

(19)



(11)

EP 1 134 840 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.10.2017 Patentblatt 2017/40

(51) Int Cl.:
H01Q 7/00 (2006.01) H01Q 1/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **01103315.6**

(22) Anmeldetag: **13.02.2001**

(54) **Antenne**

Antenna

Antenne

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR LI

(30) Priorität: **06.03.2000 DE 10010936**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.09.2001 Patentblatt 2001/38

(73) Patentinhaber: **Prof. Dr. Horst Ziegler & Partner GbR**
70499 Stuttgart-Weilimdorf (DE)

(72) Erfinder:
• **Ziegler, Horst, Prof. Dr.**
33100 Paderborn (DE)

• **Behlen, Horst, Dipl.Ing (FH)**
33100 Paderborn (DE)

(74) Vertreter: **Ostertag & Partner Patentanwälte mbB**
Epplestraße 14
70597 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-U- 8 814 993 GB-A- 157 404
US-A- 4 751 515

• **SMITH G S: "Radiation efficiency of electrically small multiturn loop antennas" IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, SEPT. 1972, USA, Bd. AP-20, Nr. 5, Seiten 656-657, XP002258976 ISSN: 0018-926X**

EP 1 134 840 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antenne gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Die US 4 751 515 beschreibt Antennen dieser Art mit zu toroidartigen Strukturen gebogenen Helixwicklungen, die in Resonanz betrieben werden. Ihre geometrischen Abmessungen sind klein gegenüber der Vakuumwellenlänge der erzeugten stehenden Wellen. Jedoch sind solche Antennen mechanisch recht aufwendig und daher kostspielig. Außerdem beanspruchen sie in der Tiefe erheblichen Platz. Sie eignen sich daher nicht gut für die Verwendung in kleinen Funkmodems.

[0003] Der Artikel "Radiation Efficiency of Electrically Small Multiturn Loop Antennas" von Smith G.S., IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Sept. 1972, USA, Bd. AP-20, Nummer. 5, Seiten 656-657 beschreibt die Berechnung der Abstrahleffizienz von kleinen magnetischen Loopantennen mit mehreren Windungen. Dabei wird von einer konstanten Stromverteilung über die gesamte magnetische Loopantenne ausgegangen.

[0004] Die Druckschrift GB 157 404 A beschreibt eine Rahmenantenne mit zwei gegensinnig gewickelten Teilwindungen. So werden elektrische Störungen vermieden, die auftreten, wenn die Rahmenantenne in ihrer minimalen Empfangsposition steht.

[0005] Die DE 88 14 993 U beschreibt verschiedene Arten von abstimmbaren Kopfkapazitäten bei magnetischen Loopantennen. Dabei kann die Kopfkapazität durch überlappende Enden der Loopantenne gebildet sein.

[0006] Unter den Antennen, die für kleine Funkmodems verwendet werden, befinden sich insbesondere die magnetischen Loop-Antennen: Diese umfassen ein geschlossenes, meist kreisförmiges oder rechteckiges Leiterstück, dessen Länge deutlich kleiner ist als die Wellenlänge. Das Leiterstück ist an einem Eingang an einen Senderausgang angeschlossen und sein anderes Ende wird mit einer Kopfkapazität abgeschlossen, derart, daß Leiterschleife und Kopfkapazität einen Resonanzkreis bilden, dessen Resonanzfrequenz mit der Arbeitsfrequenz des Senders übereinstimmt. Die Kopfkapazität kann auch durch einen mit Luft oder einem Dielektrikum gefüllten Spalt am entsprechenden Ende des Leiterstückes gebildet sein.

[0007] Eine derartige Loop-Antenne ist in der DE 195 45 394 A1 beschrieben. Sie zeichnet sich durch sehr geringe Abmessungen aus. Nun ist aber bei einer magnetischen Loop-Antenne der Strahlungswiderstand und damit die Effektivität der Abstrahlung proportional zum Quadrat der vom Leiterstück umschlossenen Fläche (Antennenfläche), klein und liegt typischerweise bei 10 mOhm. Um bei einer solchen Antenne einen guten Wirkungsgrad zu erhalten, müssen alle Verlustwiderstände in der Antenne sehr klein sein. Schwierig ist dabei der kritische HF-Widerstand des Leiterstückes und auch der HF-Widerstand der Kopfkapazität.

[0008] Antennen der in der DE 195 45 394 A1 ange-

sprochenen Art werden typischerweise für die Funkfernauslesung von elektronischen Verbrauchszählern (Heizkostenverteiler, Wasserzähler, Wärmemengenzähler, Gaszähler, Stromzähler, usw.) verwendet. Die Funkfernauslesung erfolgt meist in den in fast ganz Europa hierfür zugelassenen Funkbändern bei 433,92 MHz oder 868 bis 870 MHz. Sieht von diesen zulassungsbedingten Kriterien ab, wären auch Frequenzbänder im Bereich zwischen 200 und 3000 MHz verwendbar.

[0009] Bei derartigen Frequenzen betragen schon die Widerstände üblicher kapazitiver Bauelemente einige zig mOhm. Wegen des recht niedrigen Strahlungswiderstandes der Antenne müßten auch alle anderen Widerstände des Leiterstückes und der Kopfkapazität im Bereich von wenigen mOhm liegen, was breite Leiterabmessungen notwendig macht.

[0010] Nun sollen aber derartige Antennen möglichst klein sein, in der Praxis deutlich kleiner als ein Viertel der Wellenlänge. Oft sind auch die zur Funkfernauslesung verwendeten Geräte in der Nachbarschaft größerer Metallflächen angeordnet, etwa Zählgehäuse bei Gas/Stromzählern, Heizkörper bei Heizkostenverteilern, Wasserleitungen bei Wasser- und Wärmemengen-Zählern. Auch dies wirkt sich nachteilig auf die Abstrahlung aus. Weitere Beeinflussungen der Abstrahlung erfolgen durch Möbel, Vorhänge und Personen. Die Verbrauchsmessgeräte sind in der Regel batteriegetrieben, wobei eine Funktionsfähigkeit der Langzeitbatterie über die gesamte Eichdauer hinweg (5 bis 12 Jahre) gewünscht wird.

[0011] Durch die vorliegende Erfindung soll daher eine Antenne angegeben werden, die bei kleinen Abmessungen einen hohen Wirkungsgrad aufweist.

[0012] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch eine Antenne mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen.

[0013] Eine erfindungsgemäße Antenne ist eine magnetische Loop-Antenne, sie kommt jedoch, anders als die Antenne nach der DE 195 45 394 A1 ohne Kopfkapazität aus. Die gefaltete Länge des Leiterstückes, welches die Antennenfläche begrenzt, beträgt das 1,75 bis 3,5-fache des Umfanges der Antennenfläche. Damit erhält man in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitte des Leiterstückes, die einander benachbart sind. Das Benachbartsein kann in bezogen auf die Begrenzung der Antennenfläche radialer Richtung oder in bezogen auf die Antennenfläche senkrechter Richtung oder in einer Kombination dieser beiden Richtungen gegeben sein.

[0014] Die benachbarte Führung von Abschnitten des Leiterstückes werden nachstehend auch kurz als "Überlappung" angesprochen, wobei dieser Begriff beinhaltet, daß die entsprechenden Leiterstückabschnitte einander nicht zu berühren brauchen. Wichtig ist nur, daß die Leiterabschnitte einander so dicht benachbart sind, daß es zu Feldverkopplungen zwischen den Leiterabschnitten kommt.

Die angesprochene Feldverkopplung führt dazu, daß sich das Leiterstück im Überlappungsbereich eher wie

eine Doppelleitung verhält. Dadurch sinkt die Ausbreitungsgeschwindigkeit erheblich unter die Lichtgeschwindigkeit ab. Die Absenkung der Ausbreitungsgeschwindigkeit (bzw. der Wellenlänge der Stromverteilung im Leiterstück) richtet sich im einzelnen nach dem Abstand der Leiterabschnitte und der Windungszahl der Antenne (Verhältnis zwischen Länge des Leiterstückes und dem Umfang der Antennenfläche). Erfindungsgemäß werden die überlappenden Leiterabschnitte so geführt, daß man eine Herabsetzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit auf etwa das 0,8-Fache derjenigen Ausbreitungsgeschwindigkeit erhält, die sich ohne überlappende Leitungsabschnitte im Leiterstück einstellt.

Durch die Einstellung der Windungszahl und die Art und Weise der Überlappung der Leiterabschnitte (und den hierdurch erhaltenen Verkürzungsfaktor) kann man dann Antennen realisieren, deren Durchmesser nur 1/20 bis 1/30 der Wellenlänge beträgt. Die Größe einer solchen Antenne ist somit ähnlich klein wie die einer klassischen Loop-Antenne mit Kopfkapazität, wobei aber eine die Güte der Antenne beeinträchtigende Kopfkapazität nicht benötigt wird, vielmehr die magnetische Verkopplung der überlappenden Leiterabschnitte für die Einstellung der Resonanzbedingungen bei kleinen Antennenabmessungen verantwortlich ist.

[0015] In der Praxis kann man mit erfindungsgemäßen Antennen so eine Betriebs-Resonanzgüte von 10 bis 300 erhalten.

[0016] Damit kann eine erfindungsgemäße Antenne bei Einsatz als Empfangsantennen als verlustarmes Vorfilter mit hoher Betriebs-Resonanzgüte dienen oder bei Einsatz als Sendeantenne als Filter zur Unterdrückung der Ausstrahlung von Ober- und Nebenwellen der Sendefrequenz dienen.

[0017] Im Vergleich mit einer Ringantenne ist der Abstrahlwiderstand der erfindungsgemäßen Antenne deutlich höher (im Ohm-Bereich), so daß der Leiterwiderstand lange nicht mehr so kritisch ist. Damit kann man die Antenne auch einfach aus Draht realisieren. Geometrische Toleranzen sind aus dem gleichen Grunde nicht kritisch.

[0018] Aufgrund ihrer Eigenschaften läßt sich eine erfindungsgemäße Antenne gut auch noch unter kleinem Abstand (wenige Millimeter) vor einer Metallfläche verwenden, und auch kapazitive Beeinflussungen der Antenne (z.B. durch eine Hand) sind nur klein.

[0019] Die Realisierung des im wesentlichen eine Schleife darstellenden Leiterstückes kann durch entsprechend gebogenen Draht, durch gefräste Leiterstücke oder durch gedruckte Leiterbahnen erfolgen, wobei letztere auf einem isolierenden Träger angeordnet sind, der z.B. auch ein Kunststoffgehäuse oder eine Kunststoff-Gehäusedeckel sein kann.

Bemißt man die Länge des Leiterstückes wie angegeben, so erhält man eine gute Herabsetzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen längs des Leiterstückes und damit eine sehr kompakte Geometrie der Antenne bei mechanisch noch einfachem

Aufbau der Antenne, die sich somit preisgünstig herstellen läßt.

Die Erfindung ermöglicht auch die Realisierung von Antennen, bei denen die Gesamtlänge des Leiterstückes eine Wellenlänge ist.

[0020] Durch die Änderung des Wicklungssinnes nach der halben Wellenlänge wird erreicht, daß die Magnetfelder, die von den verschiedenen Abschnitten des Leiterstückes erzeugt werden, betragsmäßig addiert werden.

Dabei fließt bei den Enden des Leiterstückes kein Strom, so daß man diese Enden verbinden kann, was z. B. zur Einfachheit der Herstellung und zur mechanischen Festigkeit der Antenne beiträgt.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Auch die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 2 dient dem Erhalten kompakter Abmessungen der Antenne.

Eine Beabstandung der einander überlappenden Abschnitte des Leiterstückes, wie sie im Anspruch 3 angegeben ist, hat sich in der Praxis besonders bewährt. Man erhält eine gute Herabsetzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit. Zugleich ist die Antennenstruktur kompakt und die nebeneinander geführten Leiterabschnitte lassen sich präzise führen.

[0021] Gemäß der Erfindung braucht das Leiterstück zur Einspeisung der Sendeenergie bzw. zum Auskoppeln der empfangenen Energie nicht zusätzlich unterbrochen zu werden. Eine induktive Kopplung mit dem Sender bzw. Empfänger, der mit der Antenne zusammenarbeitet, ist auch im Hinblick auf eine Restanpassung von Antenne und Sender bzw. Empfänger von Vorteil.

[0022] Die Geometrien für die Antennenfläche, die im Anspruch 4 angegeben sind, eignen sich besonders gut für die Realisierung von Antennen, die keine ausgeprägte Richtcharakteristik aufweisen, wie dies bei der Funkfernauslesung von Verbrauchsmessern gewünscht wird, da die Einbauorientierung der mit Funkfernauslesung versehenen Verbrauchsmesser im Hinblick auf lokale Erfordernisse (Heizkörperfläche, Wandfläche) erfolgen muß und nicht an die Übertragungsverhältnisse zu einer Fernauslesezentrale angepaßt werden kann.

[0023] Alternativ kann man mit den im Anspruch 5 angegebenen Geometrien der Antennenfläche eine Richtcharakteristik der Antenne erzielen.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

Figur 1: eine perspektivische Ansicht einer Antenne nach einem Beispiel mit zugeordneter Speiseeinrichtung, wobei Abschnitte des die Antenne bildenden Leiterstückes, dessen Gesamtlänge einer halben Wellenlänge entspricht, axial beabstandet geführt sind;

Figur 2: eine ähnliche Ansicht wie Figur 1, in welcher jedoch eine abgewandelte Antenne gezeigt

ist, bei welcher Abschnitte des die Antenne bildenden Leiterstückes radial beabstandet sind;

Figur 3: eine Antenne nach der Erfindung mit ähnlicher Ansicht wie Figur 1, bei welcher jedoch die Gesamtlänge des die Antenne bildenden Leiterstückes gleich einer Wellenlänge ist; und

Figur 4: eine ähnliche Ansicht wie Figur 3, in welche jedoch die Bemaßung eines praktischen Ausführungsbeispieles eingetragen ist.

In Figur 1 ist eine magnetische Loop-Antenne eingetragen, welche eine Leiterstück 10 aufweist. Dieses umfaßt 1,75 Windungen, die in axialer Richtung gesehen eine quadratische Antennenfläche A umschließen. Die Kantenlänge der Antennenfläche A ist mit a bezeichnet. Die verschiedenen den Kanten der Antennenfläche A zugeordneten Abschnitte 12 des Leiterstückes 10 sind ähnlich geführt, wobei die Ganghöhe der Windungen mit p bezeichnet ist.

[0024] Man erkennt, daß sich jeweils zwei Abschnitte 12 des Leiterstückes 10 in axialer Richtung gesehen überlappen, mit Ausnahme des vorne liegenden Abschnittes, der einzeln ist und die Windungsebenen überbrückt.

[0025] Der axiale Abstand p der Leiterabschnitte 12 liegt im Bereich von 1 bis 5 Drahtdurchmessern. Damit ergibt sich im Bereich dreier Seiten der Antennenfläche A eine magnetische Kopplung der Leiterabschnitte 12 und damit eine Herabsetzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Strahlung längs des Leiterstückes 10. Der entsprechende Verkürzungsfaktor k (Wellenlänge der Stromverteilung im Leiterstück 10 / Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung im Vakuum) kann zwischen 0,2 und 0,8 gewählt werden, je nach dem, wie klein der Abstand p gewählt wird und wie weit sich die Leiterabschnitte 12 in Umfangsrichtung überlappen.

[0026] Damit kann die in Figur 1 gezeigte Antenne kleine Abmessungen aufweisen, obwohl es sich um eine ohne Kapazität in Resonanz arbeitende W/2-Antenne (W = Wellenlänge) handelt.

[0027] Zur Speisung der durch das Leiterstück 10 gebildeten Antennenschleife ist eine Koppelschleife 14 vorgesehen, die ebenfalls eine quadratische Fläche begrenzt, die jedoch deutlich kleiner ist als die Antennenfläche A.

[0028] Das eine Ende der Koppelschleife 14 ist direkt mit dem einen Anschluß eines Senders 16 verbunden. Der andere Anschluß der Koppelschleife 14 ist über einen Koppelkondensator 18 mit dem zweiten Anschluß des Senders 16 verbunden.

Der Sender 16 wird von einem Verbrauchsmesser 20 her angesteuert und übermittelt in größeren zeitlichen Abständen den Zählerstand des Verbrauchsmessers 20 in serieller binärer Darstellung. Einzelheiten über das Arbeiten eines derartigen Verbrauchsmessers können der

DE 195 45 394 A1, der DE 30 44 262 A1, der DE 42 25 042 A1 oder der DE 44 22 281 A1 entnommen werden, auf die diesbezüglich verwiesen wird.

Das Leiterstück 10 ist formstabil und kann z.B. über ein Isolierstück (nicht gezeigt), das die mittleren der doppelt vorgesehenen Leiterabschnitte 12 packt, an einer nicht gezeigten Tragstruktur (z.B. Leiterplatte oder Gehäuse) festgelegt sein.

In Figur 2 ist eine abgewandelte Antennen für die Funkfernauslesung von Verbrauchsmessern gezeigt, die sich von derjenigen nach Figur 1 dadurch unterscheidet, daß die Leiterabschnitte 12 unter radialem Abstand angeordnet sind. Eine derartige Anordnung eignet sich besonders gut zur Realisierung auf Leiterplatten. Die Leiterstücke 10 können dort einfach aus einer durchgehenden Kupferschicht herausgeätzt werden, ebenso die Koppelschleife 14. Figur 3 zeigt eine Antenne nach der Erfindung. Die Antenne nach Figur 3 unterscheidet sich von derjenigen nach Figur 1 dadurch, daß die Gesamtlänge des Leiterstückes 10 einer Wellenlänge entspricht. Um eine positive Überlagerung der von den Leiterabschnitten 12 erzeugten Teilmagnetfelder zu erzielen, ist das Leiterstück 10 zunächst gefaltet worden und die so erhaltene faltete Leiteranordnung ist dann zusätzlich so geformt, wie in Figur 1 für ein einfaches Leiterstück dargestellt.

[0029] Damit wechselt die Stromrichtung an den Stromknoten.

[0030] Figur 4 gibt präzise Abmessungen eines praktischen Ausführungsbeispieles. Die Kenngrößen der dort gezeigten W-Antenne sind folgende:

Kantenlänge a:	25,00 mm
Drahtdurchmesser d:	0,63 mm
Ganghöhe p:	6,40 mm
Kantenlänge der Koppelschleife:	8,50 mm
Abstand der Koppelschleife:	6,60 mm
Koppelkondensator:	6,20 pF.

[0031] Damit werden folgende Eigenschaften erhalten:

Güte Q_0 :	430
Betriebsgüte Q_B :	215 ($R_i = 50 \text{ Ohm}$)
Eingangsimpedanz Z_e/Ohm :	$56 + j \times 0$
Resonanzfrequenz:	433,9 MHz
Strahlungswiderstand R_S :	2,79 Ohm
Verlustwiderstand R_a :	0,55 Ohm
Wirkungsgrad:	83 %
Freiraumwellenlänge l:	690 mm
Längenverhältnis a/l:	1/27.6.

[0032] Die oben beschriebenen Antennen sind somit typische W/2-Antennen, haben aber erheblich geringere Abmessungen als typische bekannte W/2-Antennen.

Von den durch Kopkapazitäten abgeschlossenen Loop-Antennen unterscheiden sie sich durch das Fehlen einer Kopkapazität und durch eine erhebliche verbesserte Güte.

[0033] Von den herkömmlichen Helixantennen, die eine Vielzahl von Windungen aufweisen, unterscheiden sie sich dadurch, daß ihre Gesamtlänge ein ganzzahliges Vielfaches von λ ist, daß eine symmetrische Einspeisung erfolgt (bei Helix-Antennen einseitige Einspeisung) und daß der Windungsabstand klein ist, so daß man eine magnetische Verkopplung benachbarter Leiterabschnitte erhält.

[0034] Dabei zeichnen sich die oben beschriebenen Antennen durch einen mechanisch einfachen kompakten Aufbau aus.

[0035] Bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen war die Antennenfläche A im wesentlichen quadratisch. Es versteht sich, daß die Begrenzung der Antennenfläche stattdessen auch kreisförmig gewählt sein kann. Solche Antennen haben eine in Umfangsrichtung im wesentlichen konstante Charakteristik. Wählt man die Antennenfläche A rechteckig oder oval, kann man eine Richtcharakteristik in Umfangsrichtung veränderliche Richtcharakteristik erzielen.

Patentansprüche

1. Antenne mit einer Koppelschleife (14) und einer über die Koppelschleife (14) induktiv gespeiste und in Resonanz arbeitende Antennenschleife,
dadurch gekennzeichnet, daß

- die Antennenschleife durch eine gefaltete Leiteranordnung gebildet ist;
- die gefaltete Leiteranordnung ein gefaltetes Leiterstück (10) aufweist, das zwei gleich lange und parallelverlaufende Teilstücke ausbildet, wobei die freien Enden des Leiterstückes miteinander leitend verbunden sind;
- die gefaltete Leiteranordnung mit den parallel verlaufenden Teilstücken eine Antennenfläche (A) der Antennenschleife umschließt wobei eine Gesamtlänge jedes der Teilstücke das 1,75 bis 3,5-fache des Umfanges der Antennenfläche (A) beträgt;
- sich axial und/oder radial gesehen überlappende Abschnitte (12) des Leiterstückes (10) einander so nahe benachbart sind, dass die Wellenlänge der Stromverteilung im Leiterstück (10) höchstens dem 0,8-fachen der Vakuumwellenlänge des durch die Stromverteilung erzeugten elektromagnetischen Feldes entspricht; und
- die Gesamtlänge des Leiterstückes (10) bzw. die Gesamtlänge jedes der Teilstücke des gefalteten Leiterstückes (10) einer Wellenlänge bzw. einer halben Wellenlänge der Stromverteilung im Leiterstück (10) entspricht.

2. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß**
die Wellenlänge der Stromverteilung im Leiterstück (10) nicht kleiner ist als das 0,2-Fache der Vakuumwellenlänge des von der Stromverteilung erzeugten elektromagnetischen Feldes.

3. Antenne nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der radiale und/oder axiale Abstand zwischen den radial und/oder axial beabstandeten Abschnitten (12) des Leiterstückes (10) das 1 bis 5-fache der Abmessung des Leiterstückes (10) in der betrachteten Abstandsrichtung beträgt.

4. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antennenfläche (A) quadratisch oder kreisförmig ist.

5. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antennenfläche A rechteckig oder oval ist.

Claims

1. Antenna with a coupling loop (14) and an antenna loop that is inductively fed by way of the coupling loop (14) and operates in resonance,
characterized in that
the antenna loop is formed by a folded conductor arrangement;

- the folded conductor arrangement has a folded conductor piece (10), which forms two subpieces that are of equal length and run parallel, the free ends of the conductor piece being connected to one another in a conducting manner;
- the folded conductor arrangement enclosing with the parallel-running subpieces an antenna area (A) of the antenna loop, a total length of each of the subpieces being 1.75 to 3.5 times the periphery of the antenna area (A);
- portions (12) of the conductor piece (10) that overlap when seen axially and/or radially are so closely adjacent to one another that the wavelength of the current distribution in the conductor piece (10) corresponds to at most 0.8 times the vacuum wavelength of the electromagnetic field generated by the current distribution; and
- the total length of the conductor piece (10) or the total length of each of the subpieces of the folded conductor piece (10) corresponds to a wavelength or half wavelength of the current distribution in the conductor piece (10).

2. Antenna according to Claim 1, **characterized in that** the wavelength of the current distribution in the con-

ductor piece (10) is not less than 0.2 times the vacuum wavelength of the electromagnetic field generated by the current distribution.

3. Antenna according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the radial and/or axial distance between the radially and/or axially spaced apart portions (12) of the conductor piece (10) is 1 to 5 times the dimension of the conductor piece (10) in the direction of the distance being considered.
4. Antenna according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the antenna area (A) is square or circular.
5. Antenna according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the antenna area A is rectangular or oval.

Revendications

1. Antenne comprenant une boucle de couplage (14) et une boucle d'antenne qui est alimentée inductivement par l'intermédiaire de ladite boucle de couplage (14), et fonctionne en mode résonant, **caractérisée par le fait que**

- la boucle d'antenne est formée d'un ensemble conducteur plié ;
- ledit ensemble conducteur plié présente une pièce conductrice (10) pliée, constituant deux pièces partielles de longueurs égales et s'étendant parallèlement, les extrémités libres de ladite pièce conductrice étant reliées mutuellement en mode conduction ;
- ledit ensemble conducteur plié ceinture une surface d'antenne (A) de la boucle d'antenne par lesdites pièces partielles s'étendant parallèlement, une longueur totale de chacune desdites pièces partielles représentant de 1,75 à 3,5 fois le périmètre de ladite surface d'antenne (A) ;
- des tronçons (12) de ladite pièce conductrice (10), se chevauchant en observant dans le(s) sens axial et/ou radial, occupent des positions voisines mutuellement rapprochées de telle sorte que la longueur d'onde de la distribution de courant, dans ladite pièce conductrice (10), corresponde au maximum à 0,8 fois la longueur d'onde en espace libre du champ électromagnétique engendré par ladite distribution de courant ; et
- la longueur totale de la pièce conductrice (10), respectivement la longueur totale de chacune des pièces partielles de ladite pièce conductrice (10) pliée, correspond respectivement à une longueur d'onde ou à une demi-longueur d'onde

de la distribution de courant dans ladite pièce conductrice (10).

2. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée par le fait que** la longueur d'onde de la distribution de courant, dans la pièce conductrice (10), n'est pas inférieure à 0,2 fois la longueur d'onde en espace libre du champ électromagnétique engendré par ladite distribution de courant.
3. Antenne selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée par le fait que** la (les) distance(s) radiale et/ou axiale, entre les tronçons (12) de la pièce conductrice (10) espacés radialement et/ou axialement, représente(nt) de 1 à 5 fois la cote de ladite pièce conductrice (10) dans la direction d'espacement considérée.
4. Antenne selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée par le fait que** la surface d'antenne (A) est carrée ou circulaire.
5. Antenne selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée par le fait que** la surface d'antenne (A) est rectangulaire ou ovale.

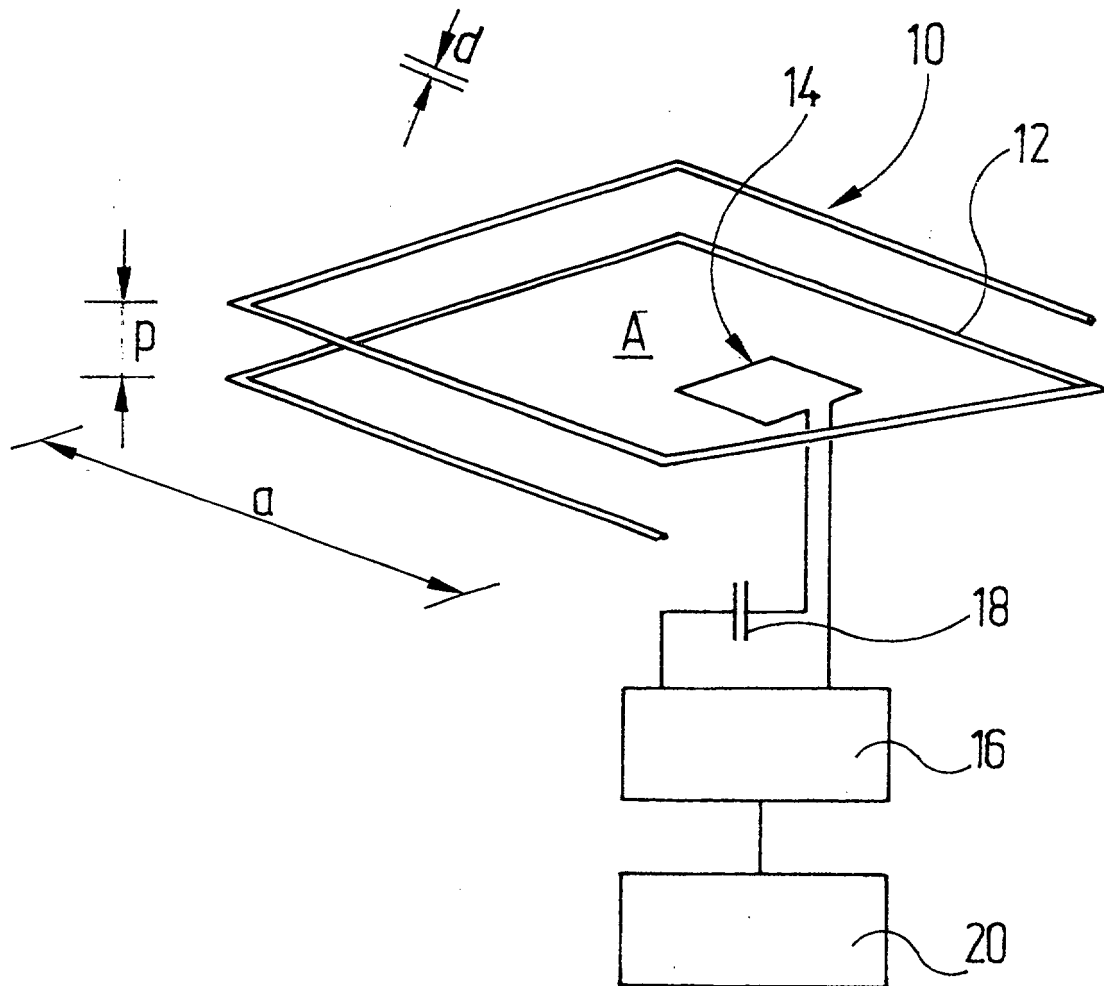


Fig. 1

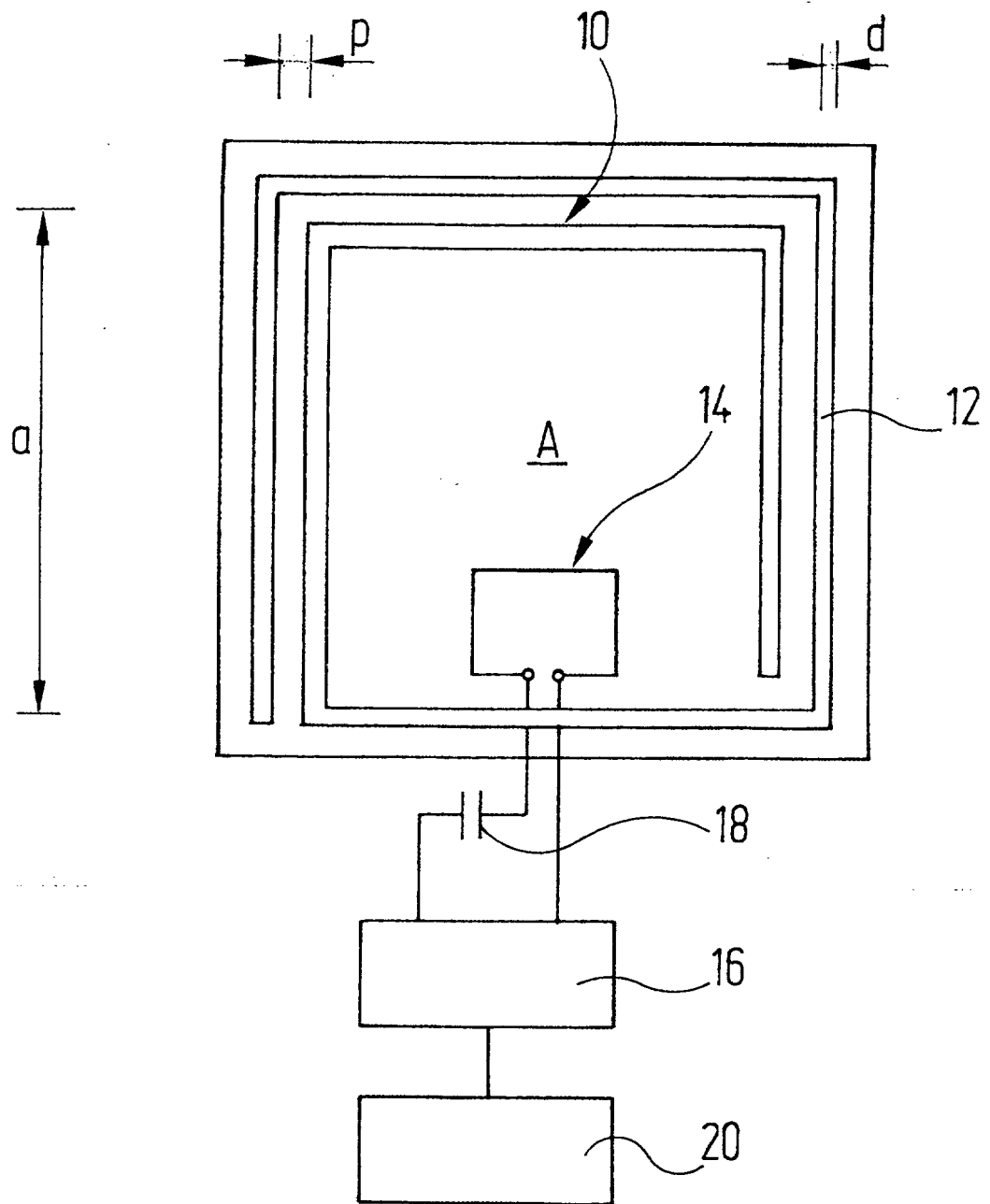


Fig. 2

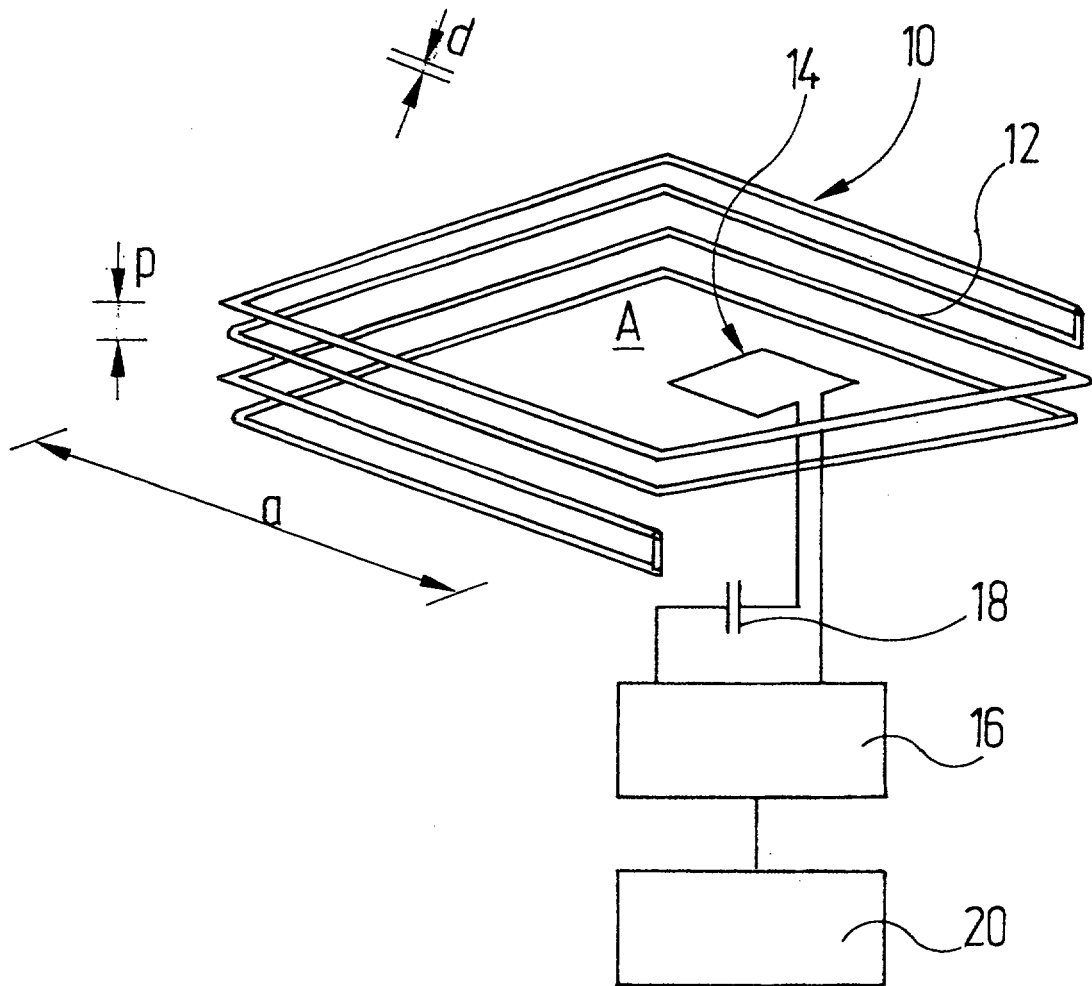


Fig. 3

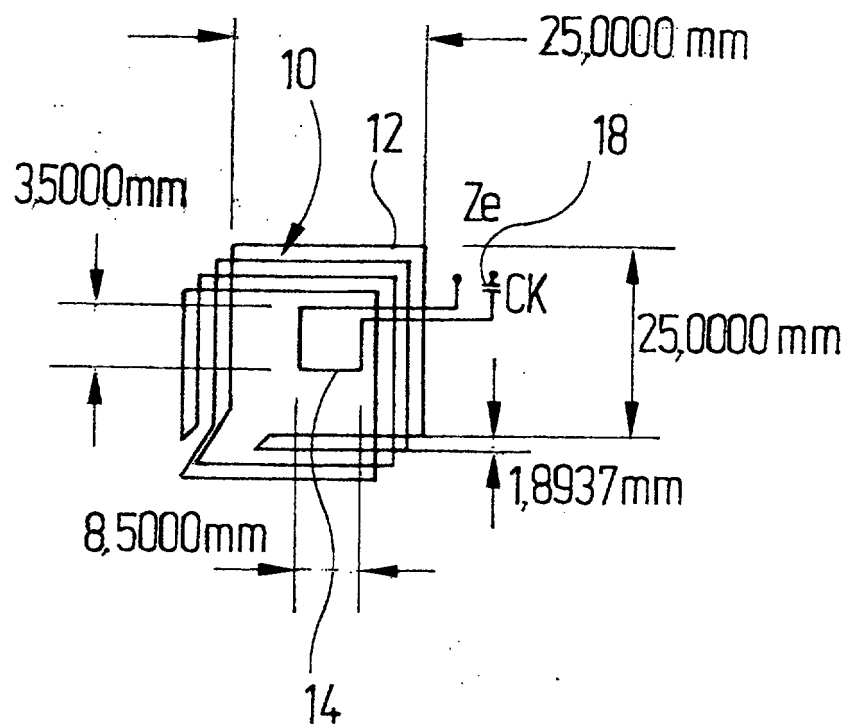


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentedokumente

- US 4751515 A [0002]
- GB 157404 A [0004]
- DE 8814993 U [0005]
- DE 19545394 A1 [0007] [0008] [0013] [0028]
- DE 3044262 A1 [0028]
- DE 4225042 A1 [0028]
- DE 4422281 A1 [0028]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **SMITH G.S.** Radiation Efficiency of Electrically Small Multiturn Loop Antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, September 1972, vol. 5, 656-657 [0003]