

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 544 867 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.06.2005 Patentblatt 2005/25

(51) Int Cl.7: **H01B 7/00**

(21) Anmeldenummer: **04028487.9**

(22) Anmeldetag: **01.12.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(72) Erfinder:
• **Bothe, Michael**
48163 Münster (DE)
• **Mörbe, Stefan**
49205 Hasbergen (DE)

(30) Priorität: **16.12.2003 DE 10358911**

(74) Vertreter: **Grünecker, Kinkeldey,
Stockmair & Schwanhäusser Anwaltssozietät
Maximilianstrasse 58
80538 München (DE)**

(71) Anmelder: **Friwo Mobile Power GmbH
48346 Ostbevern (DE)**

(54) **Flexibler Flachleiter mit integriertem Ausgangsfilter**

(57) Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen flexiblen Flachleiter mit mindestens zwei elektrisch leitenden Schichten, die von einer elektrisch isolierenden Umhüllung wenigstens teilweise umgeben sind, wobei die elektrisch leitenden Schichten durch mindestens eine zwischen ihnen angeordnete dielektrische Schicht voneinander isoliert sind. Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Netzteil, das einen derartigen flexiblen Flachleiter aufweist. Um einen verbesserten flexiblen Flachleiter sowie ein Netzgerät mit einem derar-

tigen Flachleiter anzugeben, bei dem die Filterung verbessert werden kann, der Platzbedarf reduziert werden kann und gleichzeitig die Herstellungskosten gesenkt werden können, ist mindestens eine erste der elektrisch leitenden Schichten in mindestens einem Teilbereich durch Aussparungen so strukturiert, dass eine Vielzahl von Mäanderelementen gebildet ist, wobei die Mäanderelemente in einer durch den Flachleiter definierten Ebene seriell aneinandergereiht sind, um eine Filterstruktur auszubilden.

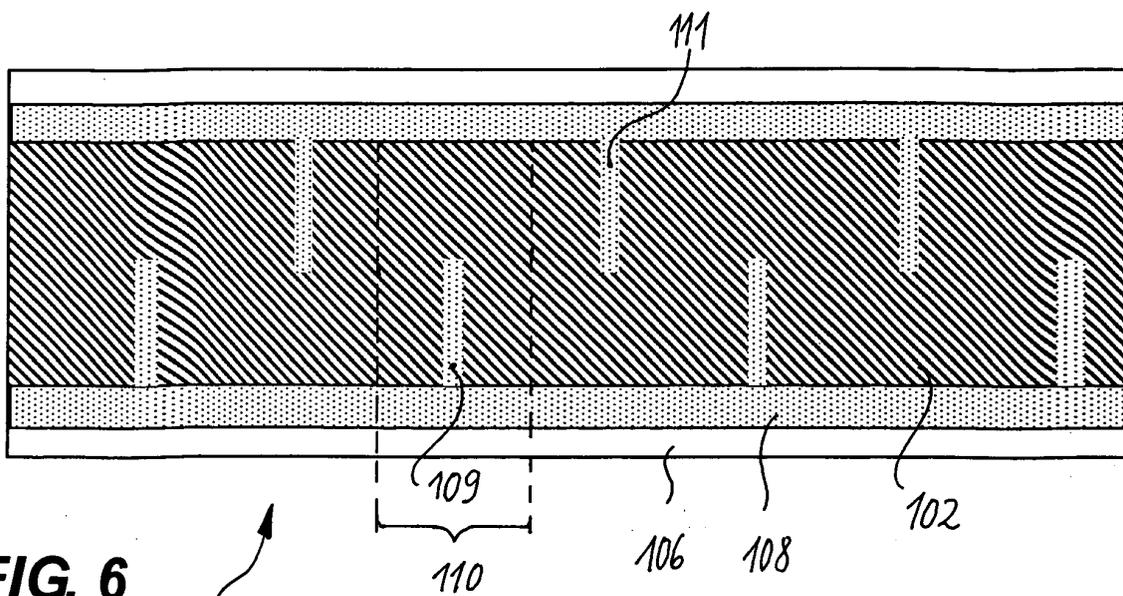


FIG. 6



EP 1 544 867 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen flexiblen Flachleiter mit mindestens zwei elektrisch leitenden Schichten, die von einer elektrisch isolierenden Umhüllung wenigstens teilweise umgeben sind, wobei die elektrisch leitenden Schichten durch mindestens eine zwischen ihnen angeordnete dielektrische Schicht voneinander isoliert sind.

[0002] Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Netzteil, das einen derartigen flexiblen Flachleiter aufweist.

[0003] Stromversorgungen und Ladegeräte im Kleinleistungsbereich sind heute aufgrund von Anforderungen an den weiten Eingangsspannungsbereich und geringeren Verlusten als ein Schaltnetzteil aufgebaut. Weit verbreitet ist hierbei die Ausführungsform eines Steckernetzgerätes 1, bei dem eine elektronische Schaltung zur Leistungsumwandlung in einem unmittelbar an dem Netzstecker angebrachten Gehäuse angeordnet ist, wie dies in Figur 1 gezeigt ist. Eine Vielzahl solcher Geräte wird zum Laden von portablen Geräten, wie z. B. Mobiltelefonen, PDAs, CD/DVD/MD/MP3-Abspielgeräten und dergleichen eingesetzt. Dabei spielt für die Portabilität vor allem die Größe des Ladegeräts, sein Gewicht sowie die Einfachheit des Transports eine wichtige Rolle. Die Verbindung zum Verbraucher (in der Figur nicht dargestellt) erfolgt dabei meist über einen Ausgangsstecker 2 und eine zweipolige Ausgangsleitung 3, die als Rundleitung oder Zwillingsleitung ausgeführt ist, wie dies in Figur 1 gezeigt ist.

[0004] Weiterhin ist es bekannt, in derartigen Netzgeräten Flachkabel, die mit einer Aufwickelvorrichtung versehen sind, einzusetzen. Ein Beispiel für eine derartige Anordnung ist beispielsweise in der JP 2001/128350 und der WO 01/21521 A1 gezeigt. Derartige Anordnungen ermöglichen eine besonders platzsparende und geordnete Aufbewahrung des Kabels während des Transports.

[0005] Zur Leistungsumwandlung dient heute meist ein Sperrwandler, der aufgrund der geringen Schaltungskomplexität in diesem Leistungsbereich bevorzugt wird. Wenn die Energieübertragung mittels einer Primärregelung erfolgt, wie dies in der DE 100 18 229 A1 gezeigt ist, befindet sich auf der Sekundärseite lediglich eine Diode zur Gleichrichtung sowie ein LC-Filter zur Siebung der Ausgangsspannung. Ein Schaltbild einer solchen bekannten ausgangsseitigen Beschaltung ist in Figur 2 dargestellt. Während für den in Figur 2 gezeigten Kondensator C2 meist ein keramischer Kondensator zum Einsatz kommt, wird aufgrund der Anforderungen an einen niedrigen Ersatzserienwiderstand bei minimalen Kosten für den Kondensator C1 üblicherweise ein Elektrolytkondensator gewählt. Die in Figur 2 gezeigten Komponenten haben typischerweise die folgenden Kennwerte:

C1: 22 μ F ... 470 μ F

L: 1 μ H ... 100 μ H

C2: 10 pF ... 10 μ F

[0006] Wie weiterhin in Figur 3 gezeigt, wird zur Unterdrückung von Gleichtaktstörungen meist eine stromkompensierte Drossel L3' mit abschließendem Filterkondensator C3 nachgeschaltet. Die in den Figuren 2 und 3 gezeigten Filteranordnungen benötigen jedoch als herkömmliche diskrete Komponenten im Steckernetzgerät erheblichen Platz und stehen daher einer weiteren Miniaturisierung des Netzgeräts entgegen. Darüber hinaus können sich über die Ausgangsleitung auch hochfrequente Störungen einkoppeln, die im Verbraucher üblicherweise ein zusätzliches Eingangsfilter erforderlich machen und daher Größe, Gewicht und Kosten des Verbrauchers erhöhen.

[0007] Schließlich ist bekannt, um Filterstrukturen möglichst einfach kostengünstig und platzsparend zu realisieren, diese in einer integrierten Bauweise mit einem flexiblen Flachleiter herzustellen. Aus der japanischen Offenlegungsschrift JP 06-139831 A ist ein flexibles Flachkabel mit darin integrierten elektronischen Bauteilen bekannt. Dabei werden verschiedene leitfähige Strukturen, die von einer elektrischen Isolation umgeben sind, durch eine weitere dielektrische Schicht voneinander isoliert, so dass eine Kapazität gebildet wird. Mittels einer mäanderförmigen Strukturierung der Leiterebenen kann nach einem anschließenden Faltprozess, bei dem die einzelnen Mäander in der dritten Dimension leporelloförmig übereinandergelegt werden, eine Induktivität realisiert werden. Die Kombination von Kapazität und Induktivität liefert hier ein integriertes Filter.

[0008] Nachteilig ist jedoch bei dieser Lösung, dass, um die für eine Filterstruktur erforderlichen Induktivitäten auszubilden, der flexible Flachleiter auf eine definierte Art und Weise mehrfach gefaltet werden muss, was neben einem erhöhten Aufwand bei der Produktion außerdem einen erhöhten Platzbedarf bedingt. Darüber hinaus bedingt die erforderliche Faltung des flexiblen Flachleiters gemäß der JP 06-139831 A, dass nur bestimmte Bereiche des flexiblen Flachleiters für die integrierte Filterstruktur genutzt werden können, weite Strecken des Kabels jedoch ungenutzt bleiben müssen.

[0009] Es besteht daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen verbesserten flexiblen Flachleiter sowie ein Netzgerät mit einem derartigen Flachleiter anzugeben, bei dem die Filterung verbessert werden kann, der Platzbedarf reduziert werden kann und gleichzeitig die Herstellungskosten gesenkt werden können.

[0010] Diese Aufgabe wird durch einen flexiblen Flachleiter mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und ein Netzteil mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung

sind Gegenstand mehrerer Unteransprüche.

[0011] Die erfindungsgemäße Lösung basiert auf der Erkenntnis, dass eine besonders einfache und platzsparende Realisierung einer Filterstruktur durch eine integrierte Anordnung erreicht werden kann, bei der mindestens eine der elektrisch leitenden Schichten des flexiblen Flachleiters durch Aussparungen so strukturiert ist, dass eine Vielzahl von Mäanderelementen gebildet ist, und bei der die Mäanderelemente in einer durch den Flachleiter definierten Ebene seriell aneinandergereiht sind, um die Filterstruktur auszubilden. Kostenintensive Prozessschritte, wie beispielsweise das Falten des Flachleiters, entfallen bei dieser Lösung. Weiterhin ist die Flexibilität bei der Gestaltung beispielsweise eines Ausgangsfilters in einem Netzgerät wesentlich erhöht, weil die gesamte Länge der Leitung für das Filter genutzt werden kann. Die Biegsamkeit des Kabels bleibt auf der gesamten Länge erhalten, und es kann beispielsweise eine Aufwickelvorrichtung ohne Probleme eingesetzt werden. Hierfür wird vorzugsweise ein flexibles keramisches Dielektrikum zwischen den elektrisch leitenden Schichten eingebettet.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung nehmen die Aussparungen weniger als 50 % der Fläche eines jeden Mäanderelements ein. Dadurch kann eine ausreichend hohe Induktivität bei gleichzeitig nur unwesentlich erhöhtem Gleichstromwiderstand erreicht werden. Auch die erforderliche Kapazität kann ohne Probleme hergestellt werden.

[0013] Insbesondere, wenn die Aussparungen durch Schlitze gebildet sind, die sich über etwa 50 % der Breite der ersten leitenden Schicht quer zur Längsachse des Flachleiters erstreckt und selbst eine Breite von weniger 10 % ihrer Länge haben, bleibt die Zunahme des Gleichstromwiderstandes in Größenordnungen von weniger als 1,5 %.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung, ist die dielektrische Schicht durch mindestens eine Aussparung in einzelne Teilbereiche untergliedert. Dadurch können in vorteilhafter Weise verschiedene seriell oder parallel geschaltete Kapazitäten realisiert werden.

[0015] So können beispielsweise über eine entsprechende Schaltung der Mäanderstrukturen in der ersten elektrisch leitenden Schicht die II-Filter ausgebildet werden, wie sie beispielsweise gemäß der Figur 2 benötigt werden.

[0016] Komplexere Filterstrukturen können weiterhin dadurch realisiert werden, dass Aussparungen sowohl quer zur Richtung der Längsachse des flexiblen Flachleiters wie auch in Richtung der Längsachse in der dielektrischen Schicht vorgesehen werden. Damit können auf äußerst kostengünstige Weise eine Vielzahl von benötigten Filterstrukturen realisiert werden.

[0017] Strukturiert man eine weitere der elektrisch leitenden Schichten ebenfalls durch Ausbilden von Mäanderstrukturen, so können Gegen- und Gleichtakfilter realisiert werden. Dies lässt sich in sehr einfacher Weise dadurch erreichen, dass die Mäanderstrukturen entweder gleichsinnig angeordnet sind (wodurch ein Gegentakfilter realisiert werden kann) oder aber gegensinnig angeordnet sind, wodurch ein Gleichtakfilter entsteht.

[0018] Die vorteilhaften Eigenschaften des erfindungsgemäßen flexiblen Flachleiters kommen besonders dann zum Tragen, wenn er in einem Netzteil mit einer primärseitigen Steckverbindung und einer sekundärseitigen Steckverbindung zwischen der sekundärseitigen Steckverbindung und dem eigentlichen Netzteil als Ausgangsleitung eingesetzt wird. Ein derartiges Netzteil bietet einerseits den Vorteil, dass der Platzbedarf für die Filterstrukturen im Steckernetzgerät drastisch reduziert werden kann, und dass andererseits auch die Systemkosten im Verbraucher, also dem mobilen Endgerät, gesenkt werden können, weil ein Eingangsfiler vermieden werden kann. Weiterhin kann in sehr platzsparender und kostengünstiger Art und Weise die Funktionalität des Ausgangsfilters an die Bedürfnisse des Netzteils angepasst werden.

[0019] Das erfindungsgemäße Netzteil kann außerdem mit einer Aufwickelvorrichtung ausgestattet werden, um den flexiblen Flachleiter beispielsweise für den Transport oder zum Verkürzen des Ausgangskabels zumindest teilweise aufzurollen.

[0020] Anhand der in den beiliegenden Zeichnungen dargestellten vorteilhaften Ausgestaltungen wird die Erfindung im folgenden näher erläutert. Ähnliche oder korrespondierende Einzelheiten des erfindungsgemäßen Gegenstandes sind mit denselben Bezugszeichen versehen. Es zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Darstellung eines Steckernetzteils nach dem Stand der Technik;

Figur 2 ein Schaltbild einer sekundärseitigen Filteranordnung;

Figur 3 eine weitere sekundärseitige Filterstruktur;

Figur 4 einen Querschnitt durch den erfindungsgemäßen flexiblen Flachleiter;

Figur 5 eine schematische Darstellung des flexiblen Flachleiters aus Figur 4 in der Draufsicht;

Figur 6 eine Draufsicht auf den erfindungsgemäßen flexiblen Flachleiter gemäß einer ersten Ausführungsform;

Figur 7 eine schematische Darstellung einer einzelnen Mäanderstruktur aus Figur 6;

- Figur 8 eine schematische Darstellung eines flexiblen Flachleiters gemäß einer zweiten vorteilhaften Ausführungsform;
- 5 Figur 9 eine schematische Darstellung eines flexiblen Flachleiters gemäß einer dritten vorteilhaften Ausführungsform;
- Figur 10 eine schematische Darstellung eines flexiblen Flachleiters gemäß einer vierten vorteilhaften Ausführungsform;
- 10 Figur 11 ein elektrisches Ersatzschaltbild der Anordnung nach Figur 10;
- Figur 12 eine generische Stufe des Ersatzschaltbilds nach Figur 11;
- Figur 13 eine Übertragungsfunktion für ein Filter mit 10, 20 oder 30 Stufen aus Figur 12;
- 15 Figur 14 ein elektrisches Ersatzschaltbild der Anordnung aus Figur 5;
- Figur 15 ein elektrisches Ersatzschaltbild eines RCLC-Filters;
- 20 Figur 16 die Übertragungsfunktionen der Filterstrukturen aus den Figuren 14 und 15;
- Figur 17 verschiedene Übertragungsfunktionen der Struktur aus Figur 15;
- Figur 18 einen flexiblen Flachleiter gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- 25 Figur 19 das elektrische Ersatzschaltbild der Struktur aus Figur 18;
- Figur 20 eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen flexiblen Flachleiters;
- 30 Figur 21 das Ersatzschaltbild der Anordnung aus Figur 20;
- Figur 22 die perspektivische Darstellung eines Netzteils mit einem erfindungsgemäßen flexiblen Flachleiter.

35 **[0021]** Figur 4 zeigt einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen flexiblen Flachleiter 100. Der flexible Flachleiter 100 weist zwei elektrisch leitende Schichten 102 und 104 auf, die von einer elektrisch isolierenden Umhüllung 106 umgeben sind. Erfindungsgemäß sind, um die Funktion eines Filters in den flexiblen Flachleiter 100 zu integrieren, die beiden elektrisch leitenden Schichten 102, 104, die beispielsweise aus Kupfer oder Aluminium bestehen können, durch ein Dielektrikum 108 voneinander getrennt. Dabei entsteht zunächst ohne weitere Strukturierungen der metallischen Schichten 102 und 104 eine Kapazität zwischen den Leitern, die sich nach der folgenden Gleichung [1] berechnet.

40

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r A/d \quad [1]$$

45 **[0022]** Als Dielektrikum wird vorzugsweise ein flexibles keramisches Dielektrikum mit einer Dielektrizitätskonstanten von $\epsilon_r = 100$ bis 5000 zwischen die beiden Lagen der metallischen Leiter 102, 104 eingebettet und mit zwei äußeren Isolationsfolien 106 zusammenlaminiert.

50 **[0023]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform kann eine erfindungsgemäße Ausgangsleitung zwei Meter Gesamtlänge und einen Querschnitt von $2 \times 0,25 \text{ mm}^2$ aufweisen. Die geometrischen und elektrischen Parameter können beispielsweise die folgenden Werte annehmen: Breite der Kupferfolie 7 mm, Dicke der Kupferfolie 35 μm , Dicke der dielektrischen Schicht 5 μm , relative Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r = 1000$ und Dicke der Isolationsfolie 25 μm .

55 **[0024]** Um eine gleichmäßige Laminiierung der äußeren Isolationslagen 106 zu erreichen, ergibt sich als resultierende Gesamtbreite der Leitung 100 ein Wert von 7,5 mm bei einer Dicke von nur 0,125 mm. Diese Abmessungen eignen sich besonders für eine platzsparende Aufwicklung bei Einsatz des flexiblen Flachleiters 100 in einem Netzteil, wie es in Figur 22 dargestellt ist. Der Platzbedarf gegenüber einer herkömmlichen Rundleitung (wie beispielsweise in Figur 1 gezeigt) ist um 22 % verringert.

[0025] Mit den oben genannten Beispielwerten der Parameter ergibt sich eine resultierende Gesamtkapazität zwi-

schen den beiden Leitern 102 und 104 von ca. 25 µF. Bei Schaltnetzteilen mit einer Schaltfrequenz von beispielsweise 100 kHz reicht dieser Wert aus, um eine ausreichende Siebung der Ausgangsspannung zu erhalten. Weiterhin verfügt das keramische Dielektrikum 108 über bessere Hochfrequenzeigenschaften, insbesondere über einen geringeren Seri-
 5 ersatzwiderstand (Low Equivalent Series Resistance, ESR) als ein vergleichbarer Elektrolytkondensator, so dass trotz der vergleichsweise geringen Kapazität ein ausreichend niedriger Spannungs-Ripple am Ende der Leitung erreicht wird. Zudem ergibt sich durch die flächige Verteilung der Kapazität über die gesamte Oberfläche der Leitung in Verbindung mit dem sehr guten Wärmeübergang durch die Kupferelektroden eine geringe Eigenerwärmung des flexiblen Flachleiters 100 auch bei hohen Strömen durch das Dielektrikum.

[0026] Erfindungsgemäß wird die erste der beiden elektrisch leitenden Schichten 102 so strukturiert, dass eine Mä-
 10 anderstruktur ausgebildet wird, wie sie in Figur 6 dargestellt ist. Gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bleibt die gegenüberliegende Kupferfolie 104 unstrukturiert. Dadurch wird eine zu dem Kondensator parallel liegende Induktivität, deren Wert sich näherungsweise aus der Formel für eine flache quadratische Spule mit einer Windung berechnen lässt, ausgebildet.

[0027] Erfindungsgemäß werden dabei einzelne Mäanderelemente 110 in der Ebene des flexiblen Flachleiters seriell
 15 aneinandergereiht, um die erforderliche Induktivität herzustellen.

[0028] Bei der in Figur 6 dargestellten Mäanderstruktur, die aus einer seriellen Aneinanderreihung von Mäanderele-
 20 menten 110 besteht, die jeweils durch flächenmäßig relativ kleine Aussparungen 109, 111 gebildet sind, kann die für ein integriertes Filter benötigte Induktivität auf elegante Weise nur innerhalb der Ebene des flexiblen Flachleiters hergestellt werden, ohne beispielsweise eine Faltung, wie in der JP 06-139831 gezeigt, zu benötigen. Auf diese Weise kann, falls erforderlich, die gesamte Länge des flexiblen Flachleiters für die entsprechende Induktivität mit Mäander-
 25 elementen 110 versehen werden. Dies ist allerdings nicht zwingend erforderlich, sondern hängt von den jeweils benötigten Parametern ab.

[0029] Mit Bezug auf Figur 7 soll nunmehr näherungsweise die erreichte Induktivität berechnet werden. Dabei wird
 25 von der Annahme ausgegangen, dass sich die Induktivität des in Figur 7 dargestellten einzelnen Mäanderelementes 110 durch die Grundgeometrie einer flachen quadratischen Spule mit nur einer Windung, die einen Windungsdurchmesser a und eine Leiterbahnbreite w aufweist. Die Induktivität L eines solchen Mäanderelementes 110 lässt sich dann nach der folgenden Gleichung [2] berechnen zu:

$$L[\mu H] = 0,0467aN^2 \left\{ \log_{10} \left(2 \frac{a^2}{t+w} \right) - \log_{10} (2,414a) \right\} + 0,02032aN^2 \left\{ 0,914 + \left(\frac{0,2235}{a} (t+w) \right) \right\}$$

[2]

[0030] Das einzelne Mäanderelement 110 der Figur 7 zeichnet sich dadurch aus, dass es durch einen vergleichs-
 35 weise kleinen Schlitz 109 in dem elektrisch leitenden Material der Leiterbahn 102 gebildet ist. Zwischen den einzelnen Mäanderelementen 110 sind Schlitz 111, die in der gezeigten Ausführungsform dieselben Abmessungen aufweisen wie die Schlitz 109, angeordnet. So kann beispielsweise der Schlitz eine Länge von etwa 3,5 mm und eine Breite von nur 0,2 mm aufweisen. Bei einer Kantenlänge a von 7 mm beträgt somit die übrig bleibende Leiterbahnbreite w 3,4 mm. Setzt man diese beiden Werte in die Gleichung [2] ein, so hat ein einzelnes Mäanderelement 110 mit den genannten Abmessungen eine Induktivität von etwa 9 nH. Die Dicke t der Metallisierung wurde für diese Berechnung zu 35 µm angenommen.

[0031] Eine Aneinanderreihung von Mäanderelementen 110 auf die gesamte Länge des flexiblen Flachleiters von
 45 zwei Metern würde damit zu einer Induktivität von 2,5 µH führen. Dabei erhöht sich aufgrund der speziellen Geometrie der Mäanderelemente der Gleichstromwiderstand mit ca. 1,4 % nur unwesentlich.

[0032] Figur 8 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Unterbricht man nämlich
 50 das Dielektrikum 108 durch einen quer zur Längsachse des flexiblen Flachleiters angeordneten Schlitz 112, ergeben sich zwei Teilbereiche A1 und A2 (zur besseren Übersichtlichkeit ist die strukturierte Schicht 102 abgehoben dargestellt). Als äquivalente Schaltung der Struktur in Figur 8 ergibt sich das Π-Filter der Figur 2.

[0033] Durch Verschiebung des Schlitzes 112 entlang der Längsabmessung des flexiblen Flachleiters 100 bei einer
 55 konstanten Induktivität kann eine beliebige Aufteilung der Gesamtkapazität erreicht werden. Bei den oben genannten Dimensionen steht jeder Millimeter an Länge für eine Kapazität von ca. 10 nF. Aufgrund der Herstellungstoleranzen sollte die Minimaldimension einer der Dielektrikumsflächen A1, A2 aber nicht weniger als ca. 1 mm betragen.

[0034] Als Filterkondensator bei mobilen Telekommunikationsgeräten, wie Mobiltelefonen, ist am Leitungsende eine
 kleine Kapazität besonders erwünscht, um eine Einkopplung des Trägers im Megahertzfrequenzbereich zu verhindern. Dies lässt sich durch einen zusätzlichen in Richtung der Längsachse des flexiblen Flachleiters verlaufenden Schlitz

114 im Dielektrikum 108 erreichen. Diese weitere Ausführungsform ist schematisch in Figur 9 dargestellt. Dabei ergeben sich zwei Einzelkondensatoren mit halber Kapazität, durch die Flächen A3 und A4 symbolisiert, die über die Rückseitenmetallisierung 104 in Reihe geschaltet sind. Somit ergibt sich eine resultierende Kapazität von ca. 2,5 nF. Ordnet man den Querschnitt 114 unsymmetrisch an, so dass beispielsweise die Fläche A3 gleich 1/6 A4 ausmacht, so ergibt sich aus Gleichung [3] als resultierende Kapazität:

$$\begin{aligned} 1/C_{ges} &= 1/C_3 + 1/C_4 & [3] \\ &= 1/1,5 \text{ nF} + 1/9 \text{ nF} \approx 1,35 \text{ nF} \end{aligned}$$

[0035] Eine minimale Kapazität im Rahmen der heute üblichen Design-Rules ergibt sich, wenn man mehrere Querschlitz 114 so breit macht, dass nur noch drei Dielektrikumsflächen von 1 mm x 1 mm zurückbleiben. Damit ergibt sich in der Reihenschaltung eine Gesamtkapazität von ca. 100 pF.

[0036] Ein wesentlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht hierbei darin, dass sich diese Kapazität sehr nahe an dem Verbraucher befindet und dass damit Störfrequenzen, die sich über eine herkömmliche Leitung einkoppeln, weitaus effektiver unterdrückt werden. Damit kann gegebenenfalls im Verbraucher auf eine zusätzliche Filterung verzichtet werden, und der Verbraucher kann einfacher und kostengünstiger hergestellt werden.

[0037] Über die Wahl verschiedener Längs- und Querstreifen 112, 114 kann man im Rahmen der maximalen Kapazitäten und Induktivitäten liegende beliebiger Filterkombinationen erzeugen. Auch mehrstufige Filter sind damit möglich.

[0038] Figur 10 zeigt einen flexiblen Flachleiter 100, in den ein derartiges mehrstufiges Filter integriert ist. Das zugehörige elektrische Ersatzschaltbild ist in Figur 11 dargestellt.

[0039] Zur Verdeutlichung der vielfältigen Möglichkeiten bei der Auslegung der Filtercharakteristik wird das Filter der Figur 11 in entsprechende generische Stufen zerlegt. Pro Stufe wird eine Längsinduktivität von 9 nH mit einem Ohmschen Widerstand von ca. 100 mΩ und eine Querkapazität C_i von 85 nF angenommen. Die Figur 12 zeigt schematisch die generische Stufe "i".

[0040] In Figur 13 sind die Übertragungsfunktionen für flexible Flachleiter mit 10, 20 und 30 Stufen dargestellt. Dabei bezeichnet die Bezugsziffer 116 die Kurve für 10 aneinandergereihte generische Stufen nach Figur 12, die Kurve 118 die Übertragungsfunktion für 20 Stufen und die Kurve 120 die Übertragungsfunktion für 30 Stufen. Wie aus Figur 13 erkennbar, bleibt bei einer Erhöhung der Stufenzahl die Grenzfrequenz konstant, lediglich die Filtersteilheit wird größer. In einem Frequenzbereich von weniger als 100 kHz ist die Filterwirkung eher gering.

[0041] Wenn der flexible Flachleiter keine Mäanderstruktur in der elektrisch leitenden Schicht 102, 104 aufweist, das heißt, wenn die Induktivität vernachlässigbar ist, ist nur die Kapazität wirksam und es entsteht ein einfaches RC-Filter wie in Figur 14 gezeigt. Die gesamte erreichbare Kapazität auf eine Länge von 2 m beträgt $C_1 = 25 \mu\text{F}$.

[0042] Um die Hochfrequenzeigenschaften zu verbessern, kann an diese Anordnung ein weiterer LC-Kreis nachgeschaltet werden, indem der flexible Flachleiter nur in unmittelbarer Nähe des Verbrauchers strukturiert wird. Damit entsteht das in Figur 15 als Ersatzschaltbild dargestellte RCLC-Filter. Die Übertragungsfunktionen der Filterstrukturen aus Figur 14 und Figur 15 sind in Figur 16 in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt. Dabei bezeichnet die Kurve 122 die Übertragungsfunktion des einfachen RC-Filters aus Figur 14 und die Kurve 124 die Übertragungsfunktion des RCLC-Filters gemäß Figur 15. Wie man an der Kurve 124 erkennt, tritt beim RCLC-Filter eine Resonanz bei etwa 5,5 MHz auf. Dies ist die Resonanzfrequenz des LC-Kreises. Ab etwa 8 MHz wird die Dämpfung besser als beim einfachen RC-Filter. Durch eine Variation der Werte für das LC-Filter kann die Grenzfrequenz (und damit die Hochfrequenzdämpfungseigenschaften) beeinflusst werden.

[0043] Figur 17 stellt verschiedene Übertragungsfunktionen des Filters aus Figur 15 bei einer Variation der Werte für die Kapazität C_2 dar. Dabei wurde der Wert der Kapazität C_2 im Bereich von 50 nF bis 200 nF in 50 nF-Schritten geändert. Die Grenzfrequenz sinkt bei steigendem Wert von C_2 . Auf analoge Weise kann dies durch eine Variation der Induktivität L_1 erreicht werden. In der Figur 17 bezeichnet die Kurve 126 die Übertragungsfunktion für $C_2 = 50 \text{ nF}$, die Kurve 128 die Übertragungsfunktion für $C_2 = 100 \text{ nF}$, die Kurve 130 entspricht $C_2 = 150 \text{ nF}$ und die Kurve 132 einem Wert von $C_2 = 200 \text{ nF}$.

[0044] Eine weitere Erhöhung der Induktivität kann man erhalten, indem man beide Leiterflächen 102, 104 auf der Ober- und Unterseite des Dielektrikums 108 mäanderförmig strukturiert. Damit kann man bei völliger Ausnutzung der Länge die Induktivität nochmals verdoppeln.

[0045] Man erhält auf der entsprechenden Länge ein Gegentaktfilter (auch als Differential Mode Filter bezeichnet), wie dies in Figur 18 dargestellt ist, bei dem mit den oben genannten Parametern eine effektive Kapazität von bis zu 22 μF und eine effektive Induktivität von bis zu 7 μH erreicht werden können. Diese Auslegung ergibt sich, wenn man die beiden Leiterflächen deckungsgleich, das heißt mit gleichsinnig angeordneten Mäanderelementen 110 strukturiert.

[0046] Das der Anordnung aus Figur 18 entsprechende Ersatzschaltbild ist in Figur 19 dargestellt.

[0047] Orientiert man dagegen die beiden Leiterflächen 102, 104, wie in Figur 20 dargestellt, spiegelverkehrt, so dass die Mäanderelemente 110 jeweils gegensinnig angeordnet sind, erhält man ein Gleichtakfilter (Common Mode Filter), dessen Ersatzschaltbild in Figur 21 dargestellt ist. Damit können gleichsinnige Störungen durch die gegensinnigen Felder der beiden Induktivitäten auf der Ober- und Unterseite ausgelöscht werden.

[0048] In besonders vorteilhafter Weise kann der erfindungsgemäße flexible Flachleiter für ein Netzgerät, wie in Figur 22 dargestellt, eingesetzt werden. Dabei wird der flexible Flachleiter als Ausgangsleitung 203 eingesetzt, welche die Verbindung zwischen dem eigentlichen Netzteil 201 und einem Ausgangsstecker 202 herstellt. Der Ausgangsstecker 202 kann, wie in Figur 22 angedeutet, mit einer Vielzahl verschiedener Verbraucher 205 (beispielsweise Mobiltelefonen, PDAs, CD/DVD/MD/MP3-Abspielgeräten und dergleichen) verbunden werden, um diese mit elektrischer Energie zu versorgen. Das Netzteil 201 weist in der gezeigten Ausführungsform eine Aufwickelvorrichtung 204 auf, die beispielsweise ähnlich wie in der japanischen Offenlegungsschrift JP 2001/128350 A gezeigt, aufgebaut sein kann. Die Abdeckung des Netzteils 201 ist in der Figur 22 nur gestrichelt dargestellt, um die Übersichtlichkeit nicht zu gefährden.

[0049] Mit dem erfindungsgemäßen flexiblen Flachleiter als Ausgangsleitung 203 lassen sich innerhalb der vorgegebenen Geometrie dieser Ausgangsleitung die verschiedensten Filteranordnungen realisieren. Dabei ergibt sich für das Netzteil 201 neben den reduzierten Abmessungen der Leitungsanordnung vor allem eine Platz- und Kostenreduzierung in der Stromversorgung. Aber auch in einem hier nicht dargestellten mit dem Stecker 202 zu verbindenden Endgerät können Platz und Kosten reduziert werden, da auf ein separates EingangsfILTER verzichtet werden kann. Durch die planare Struktur des flexiblen Flachleiters gemäß der vorliegenden Erfindung ergeben sich geringe Toleranzabweichungen bei hoher Reproduzierbarkeit und erleichterter Herstellbarkeit. Das heißt, die Filterstrukturen können mit einem hohen Reproduktionsgrad gebildet werden.

[0050] Schließlich erlaubt die erfindungsgemäße Lösung die Verwendung umweltverträglicher Materialien ohne zusätzliche Weichmacher.

Patentansprüche

1. Flexibler Flachleiter mit mindestens zwei elektrisch leitenden Schichten (102, 104), die von einer elektrisch isolierenden Umhüllung (106) wenigstens teilweise umgeben sind, wobei die elektrisch leitenden Schichten (102, 104) durch mindestens eine zwischen ihnen angeordnete dielektrische Schicht (108) voneinander elektrisch isoliert sind, wobei mindestens eine erste (102) der elektrisch leitenden Schichten in mindestens einem Teilbereich durch Aussparungen (109, 111) so strukturiert ist, dass eine Vielzahl von Mäanderelementen (110) gebildet ist, wobei die Mäanderelemente (110) in einer durch den Flachleiter (100) definierten Ebene seriell aneinandergereiht sind, um eine Filterstruktur auszubilden.
2. Flexibler Flachleiter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aussparungen (109, 111) jeweils weniger als 50 % der Fläche eines jeden Mäanderelements (110) einnehmen.
3. Flexibler Flachleiter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aussparungen (109) durch Schlitze gebildet sind, die sich über etwa 50 % der Abmessung der strukturierten elektrisch leitenden Schicht (102) quer zur Längsachse des Flachleiters (100) erstrecken und eine Breite von weniger als etwa 10 % ihrer Länge haben.
4. Flexibler Flachleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dielektrische Schicht (108) durch ein flexibles keramisches Dielektrikum gebildet ist.
5. Flexibler Flachleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dielektrische Schicht (108) durch mindestens eine Aussparung (112, 114) in einzelne Teilbereiche (A1, A2, A3) untergliedert ist.
6. Flexibler Flachleiter nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Teilbereiche (A1, A2) der dielektrischen Schicht (108) so mit den elektrisch leitenden Schichten (102, 104) verbunden sind, dass ein Π -Filter ausgebildet ist.
7. Flexibler Flachleiter nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzelnen Teilbereiche (A1, A2, A3) durch mindestens eine quer zur Richtung der Längsachse des flexiblen Flachleiters verlaufende Aussparung (112) und mindestens eine in Richtung der Längsachse des flexiblen Flachleiters verlaufende Aussparung (114)

erzeugt sind.

- 5
8. Flexibler Flachleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und eine zweite elektrisch leitende Schicht (102, 104) so strukturiert sind, dass in mindestens einem Teilbereich des flexiblen Flachleiters (100) gleichsinnig angeordnete Mäanderelemente (110) ausgebildet sind, die zu einem Gegentaktfilter verschaltet sind.
- 10
9. Flexibler Flachleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und eine zweite elektrisch leitende Schicht (102, 104) so strukturiert sind, dass in mindestens einem Teilbereich des flexiblen Flachleiters (100) gegensinnig angeordnete Mäanderelemente (110) ausgebildet sind, die zu einem Gleichtaktfilter verschaltet sind.
- 15
10. Netzteil mit einer primärseitigen Steckverbindung (200) und einer sekundärseitigen Steckverbindung (202), **dadurch gekennzeichnet, dass** die sekundärseitige Steckverbindung (202) mit dem Netzteil (201) über einen flexiblen Flachleiter (203) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9 verbunden ist.
- 20
11. Netzteil nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der flexible Flachleiter (203) mittels einer Aufwickelvorrichtung (204) aufrollbar ist.

20

25

30

35

40

45

50

55

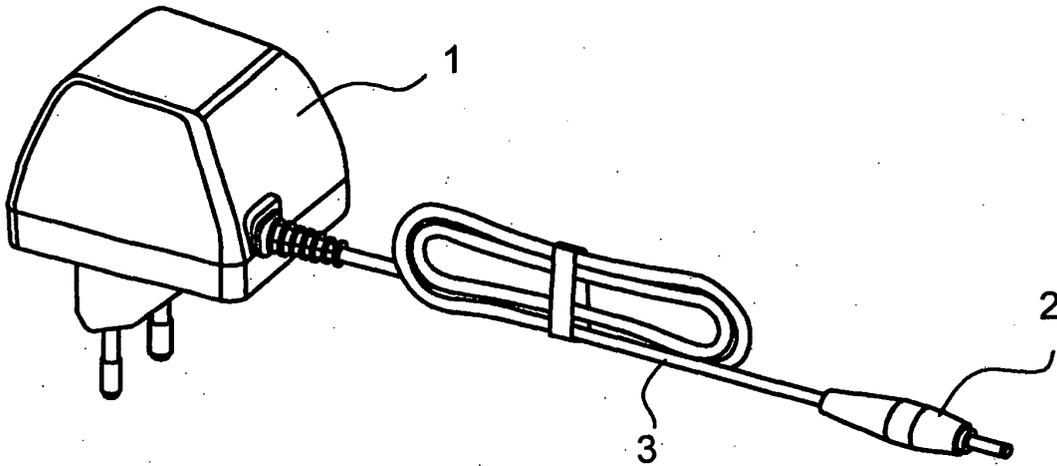


FIG. 1

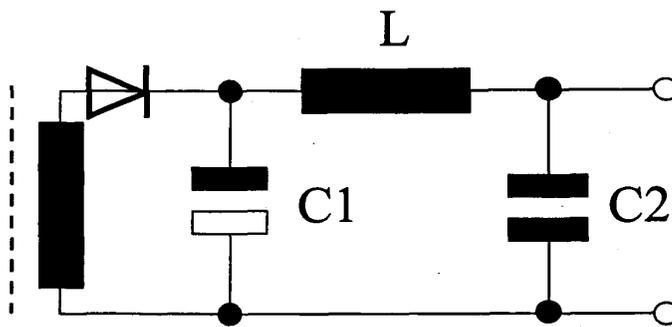


FIG. 2

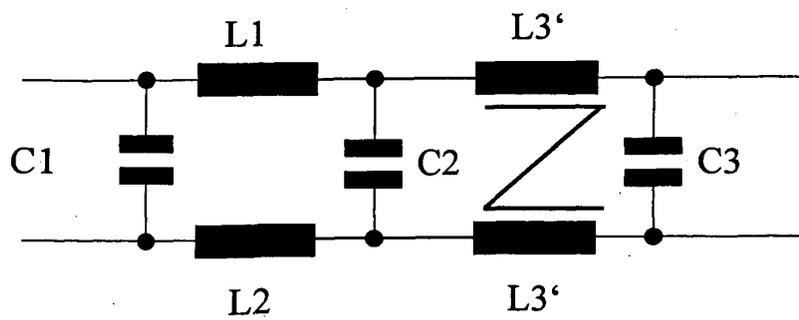
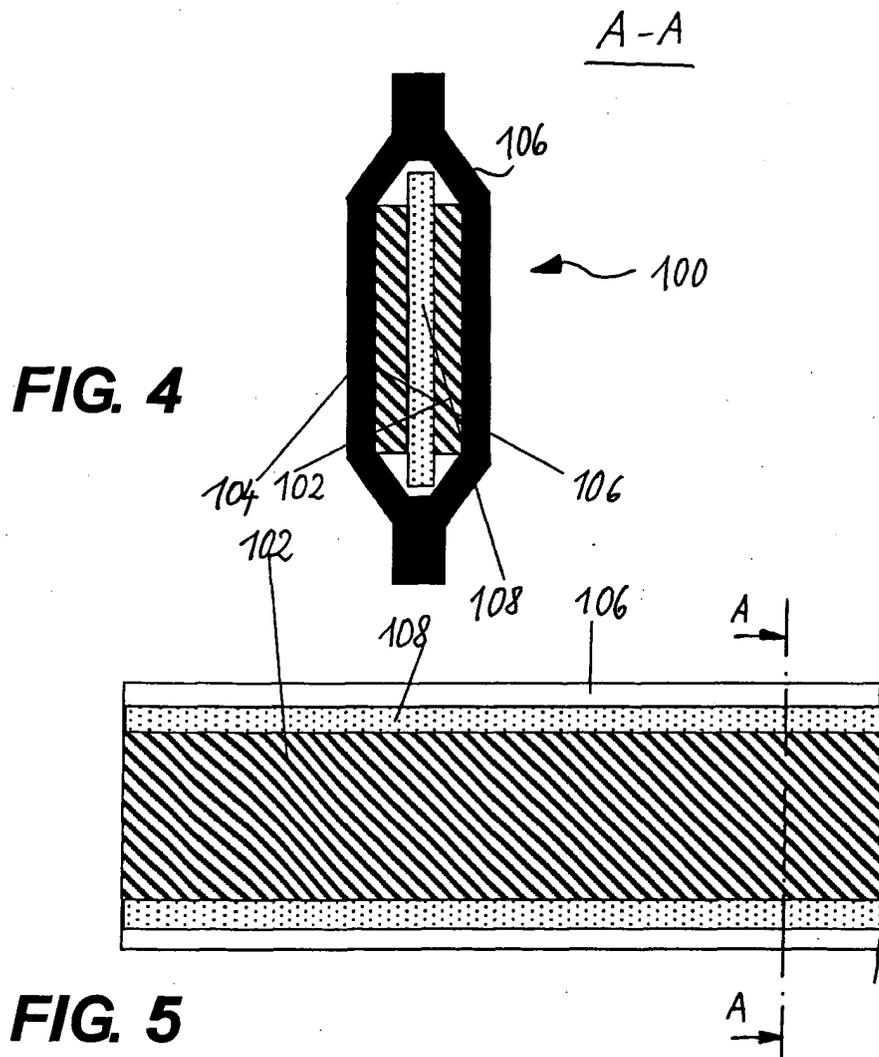
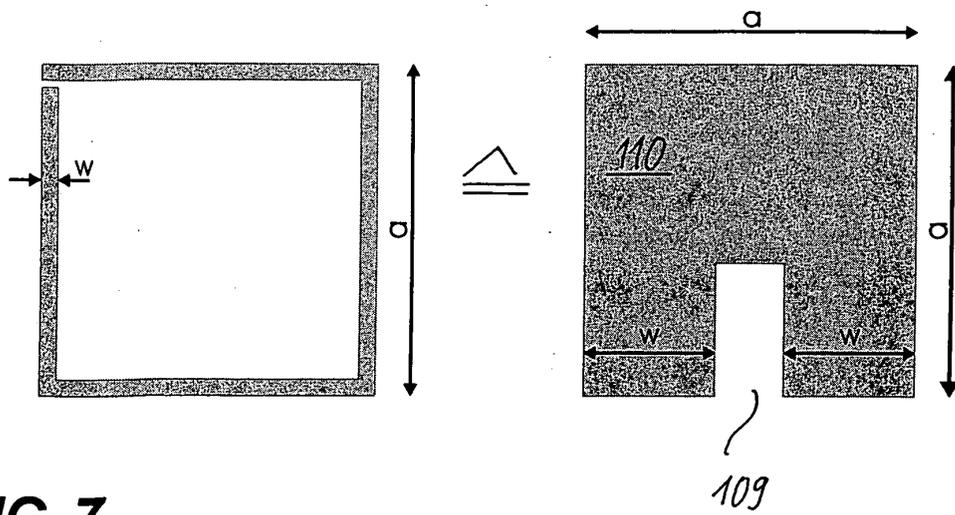
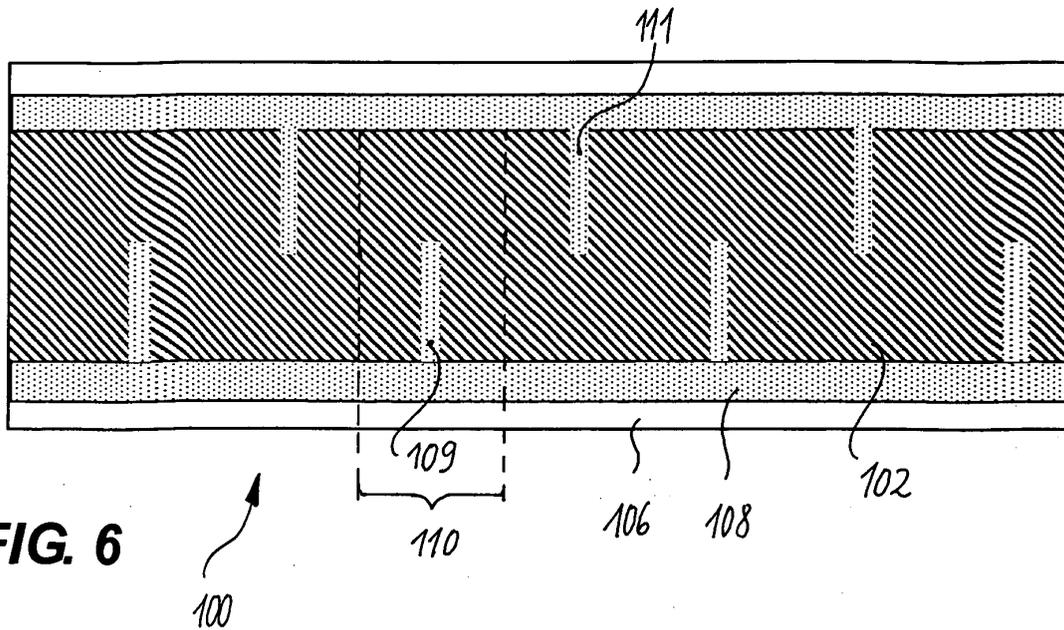


FIG. 3





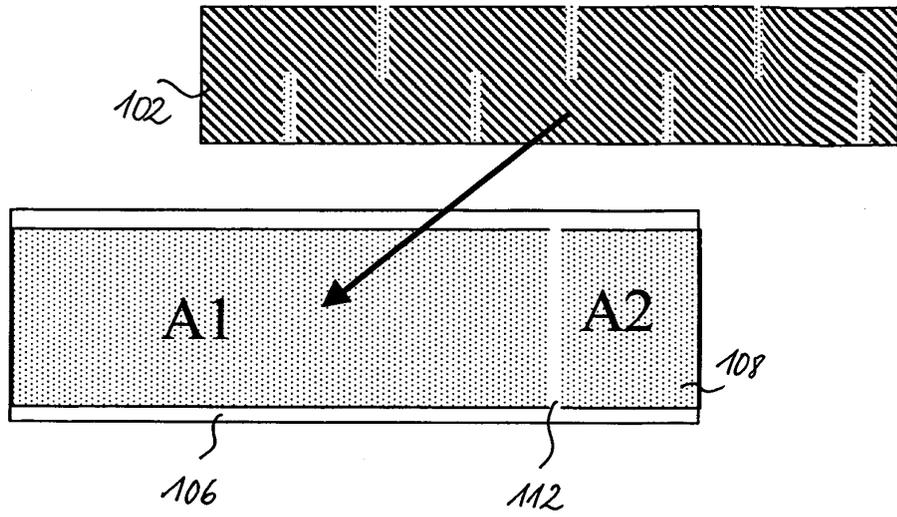


FIG. 8

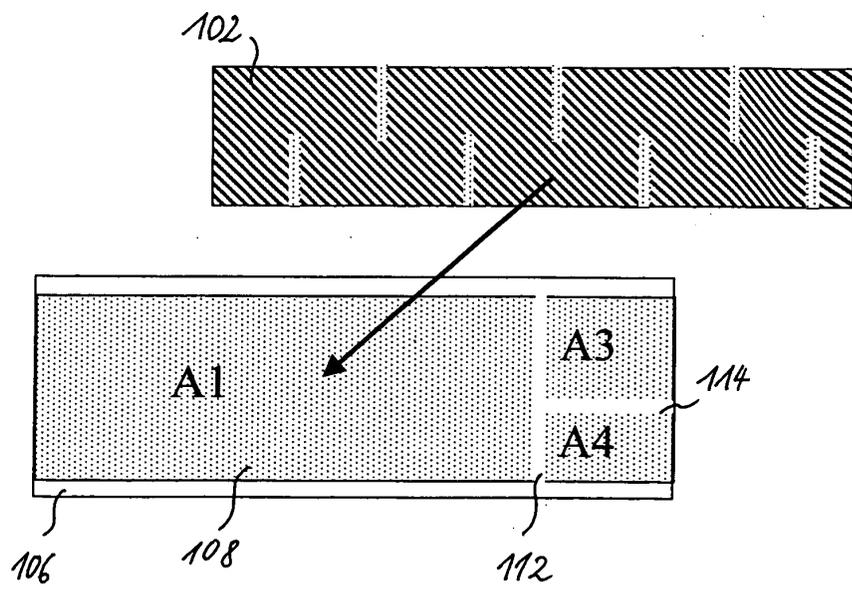


FIG. 9

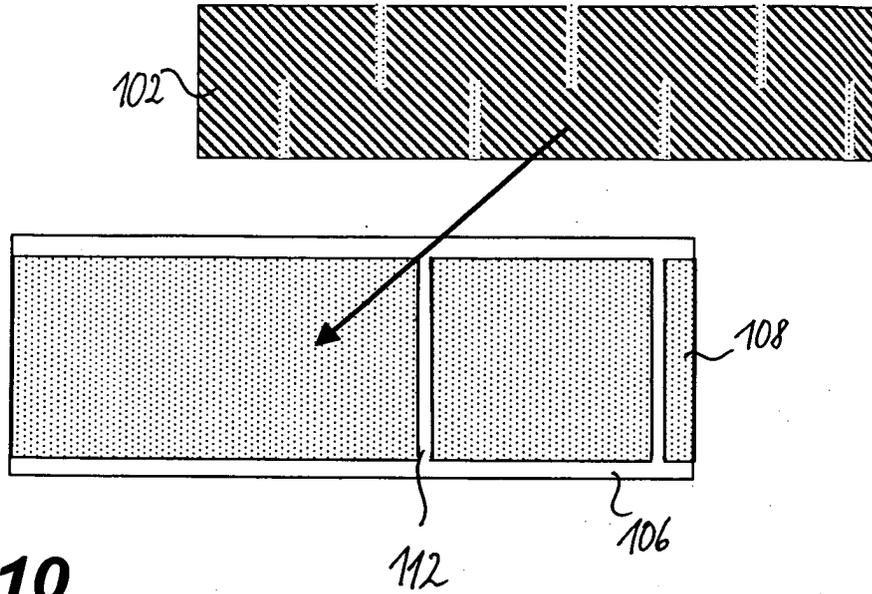


FIG. 10

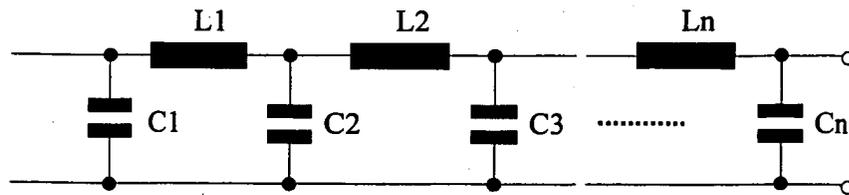


FIG. 11

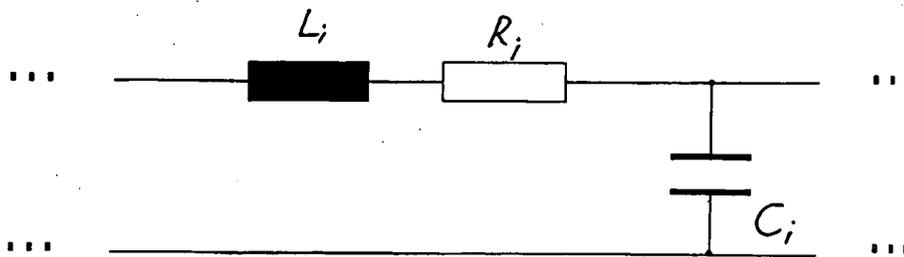


FIG. 12

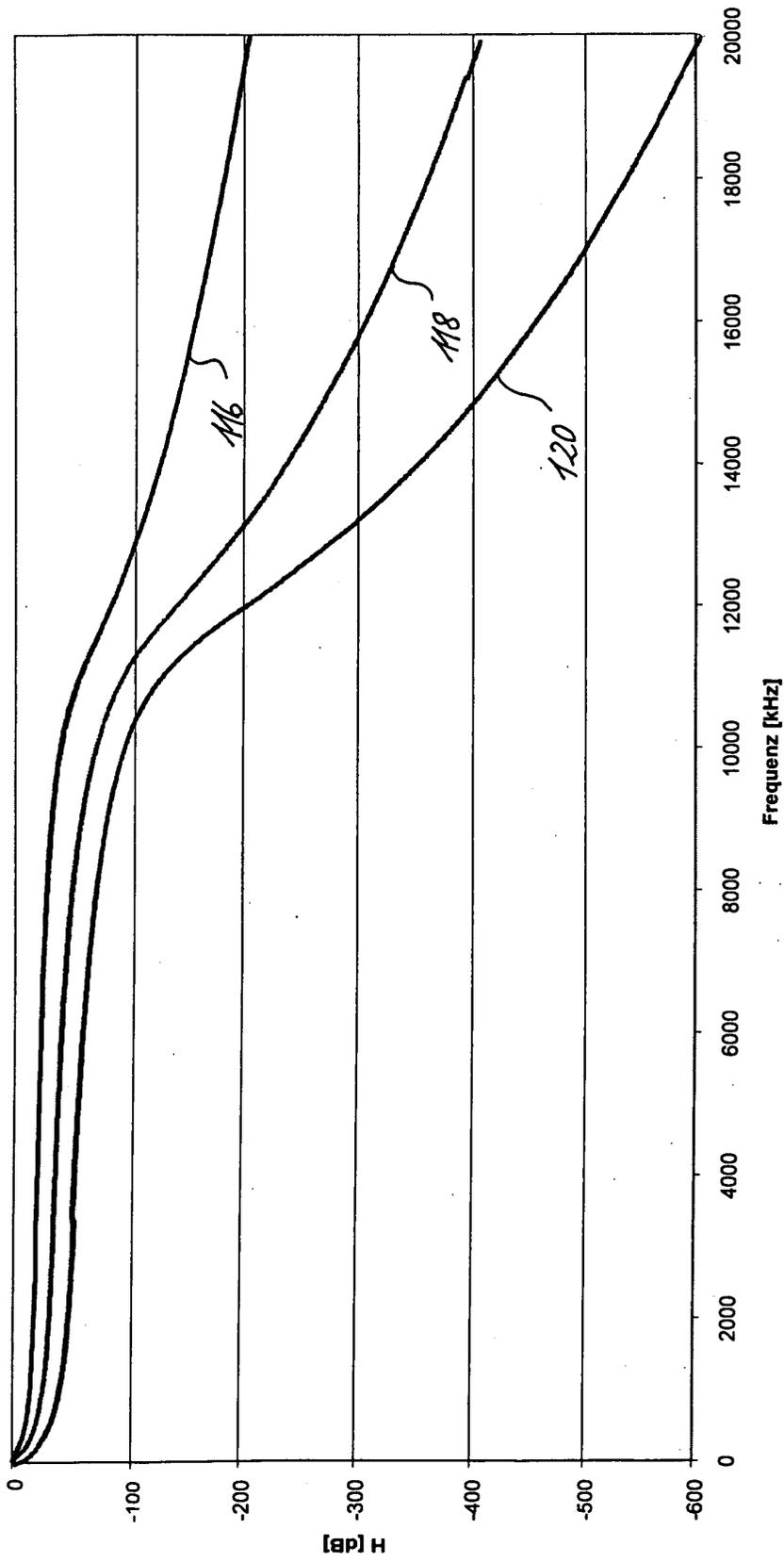


FIG. 13

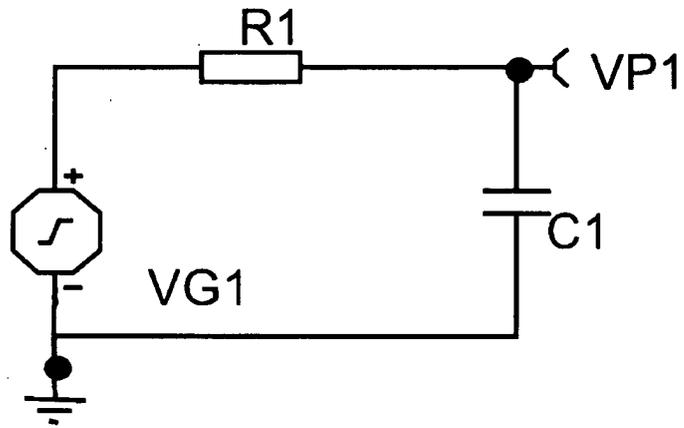


FIG. 14

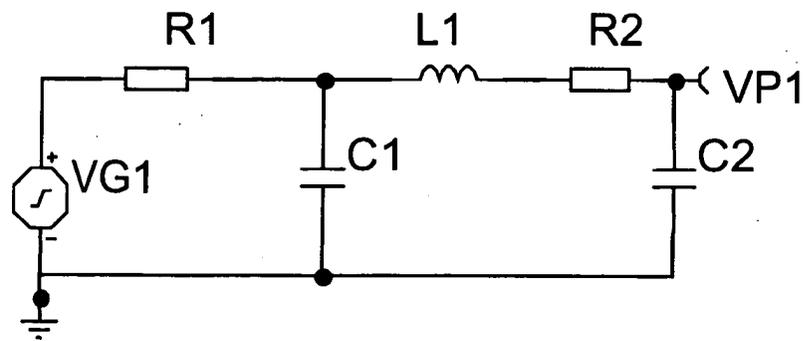


FIG. 15

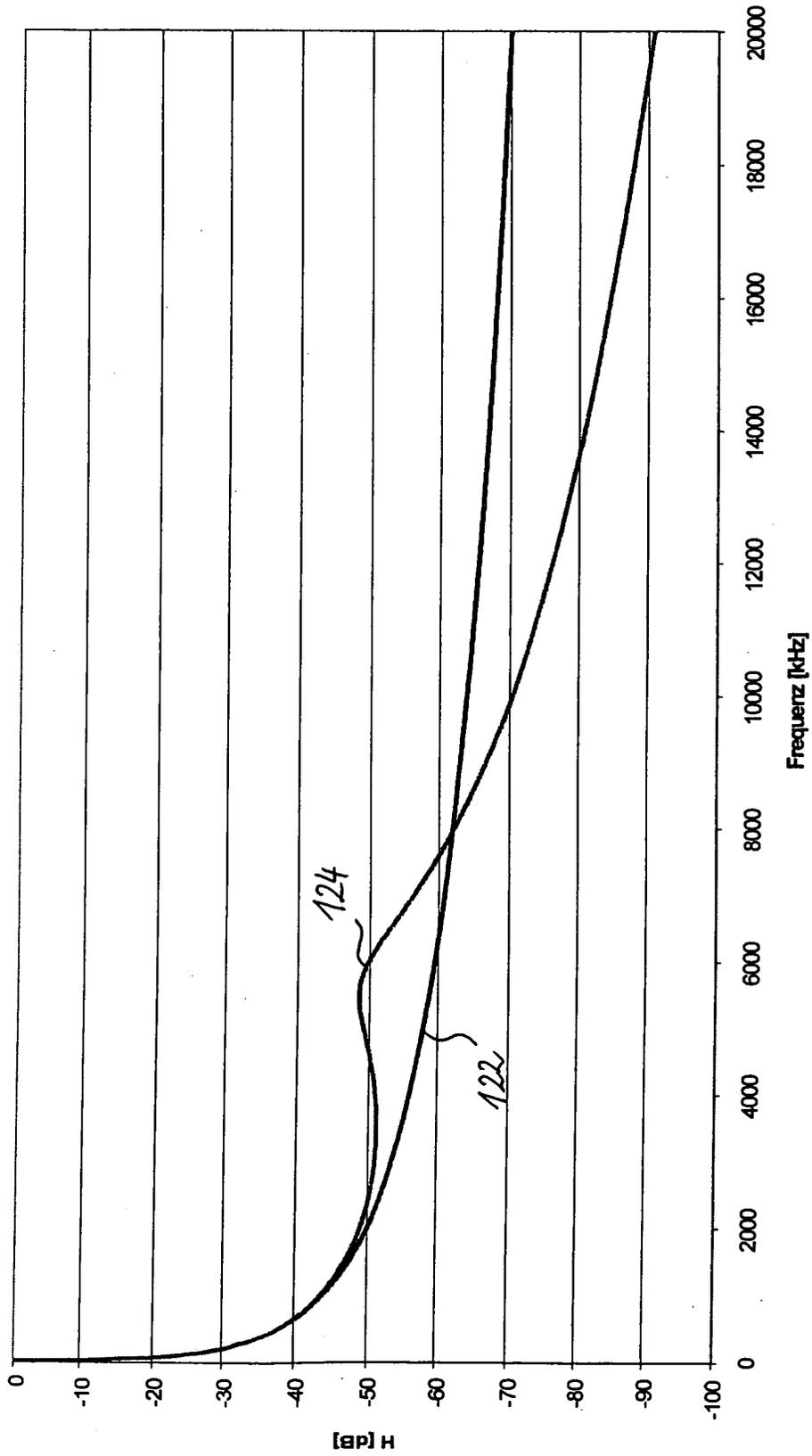


FIG. 16

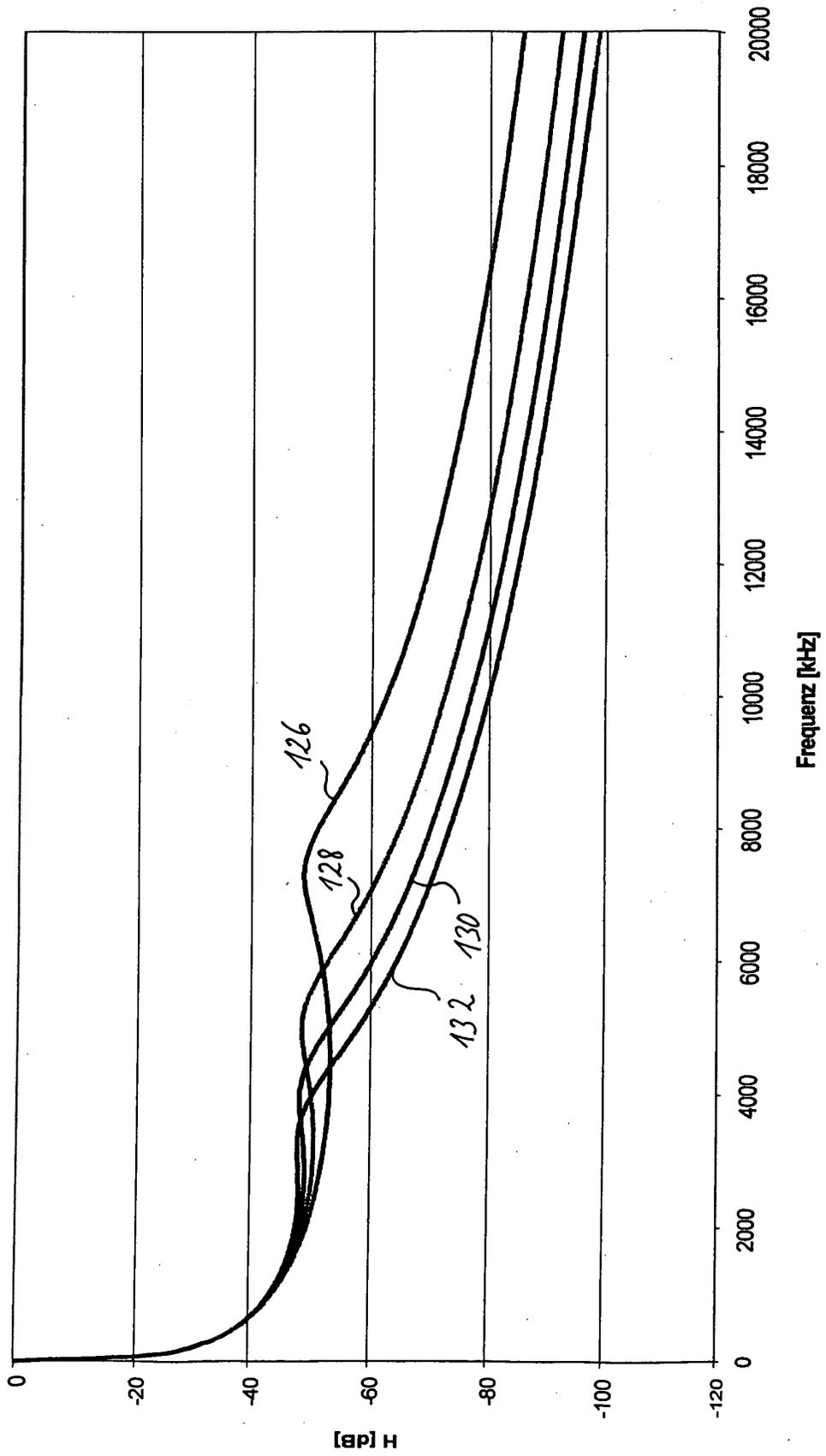


FIG. 17

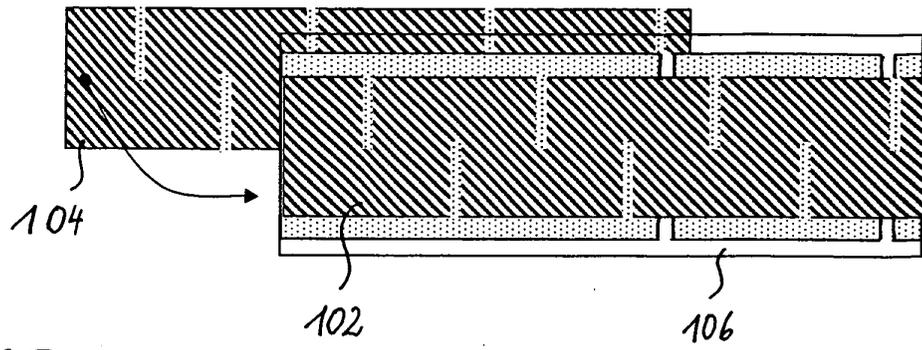


FIG. 18

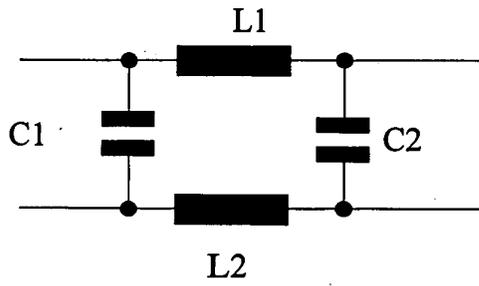


FIG. 19

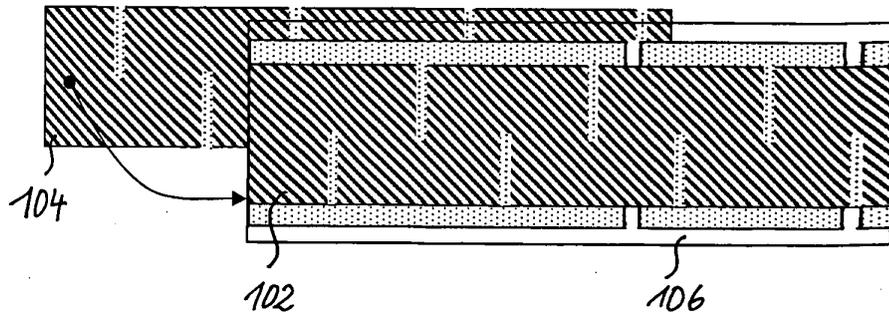


FIG. 20

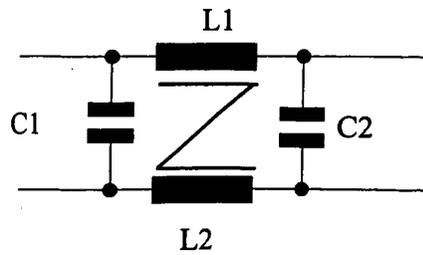


FIG. 21

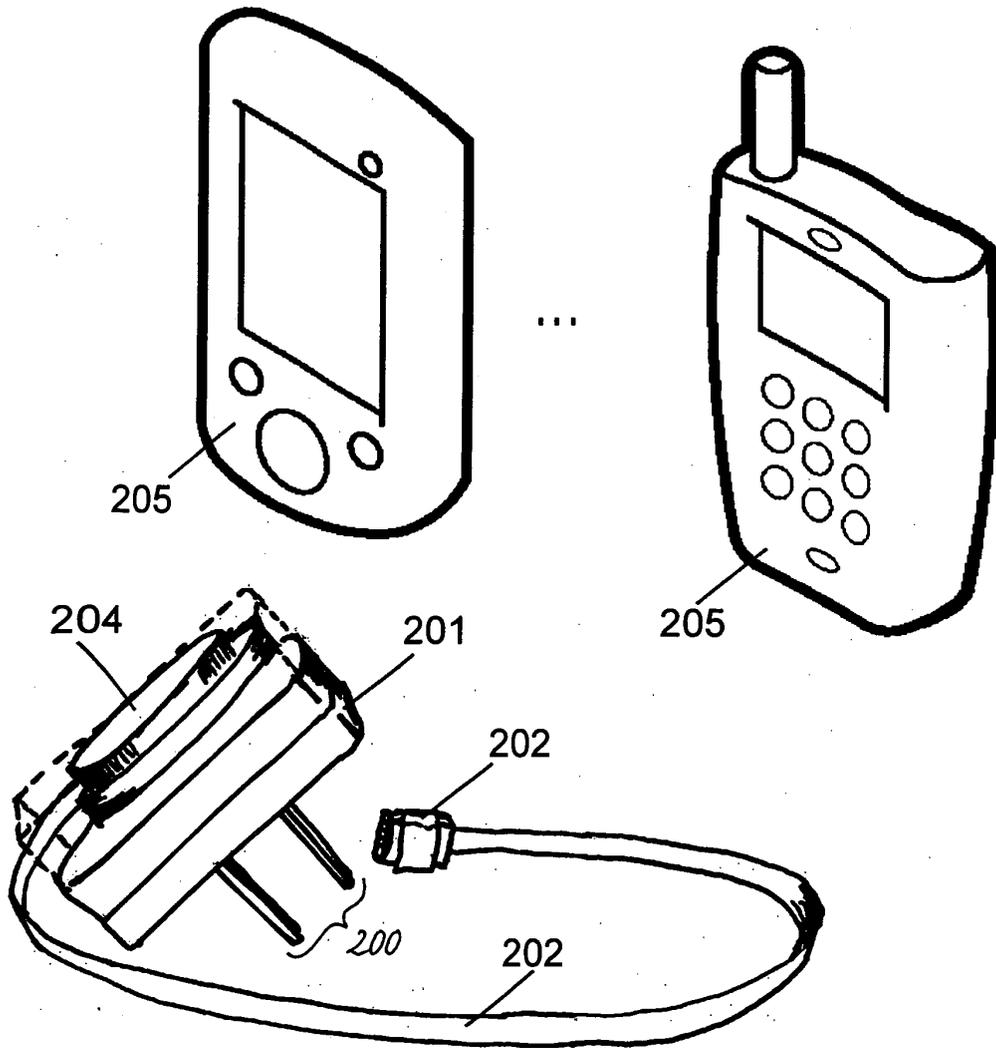


FIG. 22