



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 023 815 A1** 2005.12.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 023 815.4**

(22) Anmeldetag: **13.05.2004**

(43) Offenlegungstag: **08.12.2005**

(51) Int Cl.7: **H01Q 7/06**

H04B 1/59, H01F 1/26, H02J 17/00

// G08C 17/02

(71) Anmelder:

**Vacuumschmelze GmbH & Co. KG, 63450 Hanau,
DE**

(74) Vertreter:

Westphal, Mussnug & Partner, 80336 München

(72) Erfinder:

Guenther, Wulf, Dr., 63477 Maintal, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 198 46 781 A1

DE 197 18 423 A1

DE 696 00 910 T2

EP 14 96 568 A1

EP 07 62 535 A1

EP 04 55 113 A2

EP 02 71 657 A2

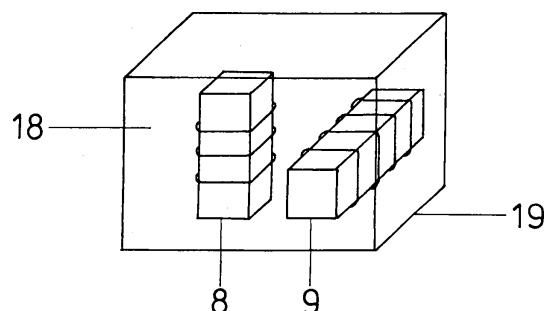
WO 01/91 141 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Antennenanordnung und Verwendung der Antennenanordnung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Antennenanordnung vorgeschlagen zur induktiven Übertragung von Energie mit Hilfe von Magnetkernen aus einem Verbundmaterial mit amorphen oder nanokristallinen Flakes und einem Kunststoffgießwerkstoff, womit sich die für eine effektive Energieübertragung geeigneten magnetischen Eigenschaften bei gleichzeitig verwirklichter hoher Bruchsicherheit und geringer Bauhöhe einstellen lassen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Antennenanordnung mit einem offenen Magnetkern und einer Wicklung.

[0002] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der zur induktiven Energieübertragung genutzten Magnetfeldantennen. Grundsätzlich ist es möglich, Energie und Information mittels elektrischer oder magnetischer Dipole zu übertragen. Dabei werden je nach Ansteuerschaltung elektromagnetische Wellen oder auch nur überwiegend elektrische oder magnetische Felder erzeugt. Es kann wünschenswert sein, keine elektromagnetischen Wellen abzustrahlen, sondern sich auf die Erzeugung von magnetischen Feldern zu beschränken, um beispielsweise die Einwirkung auf organisches Gewebe im Umfeld der Antenne zu vermeiden. Insbesondere können durch die Abstrahlung von magnetischen Feldern beziehungsweise die induktive Kopplung an eine Magnetantenne verhältnismäßig hohe Energien ohne eine galvanische Kopplung übertragen werden. Die Wirkung einer solchen Kopplung ist auf einen engen räumlichen Bereich kleiner als etwa 1m begrenzt. Dennoch ergeben sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für eine derartige Übertragung.

[0003] Im Prinzip können dabei neben gebräuchlichen Weichferriten die meisten bekannten weichmagnetischen Pulververbundwerkstoffe als gepresste Magnetkerne verwendet werden. Beispielsweise können diese aus Eisenpulver bestehen. Mit derartigen Magnetkernen lassen sich effektive Permeabilitäten zwischen ca. 10 und 30 erreichen. Entsprechend erreichbare Sättigungsinduktionen liegen bei ca. 1,0 bis 1,4 T. Es sind außerdem Pulververbundwerkstoffe aus weichmagnetischen kristallinen Eisen-Aluminium-Siliziumlegierungen und Eisen-Nickellegierungen bekannt, mit denen Anwendungsfrequenzen bis über 100 kHz erreicht werden können.

[0004] Der Nachteil von derartigen Verbundwerkstoffen und Ferriten besteht darin, dass die Press-technologien nur einfache geometrische Formen zulassen und dass die entstehenden Magnetkerne relativ spröde und bruchgefährdet sind. Außerdem sind die entsprechenden Materialeigenschaften stark temperaturabhängig, was den Einsatz von Resonanzschwingkreisen erschwert.

[0005] Aus der DE 19846781 A1 sind Magnetkerne bekannt, die im Spritzgussverfahren aus einem spritzgießfähigen Kunststoff und einer nanokristallinen Legierung hergestellt werden.

[0006] Entsprechende nanokristalline Legierungen sind beispielsweise aus der EP 0271657 A2 und der EP 0455113 A2 bekannt. Derartige Legierungen werden beispielsweise mittels der Rascherstarrungs-

technologie in Form von dünnen Legierungsbändern hergestellt, die anfänglich amorph sind und die einer Wärmebehandlung zur Entstehung einer nanokristallinen Struktur unterworfen werden. Derartige Legierungen können zu Legierungspulvern mit Partikelgrößen kleiner als 2mm vermahlen werden. Vorzugsweise entstehen sogenannte Flakes mit Dicken zwischen 0,01 und 0,04 mm und Breiten beziehungsweise Längen von 0,04 bis 1mm pro Partikel. Diese Flakes können mit Hilfe von Kunstharzen zu Verbundwerkstoffen verarbeitet werden, in denen Sättigungsmagnetisierungen größer als 0,5 Tesla und Permeabilitäten zwischen 10 und 200 verwirklicht werden können. Ein Herstellungsverfahren für derartige Magnetkerne ist beispielsweise in der WO 0191141 A1 dargestellt.

[0007] Aus der EP 0762535 A1 sind Antennen für Transponder bekannt, die ebenfalls aus weichmagnetischen Pulververbundwerkstoffen, beispielsweise amorphen Legierungen bestehen. Derartige Antennen werden dort zum Austausch von Informationen verwendet. Dabei kommt es auf das ausfallsichere Funktionieren des Informationsaustausches in einem räumlichen Bereich von einigen Metern sowie die geringe Störanfälligkeit gegenüber metallischen Gegenständen im Umfeld der Antenne an.

Aufgabenstellung

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt dagegen die Aufgabe zugrunde, eine Antennenanordnung zur Verwendung bei der induktiven Übertragung von Energie bereitzustellen.

[0009] Die vorliegende Erfindung zielt dabei auf die effektive Energieübertragung im Nahfeldbereich und das verlässliche Funktionieren unabhängig von einer genauen Positionierung der Antennenanordnung gegenüber einem Empfänger, zu dem hin die Energie auf induktivem Wege übertragen werden soll. Hierzu ist die Einstellung ganz bestimmter magnetischer Eigenschaften, insbesondere eines ausreichenden Flusses mit geeigneter Abstrahlungscharakteristik bei der Antennenanordnung notwendig.

[0010] Es sollen mit Hilfe einer gattungsgemäßen Antennenanordnung Leistungen zwischen ca. 1 W und 100 W von einem Sender zu einem Empfänger über eine Entfernung zwischen etwa 0,5 und 50 cm übertragen werden. Anwendungsbeispiele hierzu sind alle Geräte, die drahtlos zeitweise oder dauernd mit Energie versorgt werden müssen. Dabei ist wegen der ausschließlich induktiven Kopplung ein Frequenzbereich von 10 kHz bis 150 kHz wegen der Verfügbarkeit dieses Frequenzbandes und den Dimensionierungsrandbedingungen besonders geeignet. Außerdem ist ein magnetischer Fluß von mindestens 20 μWb im Magnetkern zu verwirklichen.

[0011] Da derartige Antennen, wie sie in der vorliegenden Antennenanordnung eingesetzt werden, meistens den induktiven Teil eines Resonanzkreises darstellen, ist zur Optimierung der Energieabstrahlung eine hohe Antennengüte von mindestens 50, bevorzugt sogar 100 im Bereich der Arbeitsfrequenz wünschenswert. Außerdem ist eine temperaturunabhängige Permeabilität erforderlich, die zur optimalen Flussführung zwischen 30 und 200 liegt. Bei höherer Permeabilität ist die Flussbündelung im Kern so gut, dass seitlich ein zu geringer Flussanteil aus dem Kern austritt und die Feldstärke entlang des Kerns, das heisst im Empfängerbereich stark inhomogen wird.

[0012] Die Aufgabe, die der vorliegenden Erfindung zu Grunde liegt, kann mit den bekannten Magnetanordnungen, Magnetkernen und Werkstoffen nicht befriedigend gelöst werden.

[0013] Sie wird erfindungsgemäß durch eine Anordnung gemäß Anspruch 1 sowie eine Verwendung einer solchen Anordnung gemäß Anspruch 13 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0014] Erfindungsgemäß enthält der Magnetkern als Verbundwerkstoff eine weichmagnetische Komponente aus feinverteilten Partikeln und eine Kunststoffkomponente, wobei der Magnetkern eine Anfangspermeabilität zwischen 20 und 200 sowie eine Sättigungsinduktion $> 0,6$ T aufweist.

[0015] Die weichmagnetische Komponente besteht vorteilhaft aus den bereits erwähnten Flakes aus einem nanokristallinen Material. Dieses weist eine Sättigungsmagnetisierung von ca. 1 bis 1,6 T und Permeabilitäten > 30.000 auf. Durch die Vermischung mit einer Kunststoffkomponente wird der magnetische Kreis durch die mikroskopischen Lücken zwischen den Flakes unterbrochen und es lassen sich niedrigere effektive Permeabilitäten von 30 bis 100 bei hoher Güte und Temperaturkonstanz einstellen. Dennoch ergibt sich eine hohe erreichbare Flussdichte größer als 0,6 T, typisch auch größer als 0,9 T. Die weichmagnetische Komponente des Magnetkernes hat außerdem vorteilhaft die Eigenschaft, dass die Partikel jeweils einzeln durch eine Oberflächenschicht elektrisch isoliert sind. Diese kann beispielsweise durch Oberflächenoxidation oder Kunststoffbeschichtung realisiert sein. Die Partikelgröße kann vorteilhaft weniger als 2 mm betragen, wobei die Partikeldicken kleiner als 0,5 mm sein können. Durch diese Ausgestaltung der Partikel werden besonders geringe Ummagnetisierungsverluste und damit eine besonders hohe Güte der Antenne erreicht. Die mechanischen Eigenschaften sind je nach der Art und Anteil des eingesetzten Kunststoffes bezüglich der Bruchzähigkeit und Biegsamkeit sowie deren Temperaturabhängig-

keit einstellbar.

[0016] Als Kunststoffkomponente können generell alle im Rahmen der Gießharztechnologie verarbeitbaren Thermo- oder Duroplaste wie Polyamid, Polyacrylat, Polyacetat, Polyimid oder Epoxidharz je nach den gewünschten mechanischen und thermischen Eigenschaften gewählt werden.

[0017] Im einfachsten Fall weist die Antennenanordnung als Magnetkern einen Stab oder eine Platte auf, die mit einer Bewicklung versehen sind. Es sind bestimmte Kernquerschnitte notwendig, um die Anordnung für die effektive Übertragung von Energie einsetzbar zu machen. Soll im Kern ein mittlerer Fluss von mindestens $20 \mu\text{Wb}$ erreicht werden, so ergibt sich eine Induktion von 400 mT bei einem Querschnitt von $0,5 \text{ cm}^2$.

[0018] Dies entspricht etwa der Hälfte des Querschnittes, der bei Einsatz eines Weichferrites notwendig wäre.

[0019] Dabei sollte, um den Magnetkern zur Erhöhung des Flusses effektiv nutzen zu können, die Spulenlänge der Wicklung größer sein als ihr Durchmesser, vorzugsweise groß gegenüber dem Durchmesser. Eine wesentliche Eigenschaft des erfindungsgemäß eingesetzten Materials ist die mechanische Unempfindlichkeit gegen Stoß oder Vibrationen und die freie Formgebung im Rahmen der Herstellung beziehungsweise eine nachträgliche Biegsamkeit. Das erfindungsgemäß eingesetzte Material erlaubt wegen seiner magnetischen Eigenschaften außerdem eine kleine Baugröße, wie sie aus Kosten-, Platz- und Designgründen in vielen Anwendungsbereichen wünschenswert ist.

[0020] Zur Realisierung der gewünschten Abstrahlcharakteristik beziehungsweise Flussführung der Antennenanordnung kann es vorteilhaft sein, dass mehrere Wicklungen auf demselben Magnetkern angeordnet sind, wobei die Längsachsen der Wicklungen in einem Winkel $> 0^\circ$, beispielsweise 90° zueinander stehen. Die Wicklungen können gleichzeitig, phasenversetzt oder abwechselnd angesteuert werden, um Empfänger der induktiven Energieübertragung in verschiedenen Positionen zu erreichen. Dadurch wird die Energieübertragung zuverlässiger und bezüglich der relativen Positionierung von Sender und Empfänger unempfindlicher. Die Erfindung bezieht sich dabei auch auf verschiedene Betriebsverfahren der erfindungsgemäßen Antennenanordnung mit intermittierendem Betrieb der verschiedenen Wicklungen beziehungsweise dem erwähnten phasenverschobenen gleichzeitigen Ansteuern der unterschiedlichen Wicklungen.

[0021] Zur Erreichung einer derartigen vergrößerten Akzeptanz bei der Positionierung von Sender und

Empfänger ist es auch denkbar, dass mehrere Wicklungen auf verschiedenen Magnetkernen der genannten Art vorgesehen werden, wobei die Abstrahlcharakteristik der einzelnen Magnetkerne unterschiedlich geformt oder ausgerichtet ist. Auch durch diese Maßnahme wird der optimale Positionierbereich eines Empfängers der ausgesandten Energie vergrößert.

[0022] Da die erfindungsgemäße Antennenanordnung auch darauf ausgerichtet ist, platzsparend zu sein, kann es zusätzlich sinnvoll sein, eine Ausnehmung innerhalb eines Magnetkerns vorzusehen, in der elektronische Komponenten, beispielsweise der Ansteuerschaltung der Antennenanordnung, untergebracht werden können. Die Flussführung innerhalb des Magnetkerns wird durch derartige Ausnehmungen, wenn sie nicht zu groß sind, kaum negativ beeinflusst. Außerdem kann die Antennenanordnung mit der Ansteuerschaltung vorteilhaft vorgefertigt und als integrale Baueinheit einfach in ein Gerät eingesetzt werden.

Ausführungsbeispiel

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0024] Es zeigt:

[0025] [Fig. 1](#) eine plattenförmige rechteckige Gestaltung eines Magnetkerns mit einer Wicklung,

[0026] [Fig. 2](#) einen entsprechenden Magnetkern mit zwei Wicklungen,

[0027] [Fig. 3](#) einen stabförmigen Magnetkern mit einer Wicklung,

[0028] [Fig. 4](#) einen stabförmigen Magnetkern mit einer integrierten Wicklung und Polschuhen,

[0029] [Fig. 5](#) einen Magnetkern mit einer Ausnehmung und

[0030] [Fig. 6](#) eine Anwendung der Antennenanordnung mit zwei Magnetkernen.

[0031] [Fig. 1](#) zeigt einen flächigen Magnetkern **1** mit einer Bewicklung **2**, wobei die Abmessungen des Magnetkerns beispielsweise $20 \times 10 \times 0,2$ cm betragen können. Die Grundfläche des Kerns ist vorzugsweise so groß wie der abzudeckende Zielraum eines Empfängers. Durch die Ausgestaltung der Wicklung, zum Beispiel eine Verdichtung der Windungen zu den Wicklungsenden hin, wird eine über die Kernfläche möglichst homogene starke Flussdichte erzeugt. Zur speziellen Gestaltung der Flussausrichtung und der Abstrahlcharakteristik zeigt die [Fig. 2](#) eine Kombina-

tion aus zwei senkrecht zueinander stehenden Wicklungen **3, 4** auf einem nahezu als quadratische Platte ausgeführten Magnetkern **5**. Die beiden Wicklungen können abwechselnd nacheinander oder gleichzeitig phasenverschoben gegeneinander angesteuert werden.

[0032] Bei geeigneter Wahl der Kunststoffkomponente kann die gesamte Anordnung gemäß [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#) biegsam sein. In jedem Fall ist sie aber bruchunempfindlicher als beispielsweise eine Antenne mit Ferritkern oder einem Kern aus einem anderen üblichen Material.

[0033] Besonders geeignet für die Übermittlung von Energie zu einem bewegten Empfänger ist die in [Fig. 3](#) gezeigte Anordnung mit einem stabförmigen Magnetkern, wobei die Bewegungsrichtung, wie auch die Antenne des Empfängers parallel zu der Längsachse **6** der Wicklung **7** gerichtet ist.

[0034] In der [Fig. 6](#) sind zwei verschiedene Magnetkerne **8, 9** dargestellt, die jeweils eine separate Wicklung aufweisen und deren Längsachsen senkrecht aufeinander stehen um verschiedene Flussdichten und Abstrahlungscharakteristiken zu ermöglichen. Dies ist eine alternative Ausgestaltungsform zu der in der [Fig. 2](#) dargestellten mit mehreren Wicklungen auf einem einzigen Magnetkern.

[0035] Die [Fig. 4](#) zeigt eine Anordnung, bei der die Wicklung **10** in einen Magnetkörper **11** insofern integriert ist, als sie den Magnetkern **11** selbst durchsetzt, so dass ein unterer Teil des Magnetkerns **11** in der [Fig. 4](#) ein Joch bildet, das den magnetischen Fluss auf der Unterseite kurzschließt. Dadurch und durch die Polschuhe **12, 13** wird eine Abschirmwirkung in eine Richtung (nach unten) bei dennoch guter Abstrahlung nach oben erreicht.

[0036] Zur Herstellung einer derartigen Anordnung ist das in der WO 0191141 A1 dargestellte Gießverfahren besonders geeignet, bei dem die Wicklung bei der Herstellung des Magnetkerns mit eingegossen werden kann.

[0037] Die [Fig. 5](#) zeigt in dem Magnetkern **14** eine Ausnehmung **15**, die es erlaubt dort Komponenten einer elektronischen Schaltung, beispielsweise zur Ansteuerung der Wicklung **16**, unterzubringen.

[0038] Die [Fig. 6](#) zeigt ein Anwendungsbeispiel der erfindungsgemäßen Antennenanordnung mit einem mobilen Kommunikationsendgerät, beispielsweise einem Mobiltelefon oder einem Schnurlostelefon **17**, das über eine nicht näher dargestellte Empfangseinrichtung zur induktiven Kopplung mit der Antennenanordnung **18** verfügt. Die Antennenanordnung **18** weist in einem Gehäuse **19** die beiden Magnetkerne **8, 9** auf, die jeweils mit einer Bewicklung versehen

sind und induktiv Energie an den Empfänger im Endgerät **17** übertragen können. In dem Endgerät **17** ist außer dem Empfänger ein Kondensator oder Akku zur Speicherung der übertragenen Energie vorgesehen.

[0039] Trotz der Spezialisierung der beschriebenen Antennenanordnung auf die Energieübertragung, kann die selbe Anordnung auch zur Rückübertragung einer Information, beziehungsweise eines Signals dienen, das entweder ebenfalls induktiv übermittelt wird, wobei zwischen Senden und Empfangen umgeschaltet werden müsste, oder durch Auswertung der Energieentnahme des Empfängers.

[0040] Es ist auch die Anwendung der Erfindung bei der Übertragung von Energie von einem mobilen Gerät zu einem stationären Gerät denkbar, beispielsweise in der Bahntechnik zur Übertragung von Signalen und/oder Energie von einem an einem Fahrzeug befestigten Gerät zu einem stationären Sensor einer Leitwarte/eines Stellwerkes zur Verkehrsüberwachung.

Patentansprüche

1. Antennenanordnung mit einem Magnetkern (**1, 5, 14**) und einer Wicklung (**2, 3, 4, 7, 10, 16**) zur Verwendung bei der induktiven Übertragung von Energie, wobei der Magnetkern (**1, 5, 14**) als Verbundwerkstoff eine weichmagnetische Komponente aus feinverteilten Partikeln und eine Kunststoffkomponente enthält und wobei der Magnetkern (**1, 5, 14**) eine effektive Anfangspermeabilität zwischen 20 und 200 sowie eine Sättigungsinduktion größer 0,6 T aufweist.

2. Antennenanordnung nach Anspruch 1, bei der die weichmagnetische Komponente ein amorphes oder ein nanokristallines Material enthält.

3. Antennenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die weichmagnetische Komponente aus Partikeln besteht, die einzeln durch eine Oberflächenschicht elektrisch isoliert sind.

4. Antennenanordnung nach Anspruch 3, bei der die Partikelgröße kleiner als 2 mm ist.

5. Antennenanordnung nach Anspruch 3 oder 4, bei der die Partikeldicken kleiner 0,5 mm sind.

6. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei der die Partikel oberflächenoxidiert oder kunststoffbeschichtet sind.

7. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Kunststoffkomponente einen im Rahmen der Giessharztechnologie verarbeitbaren Thermo- oder Duroplast enthält.

8. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die durch den Magnetkern (**1, 5, 14**) und die Wicklung (**2, 3, 4, 7, 10, 16**) gebildete Antenne eine Güte größer 50 im Frequenzbereich zwischen 20 khz und 150 khz aufweist.

9. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der der Magnetkern (**1, 5, 14**) bis zu einem magnetischen Fluss von mindestens 20 μ Wb belastbar ist.

10. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit mehreren Wicklungen (**2, 3, 4, 7, 10, 16**) auf demselben Magnetkern (**1, 5, 14**), wobei die Längsachsen (**20, 21**) der Wicklungen in einem Winkel größer 0° zueinander angeordnet sind.

11. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der mehrere Magnetkerne (**1, 5, 14**), die Wicklungen (**2, 3, 4, 7, 10, 16**) tragen, wobei die Abstrahlcharakteristik der einzelnen Magnetkerne (**1, 5, 14**) unterschiedlich geformt und/oder ausgerichtet ist.

12. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der in wenigstens einem der Magnetkerne (**1, 5, 14**) eine Ausnehmung (**15**) zur Aufnahme elektronischer Komponenten vorgesehen ist.

13. Verwendung einer Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zur induktiven Energieübertragung.

14. Verwendung nach Anspruch 13 zur induktiven Energieübertragung zwischen einem stationären Gerät und einem mobilen, mit einer induktiven Empfängereinrichtung ausgestatteten Gerät.

15. Verwendung einer Antennenanordnung gemäß Anspruch 14 zur Aufladung von in den mobilen Geräten (**17**) angeordneten Energiespeichern.

16. Verwendung einer Antennenanordnung gemäß Anspruch 13 zur induktiven Übertragung von Energie von einem mobilen Gerät zu einem stationären Gerät.

17. Verfahren zum Betrieb einer Antennenanordnung gemäß Patentanspruch 10 oder 11, bei der die verschiedenen Wicklungen (**2, 3, 4, 7, 10, 16**) gleichzeitig phasenversetzt oder zeitlich abwechselnd angesteuert werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

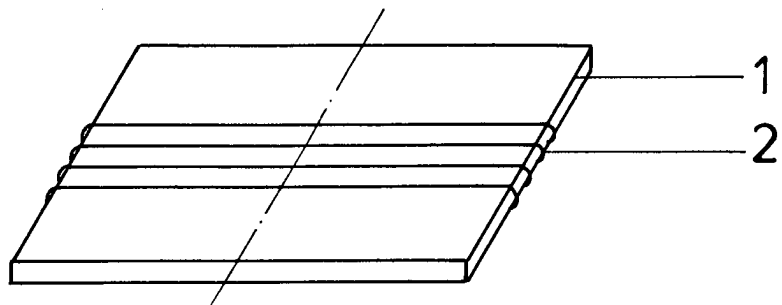


FIG 2

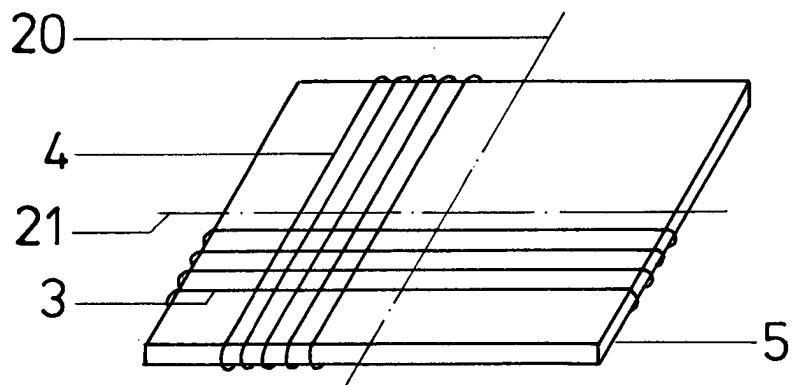


FIG 3

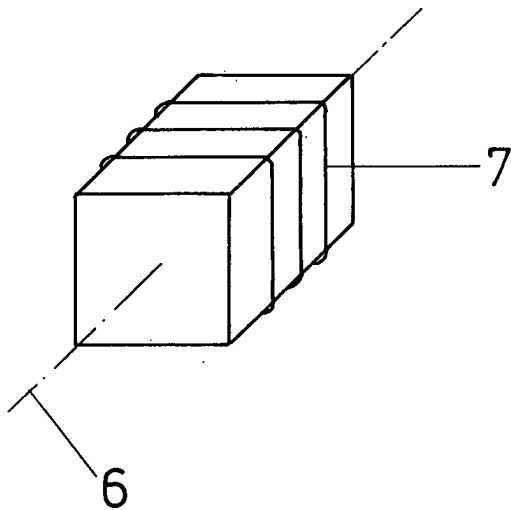


FIG 4

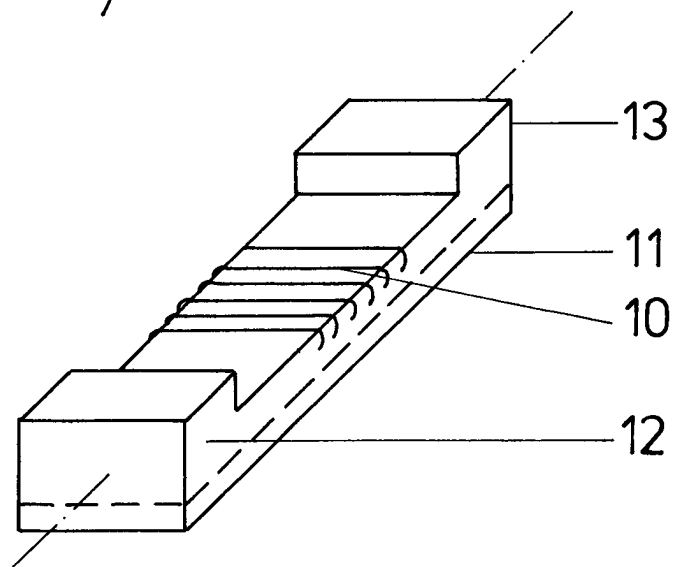


FIG 5

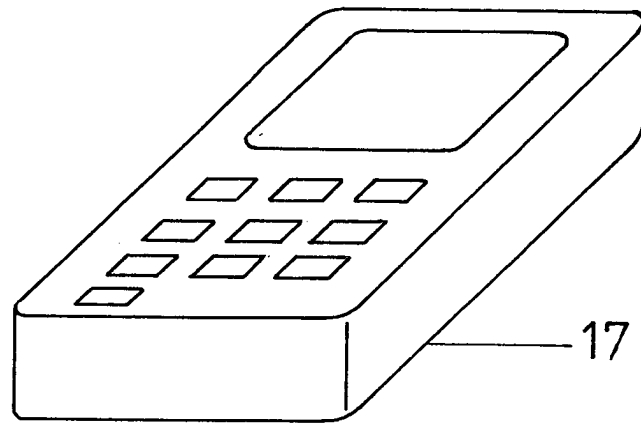
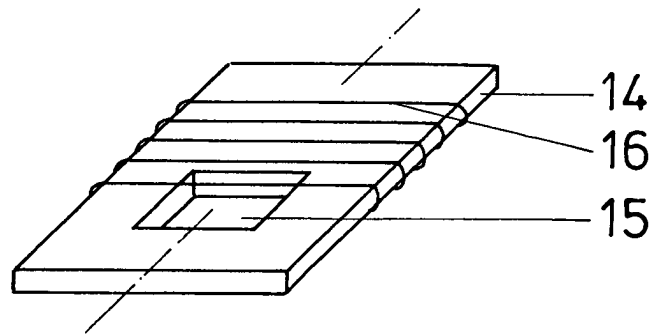


FIG 6

