischen Generator (**11**) umfasst, das die aufeinander folgenden Schritte enthält:
Initiieren einer Versorgung des Datenmessschaltkreises mit Energie aus dem piezoelektrischen Generator, um Daten aus der örtlichen Umgebung der Einheit zu messen;
Unterbrechen der Versorgung des Datenmessschaltkreises;
Initiieren einer Versorgung des Datenübertragungsschaltkreises mit Energie aus dem piezoelektrischen Generator;
Übertragen der gemessenen Daten;
Unterbrechen der Versorgung des Datenübertra-

gungsschaltkreises;
wobei das Protokoll weiterhin einen Schlafmodus enthält, dessen Dauer in Abhängigkeit von der in der Speichervorrichtung gespeicherten Ladungsmenge oder von der Geschwindigkeit der Generierung elektrischer Ladung durch den Generator (**11**) verändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Protokoll zyklisch ist, so dass der erste Protokollschritt des Initiierens der Versorgung des Datenmessschaltkreises nach jeder Übertragung gemessener Daten ausgeführt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2 wobei die gemessenen Daten in dem Mikroprozessor gespeichert werden, bevor die Versorgung des Datenmessschaltkreises unterbrochen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, wobei das Protokoll die Versorgung des Datenmessschaltkreises nach einer vorbestimmten Zeit ab dem Unterbrechen der Versorgung des Übertragungsschaltkreises initiiert.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Mikroprozessor die Zeit ab dem Unterbrechen der Versorgung des Übertragungsschaltkreises überwacht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Mikroprozessor die Zeit ab dem Unterbrechen der Versorgung des Übertragungsschaltkreises mittels einer extern referenzierten Uhr überwacht.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Mikroprozessor nach der vorbestimmten Zeit von der extern referenzierten Uhr auf eine interne Uhr umschaltet.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wenn abhängig von Anspruch 5, wobei der Mikroprozessor auf die extern referenzierte Uhr umschaltet, nachdem die gemessenen Daten gespeichert wurden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen dem Initiieren der Versorgung des Datenmessschaltkreises und dem Messen der Daten eine vorbestimmte Zeit verstreicht.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen dem Initiieren der Versorgung des Datenübertragungsschaltkreises und dem Übertragen der gemessenen Daten eine vorbestimmte Zeit verstreicht.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

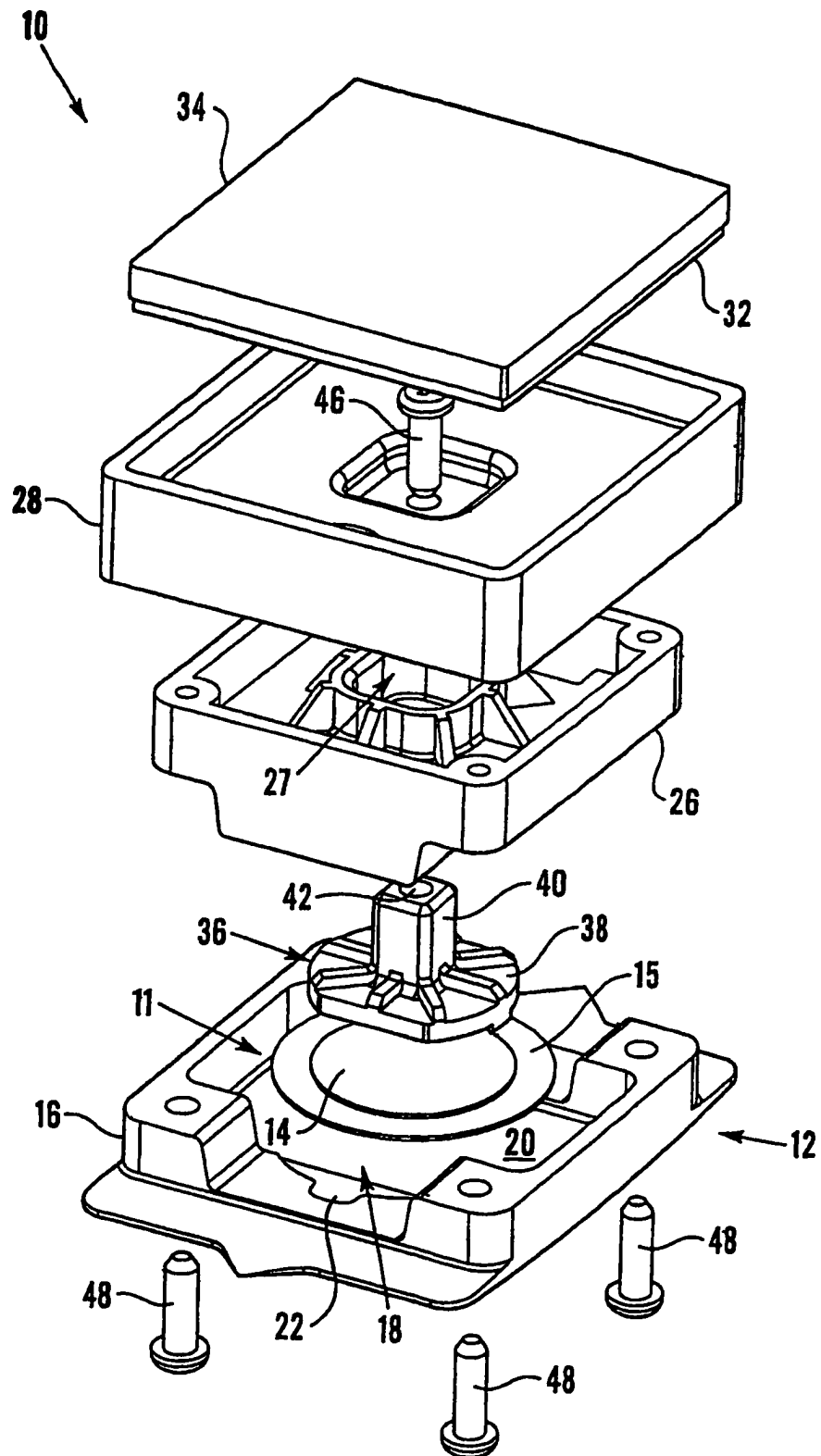


Fig. 1

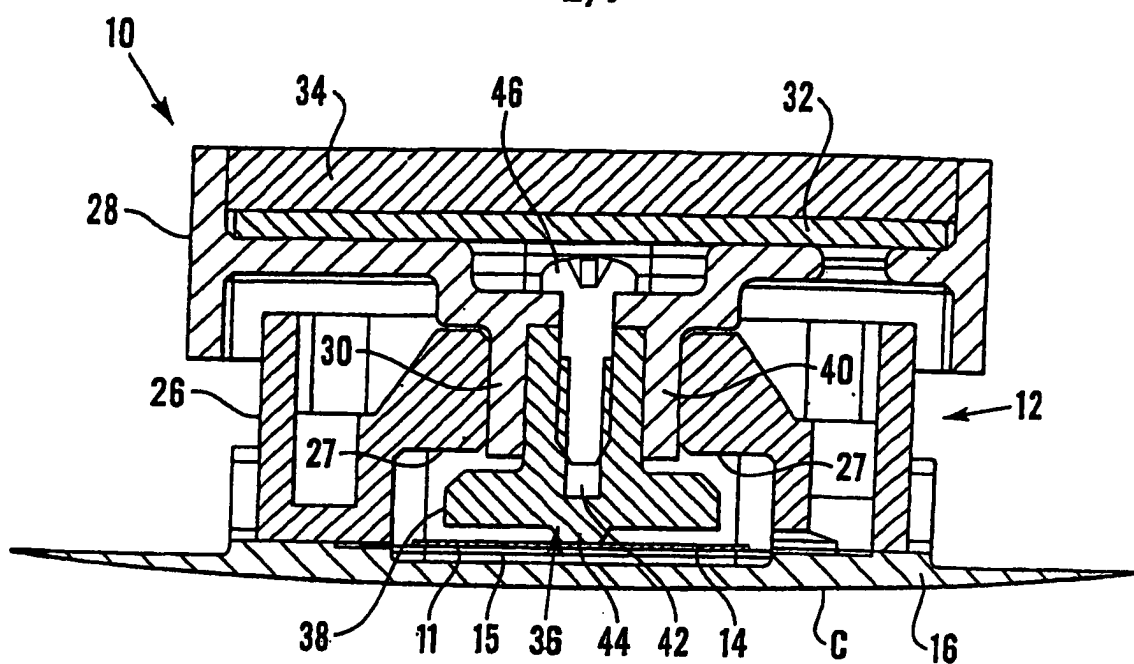


Fig. 2

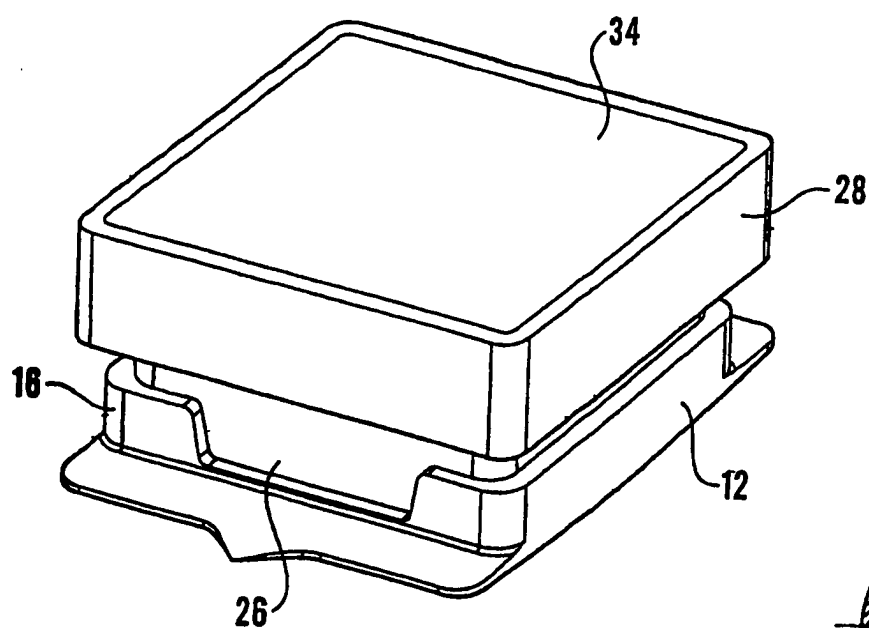


Fig. 3

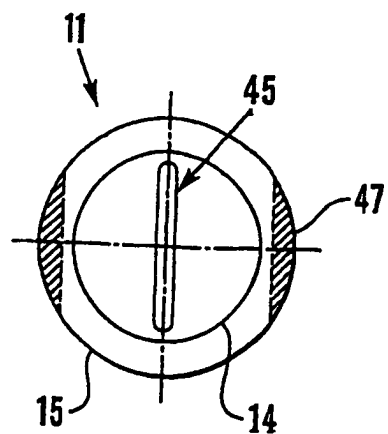


Fig. 4

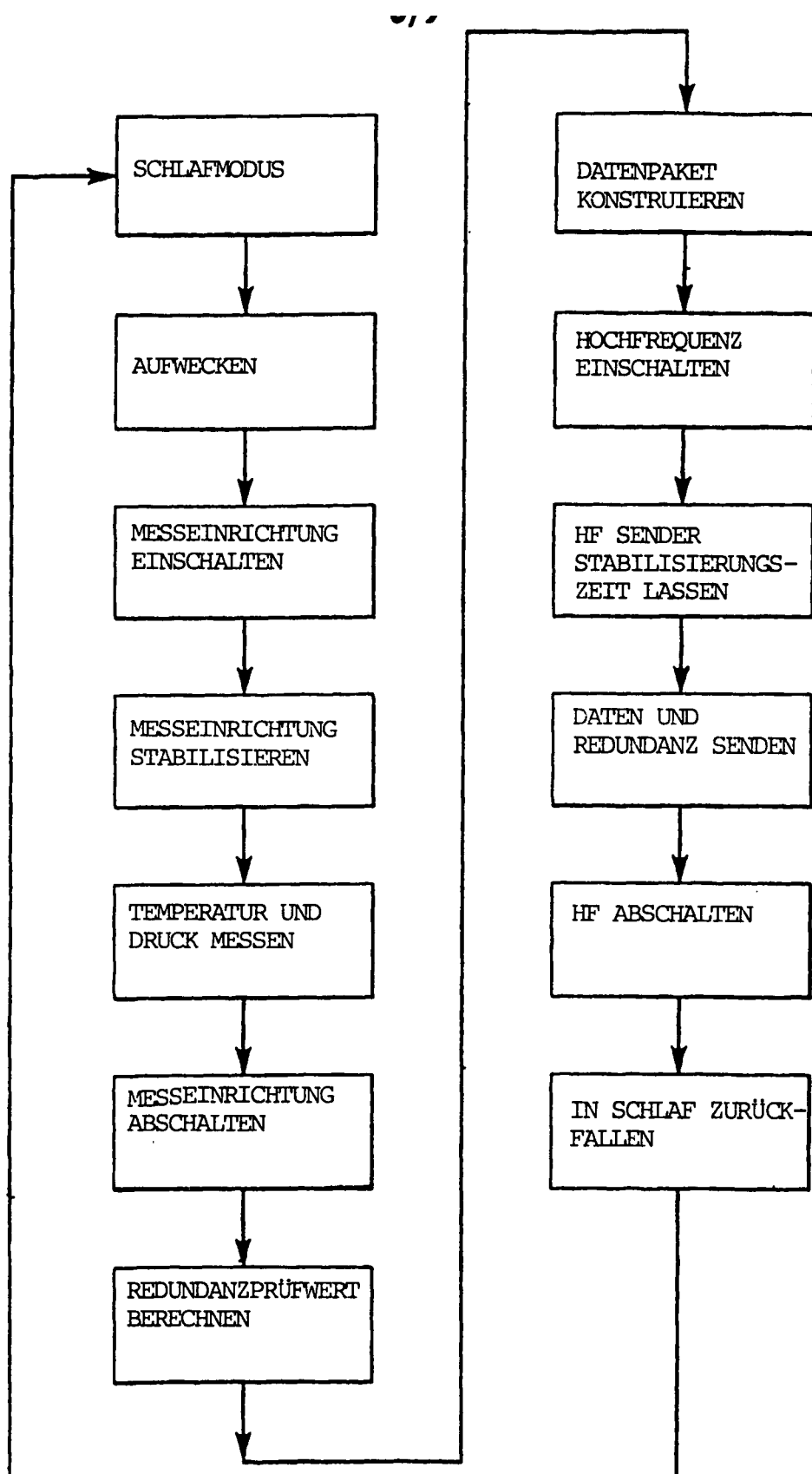


Fig.5

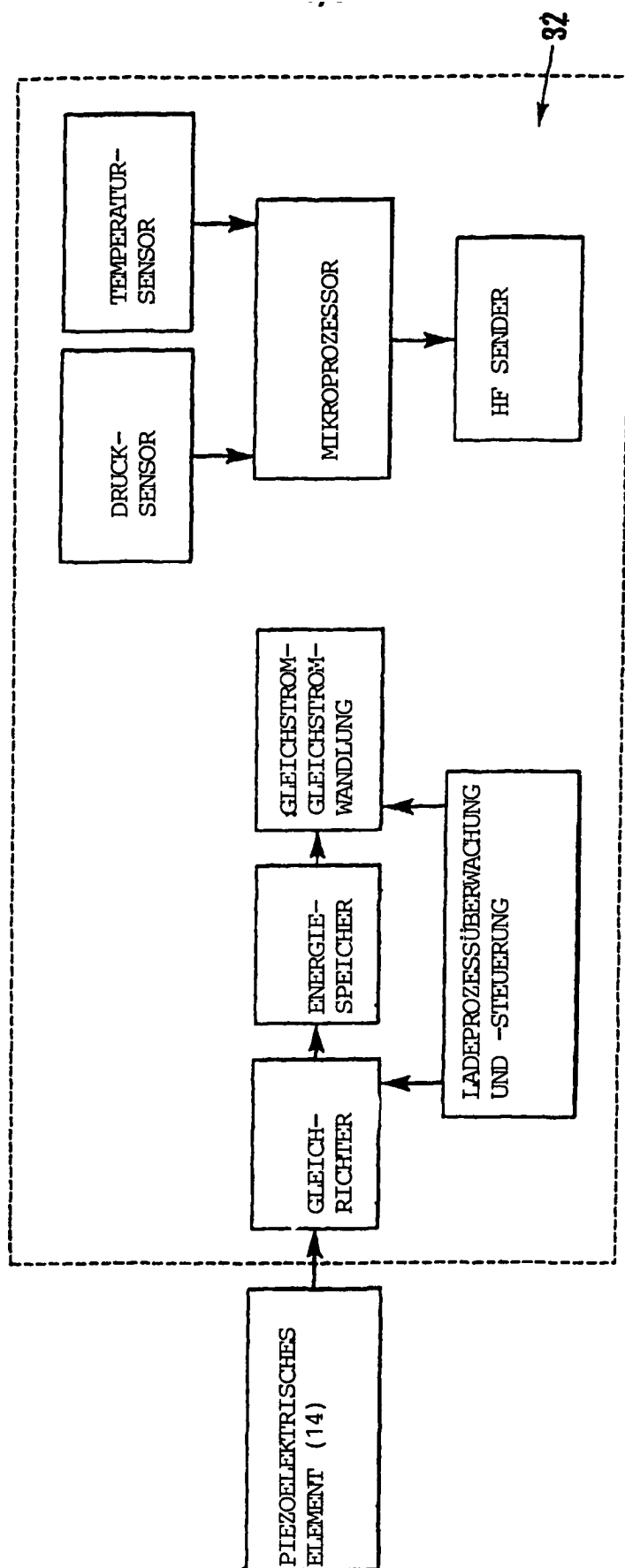


Fig.5a

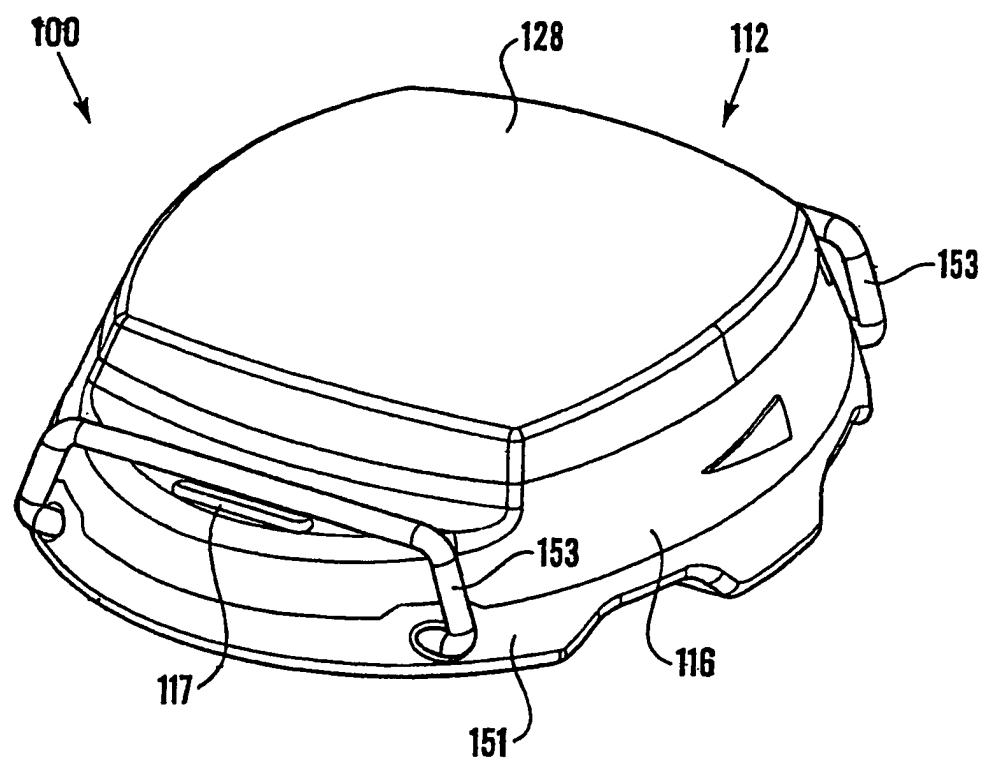


Fig.6

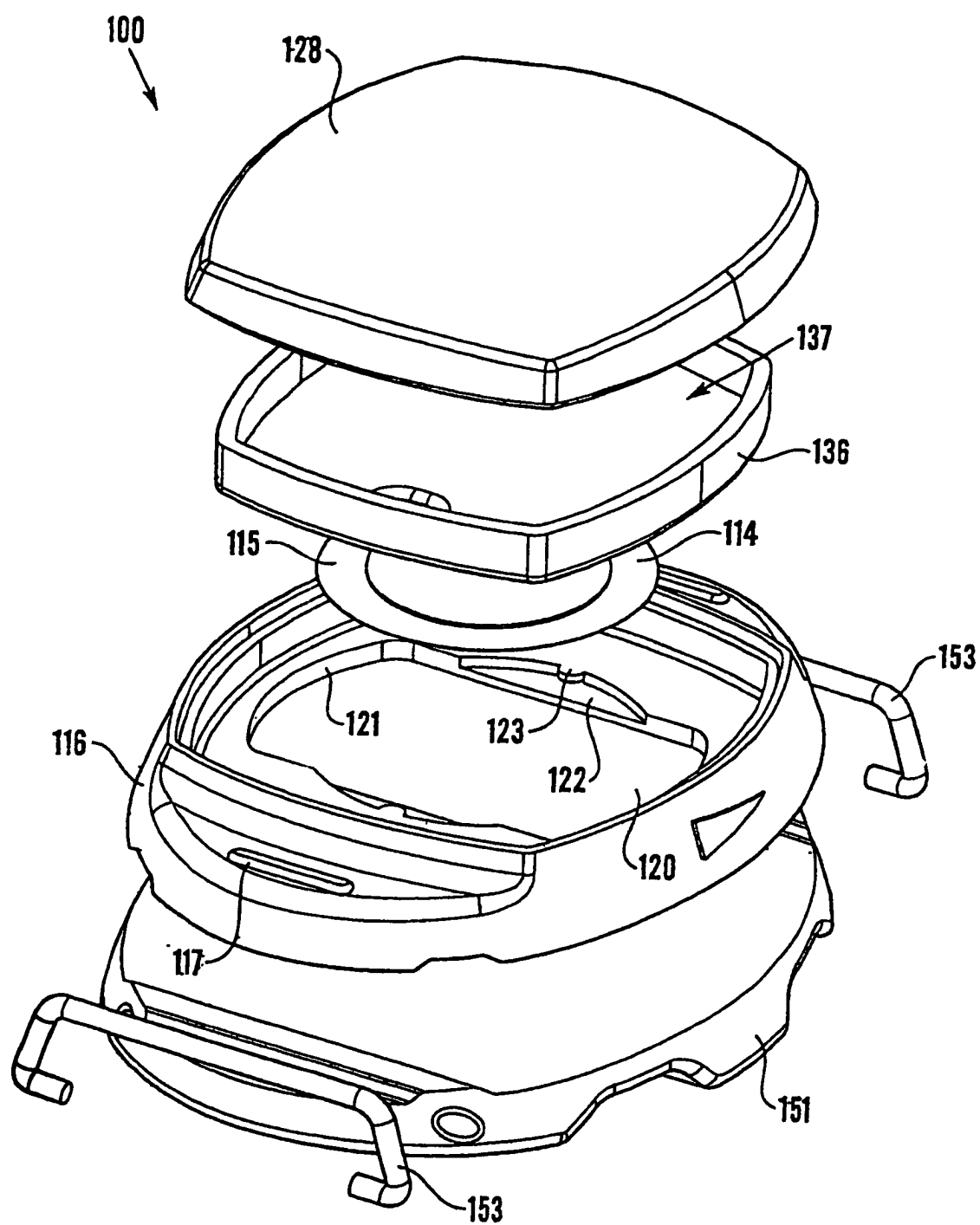


Fig.7

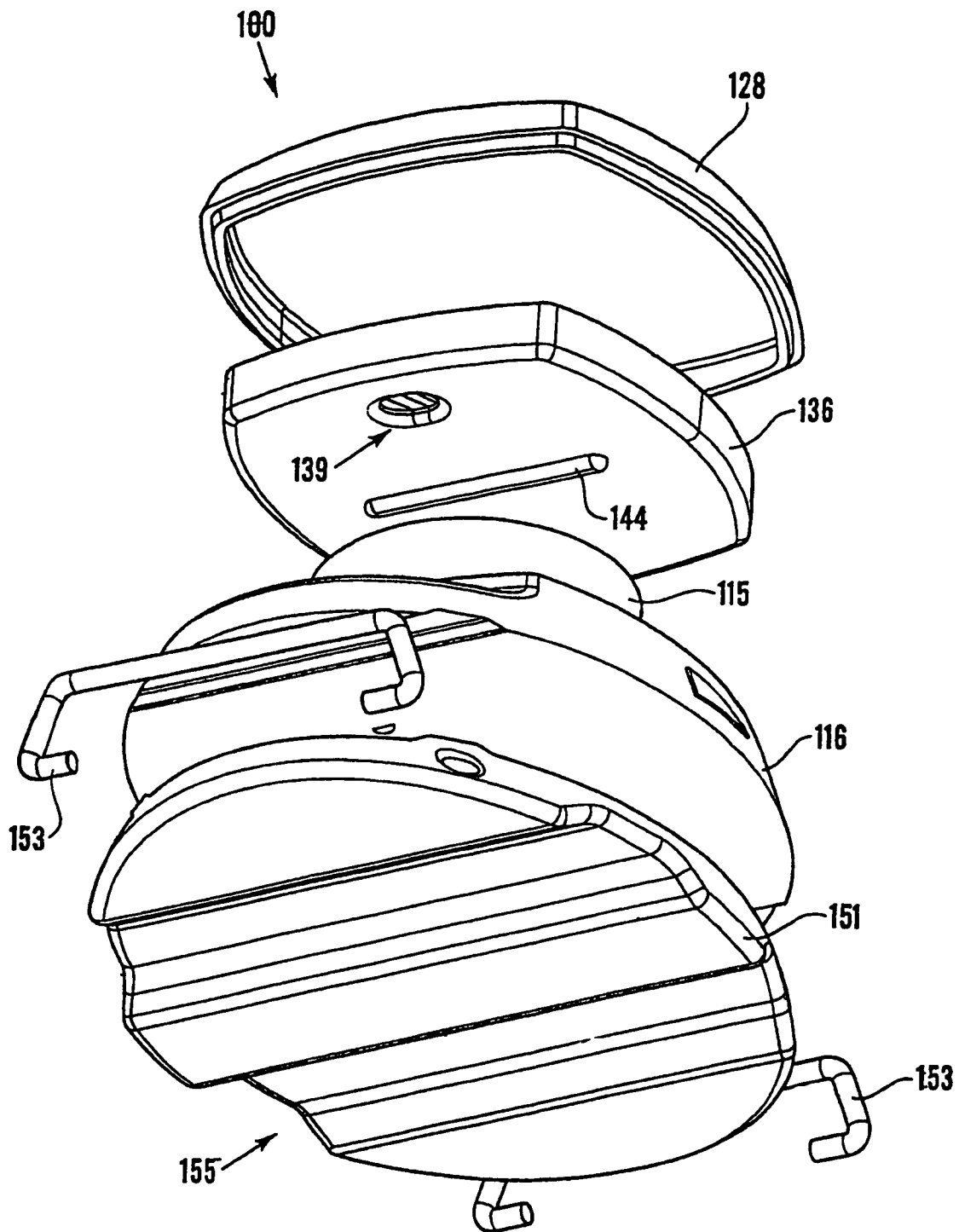


Fig.8

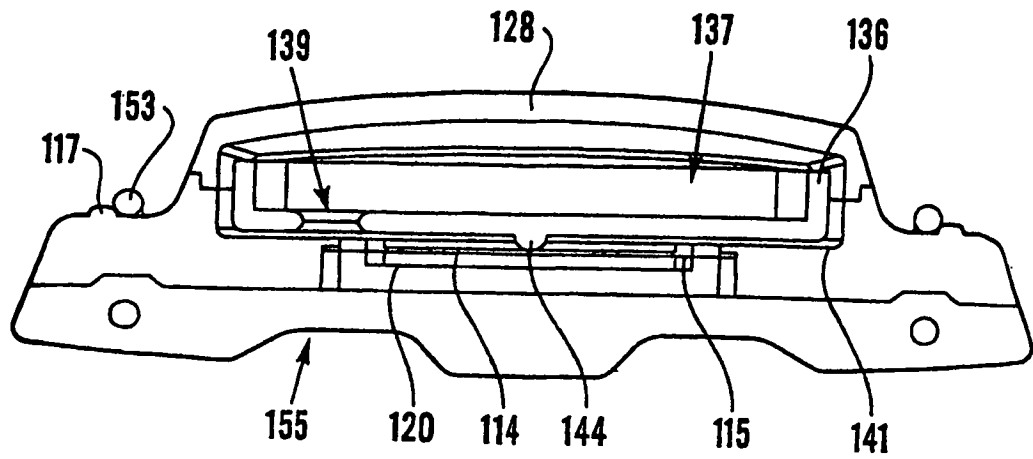


Fig. 9

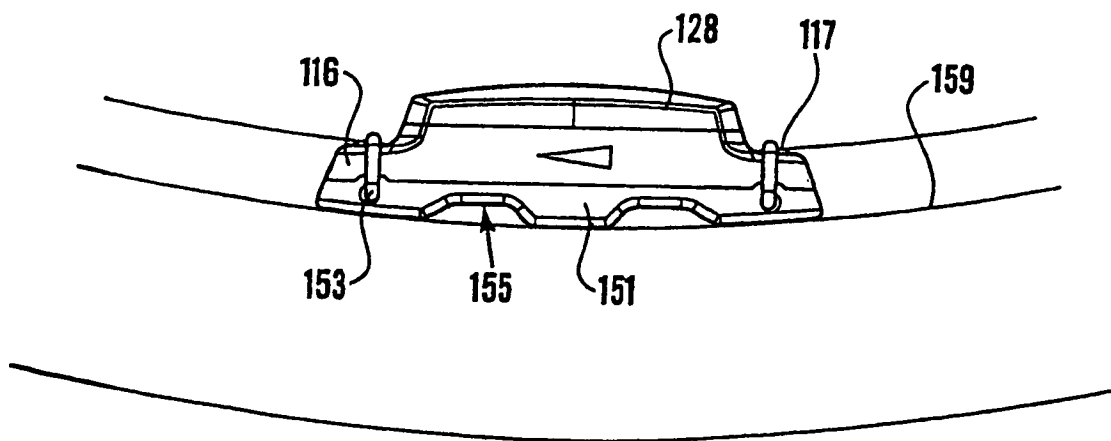


Fig. 10

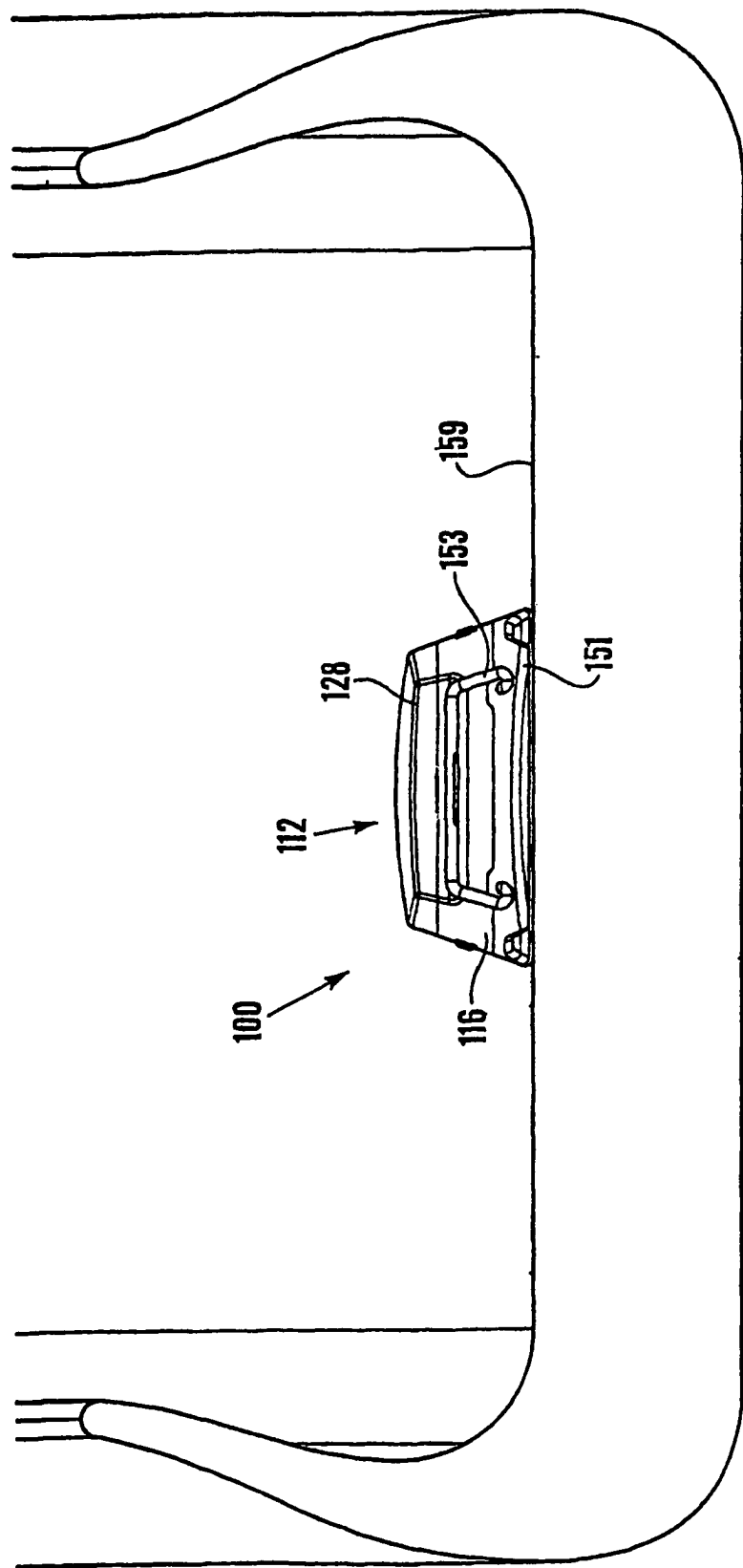


Fig. 11