



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 05 342 T2 2004.06.24**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 186 213 B1**

(51) Int Cl.7: **H05K 1/16**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 05 342.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/15281**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 938 092.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/74447**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.06.2000**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **07.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.03.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **17.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.06.2004**

(30) Unionspriorität:  
**324407 02.06.1999 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB**

(73) Patentinhaber:  
**Sun Microsystems, Inc., Palo Alto, Calif., US**

(72) Erfinder:  
**NOVAK, Istvan, Maynard, US**

(74) Vertreter:  
**Kindermann, M., Pat.-Anw., 71032 Böblingen**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR REDUZIERUNG VON RESONANZEN UND RAUSCHÜBERTRAGUNG IN LEISTUNGSVERTEILUNGSSCHALTUNGEN UNTER VERWENDUNG VON FLACHEN LEITERN**

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**

## BEREICH DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung betrifft elektronische Systeme, und insbesondere eine Vorrichtung zur elektrischen Leistungsverteilung, welche kontinuierliche planare Leiter verwendet.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Heutige elektronische und Halbleiter-ICs sind typischerweise auf einem mehrschichtigen Substrat oder einer mehrschichtigen Platine aufgebaut, welche dazu dienen, die elektronischen Bauteile oder Geräte, aus denen die Schaltung besteht, miteinander zu verbinden. Die mehrschichtigen Platinen oder Substrate wiederum bestehen aus leitenden Schichten, welche durch planare Isolierschichten voneinander getrennt sind. Teile einiger leitenden Schichten können entfernt werden, wobei elektrisch leitende Signalleitungen oder "Spuren" zurückbleiben, welche die Bauteile auf einer bestimmten Schicht miteinander verbinden. Elektrisch leitende Spuren in unterschiedlichen Schichten werden typischerweise miteinander verbunden, indem Löcher in den dazwischen liegenden Schichten gebildet und die Innenflächen der Löcher plattiert werden, um Strukturen zu bilden, die als "plattierte Durchgänge" bezeichnet werden. In einer oder mehreren Schichten werden die Bauteile und Geräte auch mit Gleichstrom und Erdung versorgt.

[0003] Signale in digitalen elektronischen Systemen übertragen Informationen typischerweise durch den Wechsel zwischen zwei Spannungspegeln (d.h. einem Niederspannungspegel und einem Hochspannungspegel), so dass ein digitales Signal mit der Zeit eine Wechselspannungscharakteristik mit einer Durchschnittsfrequenz erhält. Es werden laufend digitale elektronische Systeme hergestellt, die mit immer höheren Signalfrequenzen arbeiten. Zu den Anforderungen an ein Leistungsverteilungsnetz, welches mit Hochfrequenzschaltungen arbeitet, gehören eine niedrige Impedanz in den Leitern vom Netzteil zur Schaltung über jenen Frequenzbereich hinweg, mit dem die Schaltung arbeitet, sowie eine tiefpassfilterartige Transferreaktion, welche keine Spitzen in jenem Frequenzbereich erzeugt, in dem die Schaltung arbeitet.

[0004] Die niedrige Versorgungsimpedanz ist notwendig, weil Bauteile und Geräte, die mit hohen Frequenzen arbeiten, hochfrequente Übergangsströme in den Leitern aufweisen, welche die Bauteile mit Strom versorgen. Bei den in den Stromleitern vorhandenen hohen Frequenzen kann jede spürbare Impedanz einen wesentlichen Spannungsabfall in den Bauteilen bewirken. Die Versorgungsimpedanz besitzt für gewöhnlich einen Sollwert, der ausgehend vom Umfang des Rauschens berechnet wurde, das von der Elektronik erzeugt wird.

[0005] Die Anforderung an eine Tiefpass-Transferimpedanz ohne Spitzen ergibt sich aus der Tatsache, dass ein Gleichstrom im Stromverteilungsnetz übertragen werden soll, ohne jedoch das Rauschen ebenfalls zu übertragen. Die Bandbreite eines solchen Rauschens ist für gewöhnlich gleich oder höher als die Bandbreite der Signale, welche durch die Signalspuren übertragen werden müssen, so dass das Rauschen durch eine Tiefpass-Transferimpedanz verringert werden kann. In analogen Schaltungen und digitalen Elektronikbauteilen des Standes der Technik, wie sie zum Beispiel im US-Patent Nr. 4,779,164 offenbart sind, besteht das Stromverteilungsnetz aus Drähten, Metallschienen, Spuren und Ableitkondensatoren, die nahe an den elektronischen Bauteilen und Geräten angeordnet sind. Diese Art der Struktur erzeugt in sich eine Tiefpass-Charakteristik, und die Schmalband-Eigenschaft analoger Schaltungen und die niedrige Bandbreite digitaler Systeme des Standes der Technik stellten sicher, dass die Tiefpass-Eigenschaften trotz der Tatsache vorhanden waren, dass die Werte für den effektiven Reihenverlustwiderstand (ESR) und die äquivalente Serieninduktivität (ESL) der Ableitkondensatoren relativ hoch waren.

[0006] In modernen elektronischen Schaltungen ist die Sollimpedanz so niedrig (typischerweise im Milli-ohm-Bereich bis zu Frequenzen von mehreren hundert Megahertz), dass in der Praxis der Einsatz einer Leistungsverteilungsstruktur, welche aus einzelnen induktiven Bauteilen (Induktoren, Drähten, Spuren) und einzelnen Ableitkondensatoren besteht, zur Rauschunterdrückung keinen Sinn macht. Ein Ansatz des Standes der Technik, veranschaulicht im US-Patent Nr. 5,162,997, zur Erzeugung einer niedrigen Sollimpedanz besteht darin, durchgehende Ebenen in den mehrschichtigen Platinen zu verwenden, um Strom weiterzuleiten und eine Erdung zu ermöglichen. Um die Ableitkapazität zwischen den Signalspuren und den Strom- und Erdungsebenen zu erhöhen, verwendet das zuvor erwähnte Patent '977 darüber hinaus ein Material mit einer hohen Dielektrizitätskonstante (Dielektrischen Konstante) in der Isolierschicht zwischen den Signalspuren und den Stromleitungs- und Erdungsebenen. Das Material mit der hohen Dielektrizitätskonstante ermöglicht die lokale Speicherung der Ladung im Isoliermaterial zur Realisierung einer Ableitkapazitätsfunktion.

[0007] Im Patent '977 wird die hohe Dielektrizitätskonstante in der Isolierschicht dadurch erzielt, dass ein pulverförmiges Füllmaterial mit einer hohen Dielektrizitätskonstante in einem Bindematerial verteilt wird. Obwohl jedoch die Dielektrizitätskonstante des reinen Füllmaterials hoch ist, wird die gesamte Dielektrizitätskonstante stark verringert, wenn das Material in einem Material mit niedriger Dielektrizität verteilt wird. Ein anderer Ansatz des Standes der Technik, der im US-Patent Nr. 5,065,284 offenbart wird, besteht nun darin, Chips zu verwen-

den, die aus einem Material mit hoher Dielektrizität zusammengesetzt sind (zum Beispiel Keramikmaterial), und ein planares Gitter aus diesen Chips zu bilden, die in geringem Abstand zueinander angeordnet sind. Die Chips werden von einem flexiblen Polymer bzw. Klebstoff an ihrem Platz gehalten, um eine Folie zu bilden. Die Folie wird anschließend zwischen zwei planare Leiter gelegt, um eine Leiterplatte zu bilden. Ein anderer Ansatz ist im deutschen Patent 2130824 offenbart, in dem keramische Inseln verwendet werden, welche in einem regelmäßigen Raster voneinander beabstandet und über die gesamte Isolierschicht verteilt sind, um ein Raster aus getrennten Kondensatoren zu bilden.

[0008] Damit elektronische Schaltungen allerdings bei hohen Frequenzen funktionieren, müssen die Spuren, welche die digitalen Signale von einem Bauteil zum anderen transportieren und als Signalverbindungen bezeichnet werden, eine kurze Ausbreitungsverzögerung und einen niedrigen Signalverlust bei hohen Frequenzen besitzen. Die Signalausbreitungsverzögerung in einer Signalverbindung wird in erster Linie von zwei Faktoren beeinflusst:

der Verbindungslänge und der Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials in der Isolierschicht zwischen der Signalverbindung und der Stromleitungs- und Erdungsebene. Um die Ausbreitungsverzögerung zu verkürzen, müssen Materialien mit einer niedrigeren Dielektrizitätskonstante verwendet werden. Verluste in den Signalspuren ergeben sich sowohl aus dem Kupferverlust als auch aus dem Dielektrizitätsverlust, und um die Hochfrequenzverluste zu minimieren, muss auch die Dielektrizitätskonstante der Isoliermaterialien niedrig sein. Die Verwendung von Materialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante verringert die lokal verfügbare Ladung und steht somit in Konflikt mit der erforderlichen Rauschdämpfung im Leistungsverteilungsnetz.

[0009] Darüber hinaus erzeugt die Verwendung von Isoliermaterialien mit geringem Dielektrizitätsverlust zusammen mit den großen planaren Stromleitungs- und Erdungsschichten elektrische Resonatoren, und sowohl die Eigenimpedanzen als auch die Transferimpedanzen einer solchen Struktur weisen eine unendliche Anzahl an Resonanzspitzen an unterschiedlichen Stellen in der Struktur auf. In der Folge wird die Stromversorgungsimpedanz bei diesen Spitzen erhöht, und das Rauschen kann von einem Punkt zum anderen übertragen werden, wobei es sogar noch weniger gedämpft ist und selbst in großer Entfernung von der Rauschquelle noch verstärkt wird. **Fig. 1** ist zum Beispiel eine Perspektivansicht zweier quadratischer, elektrisch leitfähiger Ebenen **100** und **102**, die durch eine dielektrische Schicht **104** voneinander getrennt sind, wobei diese Schicht aus einem Fiberglas-Epoxid-Verbundmaterial mit der Bezeichnung FR4 hergestellt ist, welches häufig bei der Herstellung von Leiterplatten Verwendung findet. Jede elektrisch leitfähige Ebene besitzt eine Seitenlänge (L) von 254 mm (10 Zoll), ist aus Kupfer hergestellt und 0,0356 mm (0,0014 Zoll) dick. Die FR4-Isolierschicht, welche die Ebenen voneinander trennt, besitzt eine Dielektrizitätskonstante von etwa 4,7 und eine Dicke (h) von 0,05 mm (0,002 Zoll). **Fig. 3** ist ein Graph der Größe der simulierten elektrischen Impedanz zwischen den beiden rechteckigen, elektrisch leitfähigen Ebenen von **Fig. 1** ( $\log_{10}$ -Skalen) im Vergleich zur Frequenz einer Spannung zwischen den Ebenen ( $\log_{10}$ -Skala). Der Graph veranschaulicht die "Eigenimpedanz" an drei unterschiedlichen Stellen: in der Mitte der Struktur (MSCntr), in einer Ecke (MSCrn) und in der Mitte einer Seite (MS-Midx). Für die Erstellung des Graphen wurde jede der beiden elektrisch leitfähigen Ebenen als ein aus Übertragungsleitungssegmenten **200** bestehendes Gitter modelliert, wobei diese Segmente an den Knoten **202** miteinander verbunden sind, wie dies in **Fig. 2** dargestellt ist. Die Gittergröße betrug 25,4 mm (1 Zoll), und der Impedanzwert wurde dadurch simuliert, indem eine Frequenzdurchlaufstromquelle mit einer Einheitsgröße schrittweise durch alle Knoten **202** geführt wurde und die Spannungswerte an allen Schaltungsknoten berechnet wurden. Die "Eigenimpedanz" an den einzelnen Knoten ist die Komplexspannung am Knoten, während sich die Stromquelle ebenfalls am selben Knoten befindet. Die Transferimpedanz zwischen einem ersten Knoten und einem zweiten Knoten ist die Komplexspannung am zweiten Knoten, während sich die Stromquelle am ersten Knoten befindet.

[0010] Wie in **Fig. 3** gezeigt, schwankt die Größe der Eigenimpedanz zwischen den parallelen, elektrisch leitfähigen Ebenen **100** und **102** von **Fig. 1** stark bei Frequenzen über etwa 100 MHz. Die parallelen, elektrisch leitfähigen Ebenen weisen mehrere elektrische Resonanzen bei Frequenzen zwischen 100 MHz und 1 GHz auf, was zu alternierenden hohen und niedrigen Impedanzwerten führt, welche die Stromversorgungsimpedanz und die Rauschübertragungseigenschaften bei diesen Frequenzen beeinflussen.

[0011] Es wäre daher wünschenswert, ein System für die Leistungsverteilung zu haben, welches keine Resonanzen innerhalb der Bandbreite der Signale aufweisen würde, eine hohe Dämpfung des Rauschens ermöglichen würde, das sich zwischen verschiedenen Punkten ausbreitet, und eine hohe Ladungsreservekapazität aufweisen würde, um die Leistungsverteilungsimpedanz zu verringern, ohne dadurch die Signalausbreitungsverzögerung zu erhöhen.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0012] Gemäß einer veranschaulichenden Ausführungsform der Erfindung werden die oben genannten Ziele durch Verwendung kapazitiv geladener, planarer Leiter in einer Mehrschichtkonstruktion erreicht, welche durch Isoliermaterial mit einer relativ niedrigen Dielektrizitätskonstante getrennt sind. Die Leitungs- und Erdungsebe-

nen sind an bestimmten Stellen mit einer ausreichenden Kapazität oder Reihenkapazität und Widerstand ausgestattet, so dass die Planaren Leiter elektrisch in kleinere Abschnitte unterteilt werden, welche mit Frequenzen oberhalb der Signalbandbreite schwingen. Die Ausbreitung des hervorgerufenen Rauschens wird durch den Tiefpassfiltereffekt der kapazitiven Belastung an den einzelnen Stellen unterdrückt.

[0013] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden Inseln aus einem Material, das eine höhere Dielektrizitätskonstante besitzt als das gesamte Isoliermaterial, in regelmäßigen Abständen dort angeordnet, wo die Kapazität der einzelnen Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante etwa gleich groß oder größer ist als die Kapazität des Materials mit "niedriger" Dielektrizitätskonstante, welches den Rest des Isoliermaterials umfasst. Der Abstand zwischen den Inseln wird auf der Basis der vorhandenen Signalfrequenzbandbreite ausgewählt.

[0014] Gemäß einer zweiten Ausführungsform werden Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante rund um die Leitungs- und Erdungswege angeordnet, wo die meiste Übergangsladungsfähigkeit benötigt wird. Die Anordnung von Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante wird in jenen Bereichen vermieden, in denen Signaltransportpfade die Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante queren könnten.

[0015] Gemäß einer weiteren Ausführungsform können getrennte Kondensatoren, wie zum Beispiel Dünnschichtkondensatoren oder eingebettete Kondensatoren, auf den oder in der Nähe der Leistungs- und Erdungsebenen an ausgewählten Stellen in der Laminierung angeordnet werden.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] Die oben genannten sowie weitere Vorteile der Erfindung können besser durch die Bezugnahme auf die folgende Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen verstanden werden, in denen:

[0017] **Fig. 1** eine Perspektivansicht eines Substrats einer elektronischen Schaltung ist, welche zwei planare Leiter umfasst, die durch eine Isolierschicht voneinander getrennt sind.

[0018] **Fig. 2** ein Gitter aus Übertragungsleitungen ist, die verwendet werden, um das in **Fig. 1** gezeigte Schaltungssubstrat für die Simulation zu modellieren.

[0019] **Fig. 3** ein Graph ist, der die Größe der simulierten Eigenimpedanz an drei unterschiedlichen Stellen in der in **Fig. 1** dargestellten Struktur im Vergleich zur Frequenz der angelegten Stromquelle zeigt.

[0020] **Fig. 4** ein Schnittdiagramm eines mehrschichtigen Substrats ist, welches einen Signal- und einen Leistungsweg besitzt.

[0021] **Fig. 5A–5F** Graphen der Größe der simulierten Eigenimpedanz an drei unterschiedlichen Stellen an der in **Fig. 1** dargestellten Struktur im Vergleich zur Frequenz der angelegten Stromquelle für eine Ausführungsform sind, die gleichförmig mit verschiedenen Kapazitätswerten belastet wurde. Jeder Graph repräsentiert einen anderen Wert der Ladefähigkeit.

[0022] **Fig. 6** ein Querschnittsdiagramm eines mehrschichtigen Substrats ist, welches gleichförmig beabstandete Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante gemäß den Prinzipien der Erfindung besitzt.

[0023] **Fig. 7** eine Perspektivansicht eines mehrschichtigen Substrats ist, welches gleichförmig beabstandete Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante gemäß den Prinzipien der Erfindung besitzt.

[0024] **Fig. 8** ein schematisches Diagramm eines Kondensators ist, welcher der Kapazität einer Insel mit hoher Dielektrizitätskonstante entspricht.

[0025] **Fig. 9** ein schematisches Diagramm eines Reihenkondensators und eines Widerstands ist, welche der Kapazität einer Insel mit hoher Dielektrizität entsprechen, kombiniert mit einem Widerstand, oder welche der Kapazität einer Insel mit hoher Dielektrizitätskonstante und deren effektivem Reihenwiderstand (ESR) entsprechen.

[0026] **Fig. 10** ist ein Querschnittsdiagramm eines mehrschichtigen Substrats, welches Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante umfasst, die gemäß den Prinzipien der Erfindung rund um die Leistungs- und Erdungswege angeordnet sind.

[0027] **Fig. 11** ist eine Perspektivansicht eines mehrschichtigen Substrats, welches Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante umfasst, die gemäß den Prinzipien der Erfindung rund um die Leistungs- und Erdungswege angeordnet sind.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0028] Wie zuvor erwähnt, kann die in **Fig. 1** dargestellte Struktur als ein aus Übertragungsleitungen bestehendes Gitter für Simulationszwecke modelliert werden, wie dies in **Fig. 2** dargestellt ist. Um das Modell zu vereinfachen, wird davon ausgegangen, dass es sich bei den Übertragungsleitungen um verlustlose Übertragungsleitungssegmente **200** mit idealen Eigenschaften handelt. Durch Modifizierung der folgenden Gleichungen auf eine bekannte Art und Weise können jedoch auch Übertragungsleitungssegmente mit Verlusten verwendet werden, um Widerstands- und Außenhautverlusten in Leitern und Dielektrizitätsverlusten in dielektrischen Schichten Rechnung zu tragen.

[0029] Das Übertragungsleitungsgitter umfasst ein quadratisches Drahtgeflechtgitter mit Übertragungslei-

tungssegmenten, die durch die Knoten **202** miteinander verbunden sind. Die Knoten sind durch einen äquivalenten Abstand  $s$  voneinander getrennt. Die Eigenschaften idealer Übertragungsleitungen **200** werden durch zwei Gleichungen bestimmt, welche die charakteristische Impedanz und die Ausbreitungsverzögerung definieren. Die charakteristische Impedanz " $Z_o$ " einer idealen Übertragungsleitung wird definiert durch die folgende Gleichung:

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

wobei  $L$  die Induktanz der Übertragungsleitung pro Längeneinheit und  $C$  die Kapazität pro Längeneinheit ist. Die Ausbreitungsverzögerung " $t_{pd}$ " der Übertragungsleitung pro Längeneinheit wird durch die folgende Gleichung definiert:

$$t_{pd} = \sqrt{LC}$$

wobei  $L$  und  $C$  die gleichen Parameter sind wie oben. Eine Kombination dieser Gleichungen ergibt:

$$Z_o = \frac{t_{pd}}{C}$$

[0030] In einer Struktur wie jener, die in **Fig. 1** dargestellt ist, können die Kapazität und die Ausbreitungsverzögerung für eine quadratische Zelleinheit mit einer Seitenlänge  $s$  bestimmt werden. Die Niederfrequenzkapazität einer jeden quadratischen  $s$ -mal- $s$  Zelleinheit  $C_u$  wird durch die folgende Gleichung angegeben:

$$C_u = \epsilon_o \epsilon_r \left( \frac{s^2}{h} \right)$$

wobei  $\epsilon_o$  die Dielektrizitätskonstante von Luft ist, und  $\epsilon_r$  die relative Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials ist, welches die planaren Leiter trennt. Die Ausbreitungsverzögerung  $t_{pdu}$  entlang einer Seite  $s$  der Zelleinheit wird angegeben durch:

$$t_{pdu} = \frac{s}{c} \sqrt{\epsilon_r}$$

wobei  $c$  die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist (ungefähr  $3 \times 10^8$  Meter pro Sekunde). Daher wird eine ungefähre charakteristische Niederfrequenz-Impedanz  $Z_{ou}$  einer jeden quadratischen  $s$ -mal- $s$  Zelleinheit angegeben durch:

$$Z_{ou} = \frac{t_{pdu}}{C_u} = \left( \frac{s \sqrt{\epsilon_r}}{c} \right) \left( \frac{h}{\epsilon_o \epsilon_r s^2} \right) = \frac{h}{c \epsilon_o s \sqrt{\epsilon_r}} = Z_{oo} \left( \frac{h}{s \sqrt{\epsilon_r}} \right)$$

wobei  $Z_{oo}$  die Impedanz des freien Raums,  $120 \pi$  Ohm, ist.

[0031] In dem in **Fig. 2** dargestellten Gitter wird jede quadratische  $s$ -mal- $s$  Gitterzelle durch vier Übertragungsleitungssegmente **200** dargestellt, wobei je eine entlang jeder Seite der Zelleinheit verläuft. Daher muss jedes Übertragungsleitungssegment **200** eine charakteristische Impedanz von  $4 \cdot Z_{ou}$  besitzen, damit die Gesamtimpedanz gleich  $Z_{ou}$  sein kann. Übertragungsleitungssegmente **200** benachbarter Zellen sind zueinander parallel, was zu äquivalenten charakteristischen Impedanzen von  $2 \cdot Z_{ou}$  führt, und die Übertragungsleitungssegmente an den Außenkanten der Struktur besitzen charakteristische Impedanzen von  $4 \cdot Z_{ou}$ . Alle Übertragungsleitungssegmente **200** besitzen eine Ausbreitungszeitverzögerung von  $t_{pdu}$ . Bei einer Struktur, welche FR4-Isoliermaterial enthält, ist  $\epsilon_r = 4,7$ , und  $s$  wurde als 25,4 mm (1 Zoll) und  $h$  als 0,05 mm (0,002 Zoll) angenommen. Dadurch erhält man eine charakteristische Impedanz pro Zelleinheit von:

$$Z_{ou} = Z_{oo} \left( \frac{h}{s \sqrt{\epsilon_r}} \right) = 120 \pi \Omega \left( \frac{0.002}{\sqrt{4.7}} \right) = 0.35 \Omega$$

[0032] Dieser Wert wurde für die Simulation verwendet, welche den in **Fig. 3** dargestellten Graphen erzeugte.

[0033] **Fig. 4** ist eine Querschnittsansicht eines Abschnitts eines mehrschichtigen elektronischen Substrats **400**. In dem in **Fig. 4** dargestellten Substrat gibt es vier Planare elektrische Leiter: einen ersten Planaren Signalleiter **402**, einen Planaren Erdungsleiter **404**, einen planaren Leistungsleiter **406**, und einen zweiten Planaren Signalleiter **408**. Der Planare Leistungsleiter **406** ist mit einer Leistungsklemme eines elektrischen Netzteils verbunden, und der planare Erdungsleiter **404** ist mit einer Erdungsklemme des Netzteils verbunden. Zwischen dem planaren Leistungsleiter **406** und dem planaren Erdungsleiter **404** werden elektronische Geräte ange-

geschlossen, um mit elektrischem Strom versorgt zu werden. Der erste planare Signalleiter **402** und der planare Erdungsleiter **404** sind durch eine erste dielektrische Schicht **410** voneinander getrennt. Auf ähnliche Weise sind der planare Erdungsleiter **404** und der planare Leistungsleiter **406** durch eine zweite dielektrische Schicht **412** voneinander getrennt. Schließlich sind der planare Leistungsleiter **406** und der zweite planare Signalleiter **408** durch eine dritte dielektrische Schicht **414** voneinander getrennt. Das Substrat **400** kann mehr oder weniger Schichten besitzen als in **Fig. 4** dargestellt, ohne dass dadurch die Funktionstüchtigkeit der Erfindung darunter leidet.

[0034] Um die Netzteilimpedanz zu verringern, sind der planare Leistungsleiter **406** und der planare Erdungsleiter **404** über mindestens einen Abschnitt des Substrats **400** hinweg durchgängig. Allerdings können der erste planare Signalleiter **412** und der zweite planare Signalleiter **408** geätzt werden, um elektrisch leitfähige Spuren zu bilden, wie sie weiter oben beschrieben wurden.

[0035] Elektrische Bauteile **418** können über Kabel **416** mit den Spuren **412** verbunden werden, wie dies in **Fig. 4** dargestellt ist. Darüber hinaus kann das Bauteil **418** am planaren Leistungsleiter **406** angeschlossen werden, und zwar über ein am plattierten Durchgang **422** angeschlossenes Kabel, das mit dem planaren Leistungsleiter **406** verbunden ist. Der Durchgang **422** wird mit Hilfe einer Anzahl gut bekannter Prozesse gebildet.

[0036] Wenn in Übereinstimmung mit den Lehren des Standes der Technik die Dielektrizitätskonstante der dielektrischen Schicht **412** erhöht wird, um die Netzteilimpedanz zu verringern und die Ladespeicherung in der dielektrischen Schicht zu erhöhen, verringert die erhöhte Ladekapazität im Bereich rund um den Leistungsdurchgang **422** das Rauschen. Allerdings belastet die erhöhte Dielektrizitätskonstante im Bereich des signalführenden Durchgangs **424** kapazitiv die Signalspur an jener Stelle, an der sie durch die Schicht **412** mit der hohen Dielektrizitätskonstante hindurchtritt, erhöht die Signalausbreitungszeit und erzeugt Verzerrungen. Auf Grund der geringeren Ausbreitungsgeschwindigkeiten verringert die Schicht **412** mit der hohen Dielektrizitätskonstante darüber hinaus die Resonanzfrequenzen in den planaren Leitern **404** und **406**, wodurch es wahrscheinlicher wird, dass die resonanten Frequenzen innerhalb der Signalbandbreite liegen. Darüber hinaus wird die Dämpfung des Rauschens zwischen voneinander entfernten Positionen durch die höhere Dielektrizitätskonstante nicht verändert. Auch neigen Materialien mit hoher Dielektrizitätskonstante zu Sprödigkeit und sind bei der Laminierung schwerer zu verarbeiten, wenn ganze feste Schichten benötigt werden.

[0037] Wie zuvor erwähnt werden gemäß den Prinzipien der Erfindung Materialien mit einer relativ niedrigen Dielektrizitätskonstante in der Isolierschicht **412** verwendet, aber die planaren Leistungs- und Erdungsleiter **404** und **406** werden mit einer ausreichenden Menge an Kapazität oder Reihenkapazität und Widerstand an bestimmten Stellen versorgt, so dass die planaren Leiter **404** und **406** elektrisch in kleinere Abschnitte unterteilt werden, welche bei Frequenzen oberhalb der Signalbandbreite in Schwingung treten. Die Ausbreitung des hervorgerufenen Rauschens wird durch den Tiefpassfiltereffekt der kapazitiven Belastung an den einzelnen Stellen unterdrückt.

[0038] Gemäß einer Ausführungsform besteht das Kernlaminat **412** aus einem Material mit niedriger Dielektrizitätskonstante, wie zum Beispiel dem zuvor erwähnten FR4-Material. "Inseln" aus Material mit hoher Dielektrizitätskonstante werden in regelmäßigen Abständen innerhalb des Materials mit niedriger Dielektrizitätskonstante verteilt. Die Kapazität der einzelnen Inseln ist so ausgelegt, dass sie gleich groß oder größer ist als die Kapazität des Bereiches mit niedriger Dielektrizitätskonstante rund um die Insel, und die Trennung zwischen benachbarten Inseln wird nach den Bauteilen mit der höchsten Frequenz ausgewählt.

[0039] Die Auswirkungen dieser isolierten Kondensatoren ist in den **Fig. 5A–5F** dargestellt. Diese Figuren sind Graphen, welche die Größe der simulierten elektrischen Eigenimpedanz zwischen den beiden rechteckigen, elektrisch leitfähigen Ebenen von **Fig. 1** ( $\log_{10}$  Skalen) im Vergleich zur Frequenz einer Spannung zwischen den Ebenen ( $\log_{10}$  Skala) mit kapazitiver Belastung der Ebenen darstellen. Jeder Graph veranschaulicht die "Eigenimpedanz" an drei unterschiedlichen Stellen: in der Mitte der Struktur (MSCntr), in einer Ecke (MSCrn) und in der Mitte einer Seite (MSMidx). Für die Erstellung der Graphen wurden jeweils die elektrisch leitenden Ebenenpaare als Gitter modelliert, welches aus den Übertragungsleitungssegmenten **200** besteht, die an den Knoten **202** verbunden sind, wie dies in **Fig. 2** dargestellt ist, und das Gitter wurde an jedem Knoten **202** mit der selben elektrischen Kapazität belastet. Der Wert der elektrischen Kapazität wurde schrittweise in folgenden Abstufungen verändert: 1500pF, 5000pF, 15nF, 50nF und 500nF, um die **Fig. 5A–5F** zu erstellen. Von allen Kondensatoren wurde angenommen, dass sie den selben ESR-Wert von 0,01 Ohm und den selben ESL-Wert von 10 pH besitzen, was jenen Kondensatoren entspricht, die direkt ohne Durchgänge mit den Ebenen verbunden sind. Die Gittergröße (s) betrug 25,4 mm (1 Zoll), und der Impedanzwert wurde dadurch simuliert, indem eine Frequenzdurchlaufstromquelle mit einer Einheitsgröße schrittweise durch alle Knoten **202** geführt wurde und die Spannungswerte an allen Schaltungsknoten **202** berechnet wurden.

[0040] Wie in den **Fig. 5A–5F** gezeigt, gibt es eine verbesserte Reaktion hinsichtlich einer Verringerung der Spitzenmagnituden, welche bei Kapazitätswerten von etwa 150nF beginnt und mit höheren Kapazitätswerten ansteigt.

[0041] **Fig. 6** ist eine Querschnittsansicht eines Abschnitts eines mehrschichtigen elektronischen Substrats **600**, welches der in **Fig. 4** dargestellten Struktur entspricht, jedoch kapazitive Inseln gemäß der ersten Aus-

führungsform der Erfindung aufweist. Den Elementen in **Fig. 6**, welche gleichen Elementen in **Fig. 4** entsprechen, wurden die gleichen Referenzzahlen zugewiesen. Zum Beispiel gibt es in dem in **Fig. 6** dargestellten Substrat vier planare elektrische Leiter: einen ersten planaren Signalleiter **602**, einen planaren Erdungsleiter **604**, einen planaren Leistungsleiter **606**, und einen zweiten planaren Signalleiter **608**. Diese Leiter entsprechen den vier. planaren Leitern **402**, **404**, **406** und **408**, welche in **Fig. 4** dargestellt sind. **Fig. 6** zeigt auch die kapazitiven Inseln **650** und **652**, welche in einem Abstand  $s$  voneinander beabstandet sind und die planaren Leistungs- und Erdungsleiter **604** und **606** kapazitiv belasten.

[0042] Eine Perspektivansicht derselben Struktur ist in **Fig. 7** dargestellt. Wie in den **Fig. 4** und **6** werden auch hier entsprechende Elemente mit den entsprechenden Zahlen bezeichnet. In **Fig. 7** wurden Abschnitte des oberen planaren Signalleiters **712**, der Isolierschicht **710** und des planaren Erdungsleiters **704** entfernt, um die kapazitiven Inseln **750**, **752** und **754** freizulegen. Zusätzliche kapazitive Inseln **756**, **758** und **760** sind gestrichelt dargestellt. Die Inseln **750–760** sind in einem regelmäßigen Gitter mit einem Abstand  $s$  voneinander beabstandet, wie dies in **Fig. 6** und **7** dargestellt ist. Wenngleich kreisförmige Inseln dargestellt sind, können auch andere Formen, wie zum Beispiel Quadrate oder Rechtecke, verwendet werden.

[0043] Die Inseln **750–760** bestehen aus einem Isoliermaterial mit einer Dielektrizitätskonstanten, welche höher ist als jene des umgebenden Materials **712**. Die Dielektrizitätskonstante der Inseln **750–760** kann erhöht werden, indem Partikel einer Substanz mit einer relativ hohen Dielektrizitätskonstante (z.B. Titandioxid oder Bariumtitanat) innerhalb eines dielektrischen Bindematerials (z.B. Epoxidharz-Polytetrafluorethylen oder Polystyren) suspendiert werden. Die Dielektrizitätskonstante der Kombination aus Partikeln und Bindematerial kann verändert werden, indem die Anzahl der Partikel pro Volumeneinheit dieser Kombination geändert wird. Wenn die Anzahl der suspendierten Partikel pro Volumeneinheit der Partikel-Bindemittel-Kombination erhöht wird, erhöht sich dadurch die Dielektrizitätskonstante der Partikel-Bindemittel-Kombination. Wenn die Anzahl der suspendierten Partikel pro Volumeneinheit der Partikel-Bindemittel-Kombination verringert wird, verringert sich auch die Dielektrizitätskonstante der Partikel-Bindemittel-Kombination. In einer Ausführungsform werden Inseln aus Material mit hoher Dielektrizitätskonstante in Ausschnitte im Basismaterial **712** eingefügt. In einer anderen Ausführungsform wird das Basismaterial **712** bereits mit den Inseln hergestellt, indem die Partikel-Bindematerial-Kombination bei der Herstellung des Isoliermaterials verändert wird.

[0044] Alternativ dazu kann die Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials **712** selektiv erhöht werden, indem Beschichtungen auf das Basismaterial **712** in den Inselbereichen **750–760** aufgetragen werden, um die Dielektrizitätskonstante zu verändern. Derartige Beschichtungen können mittels herkömmlicher Siebdruck-techniken aufgetragen werden, wie sie zum Beispiel bei der Herstellung von Dünnschichtkondensatoren und Widerständen verwendet werden.

[0045] Wie zuvor erwähnt, werden die Leitungs- und Erdungsebenen an bestimmten Stellen mit einer ausreichenden Kapazität oder Reihenkapazität und Widerstand ausgestattet, so dass die planaren Leiter elektrisch in kleinere Abschnitte unterteilt werden, welche mit Frequenzen oberhalb der Signalbandbreite schwingen. Daher steht der Abstand  $s$  in einer Relation zur maximalen Signalfrequenz in der Signalbandbreite. Insbesondere sollte die Wellenlänge der Signale, welche von den mitschwingenden Abschnitten erzeugt werden, wesentlich kürzer sein als die kürzeste Wellenlänge in der Signalbandbreite, also zum Beispiel ein Zehntel der kürzesten Signalwellenlänge oder

$$s = \frac{\lambda_s}{10}.$$

[0046] In einer typischen Anwendung liegt die Signalbandbreite zwischen Gleichstrom und etwa 300 MHz. Die kürzeste Wellenlänge  $\lambda_s$ , welche der Maximalfrequenz entspricht, ist gleich groß wie die Wellengeschwindigkeit geteilt durch die Maximalfrequenz  $f_m$ . In einem Material mit einer relativen Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r$ , entspricht die Wellengeschwindigkeit der Geschwindigkeit des Lichts in einem Vakuum,  $c$ , geteilt durch die Quadratwurzel der Dielektrizitätskonstanten. Somit wird die kürzeste Wellenlänge angegeben durch

$$\lambda_s = \frac{c}{f_m \sqrt{\epsilon_r}}$$

und der Abstand  $s$  wird angegeben durch:

$$s \leq \frac{c}{10 f_m \sqrt{\epsilon_r}}$$

[0047] Wenn davon ausgegangen wird, dass jede Insel mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten eine Zelleinheit belastet oder "bedient", in der sie sich befindet, wird die Niederfrequenzkapazität einer quadratischen  $s$ -mal- $s$  Zelleinheit  $C_u$  durch die zuvor erwähnte Gleichung angegeben:

$$C_0 = \epsilon_0 \epsilon_r \left( \frac{s^2}{h} \right)$$

wobei  $\epsilon_0$  die Dielektrizitätskonstante von Luft ist, und  $\epsilon_r$  die relative Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials ist, welches die Planaren Leiter trennt. Daher sollte die Kapazität einer Insel C mit hoher Dielektrizität größer sein als die Plattenkapazität der von der Insel bedienten Zelle oder:

$$C \geq \epsilon_0 \epsilon_r \left( \frac{s^2}{h} \right)$$

[0048] Wenn ein einfacher Kondensator **800** zwischen die Erdungsebene **802** und die Leistungsebene **804** gegeben wird, wie dies in **Fig. 8** dargestellt ist, wird der Wert für C gemäß der vorhergehenden Formel ausgewählt, und der Widerstand der Insel ist der effektive Reihenwiderstand (ESR) der kapazitiven Insel.

[0049] Alternativ dazu kann ein zusätzlicher Widerstand **906** in Serie mit dem Kondensator **900** zwischen der Erdungsebene **902** und der Leistungsebene **906** hinzugefügt werden, wie dies in **Fig. 9** dargestellt ist. Der Wert dieses Widerstands kann so gewählt werden, dass er gleich ist wie die charakteristische Impedanz pro Zelleinheit:

$$Z_{0n} = Z_{00} \left( \frac{h}{s \sqrt{\epsilon_r}} \right)$$

[0050] Dieser Widerstand kann hergestellt werden, indem Partikel einer elektrisch leitfähigen Substanz, wie zum Beispiel Silber-, Kupfer- oder Nickelpartikel, in einem isolierenden Bindematerial (z.B. Epoxidharz-Polytetrafluorethylen oder Polystyren) in der stark dielektrischen Insel suspendiert werden. Der spezifische Widerstand der Partikel-Bindematerial-Kombination kann verändert werden, indem die Anzahl der Partikel pro Volumeneinheit der Partikel-Bindematerial-Kombination geändert wird. Wird die Anzahl der suspendierten Partikel pro Volumeneinheit der Partikel-Bindematerial-Kombination erhöht, verringert sich der spezifische Widerstand der Partikel-Bindematerial-Kombination. Wird hingegen die Anzahl der suspendierten Partikel pro Volumeneinheit der Partikel-Bindematerial-Kombination verringert, so erhöht sich der spezifische Widerstand der Partikel-Bindematerial-Kombination. Alternativ dazu kann ein Widerstand hergestellt werden, indem eine Widerstandsschicht mit Hilfe herkömmlicher Sieb- oder Drucktechniken aufgetragen wird.

[0051] Wenngleich die in den **Fig. 6** und **7** dargestellte Konfiguration die Rauschunterdrückung verbessert und die Resonanzen unterdrückt hat, weist diese Ausführung eine Empfindlichkeit gegenüber kapazitiven Belastungen von Signalspuren auf, wenn ein Signaldurchgang zufällig durch eine Insel mit hoher Dielektrizitätskonstante führt. Dieses Problem kann minimiert werden, indem das Verhältnis zwischen der hohen Dielektrizitätskonstante in den Inseln und der niedrigeren Dielektrizitätskonstante im Rest der Isolierschicht erhöht wird. Durch Erhöhung des Verhältnisses zwischen den Dielektrizitätskonstanten kann dieselbe effektive Tiefpassfilterung erzielt werden, indem kleinere Abschnitte der Bereiche verwendet werden, welche die einzelnen Inseln mit hoher Dielektrizität umgeben.

[0052] Eine alternative Ausführungsform vermeidet die Probleme, die sich aus Signaldurchgängen ergeben, welche durch Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante führen, indem die Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante rund um Leistungs- und Erdungsdurchgänge herum angeordnet werden, wo der Großteil der Übergangsladung benötigt wird, und indem Bereiche vermieden werden, in denen Signaldurchgänge die Insel mit hoher Dielektrizitätskonstante kreuzen können. Für diese Ausführungsform können die Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante durch selektive, integrierte, passive Technologien gebildet werden, wie zum Beispiel durch gesiebte/gedruckte Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante, selektive Anordnung oder Laminierung von Dünnschichtkondensatoren oder eingebetteten getrennten Kondensatoren auf oder in der Nähe von Leistungserdungsebenen, jedoch innerhalb der Laminierung. Diese Ausführungsform ist in den **Fig. 10** und **11** dargestellt, welche eine Querschnittsansicht des Substrats bzw. eine Perspektivansicht zeigen. **Fig. 10**, welche ähnlich ist wie **Fig. 4** und **6** und entsprechende numerische Bezeichnungen besitzt, zeigt eine Insel **652** mit hoher Dielektrizitätskonstante, welche einen Leistungsdurchgang umgibt, der mit dem Bauteil **1018** verbunden ist.

[0053] Ähnlich wie in **Fig. 7** sind auch in **Fig. 11** Abschnitte mehrerer Schichten entfernt worden, um die Abschnitte der Isolierschicht freizulegen. **Fig. 11** zeigt zwei Bauteile **1118** und **1119**, welche Leistungs- und Erdungsdurchgänge enthalten, die durch die Inseln **1152** und **1154** mit hoher Dielektrizitätskonstante verlaufen.

[0054] Die in **Fig. 10** und **11** gezeigte Ausführungsform besitzt den Vorteil, dass sie für die Erzeugung eines gleichförmigen Laminatmaterials verwendet werden kann, in welchem die Werte der Widerstände und Kapazitäten, welche in den Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante verwendet werden, nicht von der fertigen Größe des Substrats abhängen.

[0055] Wenngleich beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung offenbart wurden, ist es für Fachleute die-

ses Bereiches leicht ersichtlich, daß verschiedene Änderungen und Modifizierungen durchgeführt werden können, welche einige der Vorteile der Erfindung mit sich bringen, ohne dadurch vom Umfang der Erfindung abzuweichen. So ist es zum Beispiel für durchschnittliche Fachleute dieses Bereiches offensichtlich, dass auch andere Substratkonfigurationen in der selben Weise wie hier beschrieben verwendet werden können, obwohl diese Beschreibung bestimmte Substratkonfigurationen erwähnt. Andere Aspekte, wie zum Beispiel andere Formen der Inseln mit hoher Dielektrizitätskonstante als die hier offenbarten, welche aber die selbe Funktion erzielen, sowie andere Modifizierungen des erfinderischen Konzepts sind als im Umfang der angehängten Ansprüche enthalten zu betrachten.

### Patentansprüche

1. Einrichtung zur Reduzierung elektrischer Resonanz und Dämpfung der Ausbreitung von Rauschen in einer Schaltung zur Leistungsverteilung, die einen planaren Stromleiter und einem planaren Erdungsleiter verwendet, die Einrichtung umfasst:

eine Schicht aus Isoliermaterial, die den planaren Stromleiter und den planaren Erdungsleiter voneinander trennt, das Isoliermaterial weist eine erste Dielektrizitätskonstante auf; und  
eine Vielzahl isolierter Inseln, die aus Isoliermaterial geformt sind, die eine zweite Dielektrizitätskonstante aufweist, die höher ist als die erste Dielektrizitätskonstante, und die gleichförmig über das Isoliermaterial verteilt sind mit einem Abstand  $s$  von

$$s \leq \frac{c}{10 f_m \sqrt{\epsilon_r}}$$

worin  $c$  die Lichtgeschwindigkeit in einem Vakuum,  $m$  die maximale Frequenz in einem interessierenden Frequenzband und  $\epsilon_r$  die erste Dielektrizitätskonstante sind.

2. Die Einrichtung nach Anspruch 1, worin die Schaltung zur Leistungsverteilung Strom- und Erdungsdurchgänge enthält, die mit dem planaren Stromleiter und dem planaren Erdungsleiter verbunden sind und durch das Isoliermaterial führen, und worin eine Vielzahl von isolierten Inseln um die Strom- und Erdungsdurchgänge verteilt sind.

3. Die Einrichtung nach Anspruch 1, worin die Vielzahl von isolierten Inseln, die aus Isoliermaterial mit einer zweiten Dielektrizitätskonstante geformt sind, die höher ist als die erste Dielektrizitätskonstante, ein Widerstandsmaterial umfassen.

4. Die Einrichtung nach Anspruch 3, worin die isolierten Inseln Kondensatoren bilden, die den planaren Stromleiter und den planaren Erdungsleiter verbinden, und das Widerstandsmaterial einen Widerstand bildet, der mit den Kondensatoren in Serie geschaltet ist.

5. Die Einrichtung nach Anspruch 4, worin die zweite Dielektrizitätskonstante so ausgewählt wird, dass jede der Vielzahl von Inseln einen Kondensator erzeugt, der eine Kapazität

$$C \geq \epsilon_0 \epsilon_r \left( \frac{s^2}{h} \right)$$

aufweist, worin  $\epsilon_0$  die aus Luft bestehende Dielektrizitätskonstante und  $\epsilon_r$  die erste Dielektrizitätskonstante sind, und worin  $h$  die Dicke der Isoliermaterialschicht und  $s$  der Abstand zwischen der Vielzahl von isolierenden Inseln sind.

6. Die Einrichtung nach Anspruch 3, worin das Widerstandsmaterial elektrisch leitfähige Partikel umfasst, die in einem isolierenden Bindemittel im Isoliermaterial dispergiert sind und eine Vielzahl von Inseln bilden.

7. Die Einrichtung nach Anspruch 3, worin das Widerstandsmaterial eine Beschichtung auf der Isoliermaterialschicht umfasst.

8. Die Einrichtung nach Anspruch 4, worin der Widerstand einen Wert aufweist, der der charakteristischen Impedanz einer Einheitszelle in der Isoliermaterialschicht äquivalent ist.

9. Die Einrichtung nach Anspruch 4, worin die Vielzahl von isolierenden Inseln gleichförmig über die Isoliermaterialschicht gestreut sind mit einem Abstand  $s$  und worin der Widerstand einen Wert aufweist, der äqui-

valent ist zu

$$Z_{\infty} \left( \frac{h}{s \sqrt{\epsilon_r}} \right)$$

worin  $Z_{\infty}$  die charakteristische Impedanz des freien Raumes,  $h$  die Dicke der Isoliermaterialschicht und  $\epsilon_r$  der Wert der ersten Dielektrizitätskonstante sind.

10. Die Einrichtung nach Anspruch 1, worin das Isoliermaterial, das die Vielzahl von Inseln bildet, Partikeln eines Materials mit einer dritten Dielektrizitätskonstante enthält, die in einem Isoliermaterial suspendiert sind, das die erste Dielektrizitätskonstante aufweist zur Bildung eines Materials mit der zweiten Dielektrizitätskonstante.

11. Die Einrichtung nach Anspruch 1, worin das Isoliermaterial, das die Vielzahl von Inseln bildet, ein Isoliermaterial umfasst, das die erste Dielektrizitätskonstante aufweist und das mit einem Material beschichtet ist, das eine dritte Dielektrizitätskonstante aufweist zur Bildung eines Materials mit der zweiten Dielektrizitätskonstante.

12. Die Einrichtung nach Anspruch 1, worin die isolierenden Inseln Kondensatoren bilden, die den planaren Stromleiter und dem planaren Erdungsleiter verbinden, und worin die zweite Dielektrizitätskonstante so ausgewählt wird, dass jeder der Vielzahl von Inseln einen Kondensator bildet, der eine Kapazität

$$c \geq \epsilon_0 \epsilon_r \left( \frac{s^2}{h} \right)$$

worin  $\epsilon_0$  die aus Luft bestehende Dielektrizitätskonstante und  $\epsilon_r$  die erste Dielektrizitätskonstante,  $h$  die Dicke der Isoliermaterialschicht ist und  $s$  der Abstand zwischen der Vielzahl von isolierenden Inseln sind.

13. Ein Verfahren zur Reduzierung elektrischer Resonanz und Dämpfung der Ausbreitung von Rauschen in einer Schaltung zur Leistungsverteilung, die einen Planaren Stromleiter und einem Planaren Erdungsleiter verwendet, das Verfahren umfasst:

(a) Anordnen einer Schicht aus Isoliermaterial auf dem Planaren Erdungsleiter, das eine erste Dielektrizitätskonstante aufweist;

(b) Bildung einer Vielzahl isolierter Inseln aus einem Isoliermaterial, das eine zweite Dielektrizitätskonstante aufweist, die höher ist als die erste Dielektrizitätskonstante, die Inseln sind gleichförmig über Isoliermaterialschicht verteilt mit einem Abstand  $s$  von

$$s \leq \frac{c}{10 f_m \sqrt{\epsilon_r}}$$

worin  $c$  die Lichtgeschwindigkeit in einem Vakuum,  $f_m$  die maximale Frequenz in einem interessierenden Frequenzband und  $\epsilon_r$  die erste Dielektrizitätskonstante sind; und

(c) Anordnen des Planaren Stromleiters über dem Isoliermaterial.

14. Das Verfahren nach Anspruch 13, worin die Schaltung zur Leistungsverteilung Strom- und Erdungsdurchgänge enthält, die mit dem Planaren Stromleiter und dem Planaren Erdungsleiter verbunden sind und durch das Isoliermaterial führen, und worin Schritt (b) ein Dispergieren einer Vielzahl von isolierten Inseln um die Strom- und Erdungsdurchgänge umfasst.

15. Das Verfahren nach Anspruch 14, worin Schritt (b) die Bildung der Vielzahl von isolierten Inseln mit einem Widerstandsmaterial umfasst.

16. Das Verfahren nach Anspruch 15, worin die isolierten Inseln Kondensatoren bilden, die den planaren Stromleiter und den planaren Erdungsleiter verbinden, und das Widerstandsmaterial einen Widerstand bildet, der mit den Kondensatoren in Serie geschaltet ist.

17. Das verfahren nach Anspruch 15, worin Schritt (b) die Auswahl der zweiten Dielektrizitätskonstante umfasst, so dass jede der Vielzahl von Inseln einen Kondensator erzeugt, der eine Kapazität

$$c \geq \varepsilon_0 \varepsilon_r \left( \frac{s^2}{h} \right)$$

aufweist, worin  $\varepsilon_0$  die Dielektrizitätskonstante von Luft und  $\varepsilon_r$  die erste Dielektrizitätskonstante sind, h die Dicke der Isoliermaterialschicht ist und s der Abstand zwischen der Vielzahl von isolierenden Inseln ist.

18. Das Verfahren nach Anspruch 16, worin das Widerstandsmaterial elektrisch leitfähige Partikel umfasst, die in einem isolierenden Bindemittel im Isoliermaterial dispergiert und eine Vielzahl von Inseln bilden.

19. Das Verfahren nach Anspruch 16, worin das Widerstandsmaterial eine Beschichtung auf der Isoliermaterialschicht umfasst.

20. Das Verfahren nach Anspruch 16, worin der Widerstand einen Wert aufweist, der der charakteristischen Impedanz einer Einheitszelle in der Isoliermaterialschicht äquivalent ist.

21. Das Verfahren nach Anspruch 16, worin die Vielzahl von isolierenden Inseln gleichförmig über die Isoliermaterialschicht gestreut sind mit einem Abstand s und worin der Widerstand einen Wert aufweist, der äquivalent ist zu

$$Z_\infty \left( \frac{h}{s \sqrt{\varepsilon_r}} \right)$$

worin  $Z_\infty$  die charakteristische Impedanz des freien Raumes, h die Dicke der Isoliermaterialschicht und  $\varepsilon_r$  der Wert der ersten Dielektrizitätskonstante sind.

22. Das Verfahren nach Anspruch 13, worin Schritt (b) die Bildung einer Vielzahl von Inseln aus Partikeln eines Materials mit einer dritten Dielektrizitätskonstante umfasst, die in einem Isoliermaterial suspendiert ist, das die erste Dielektrizitätskonstante aufweist zur Bildung eines Materials mit der zweiten Dielektrizitätskonstante.

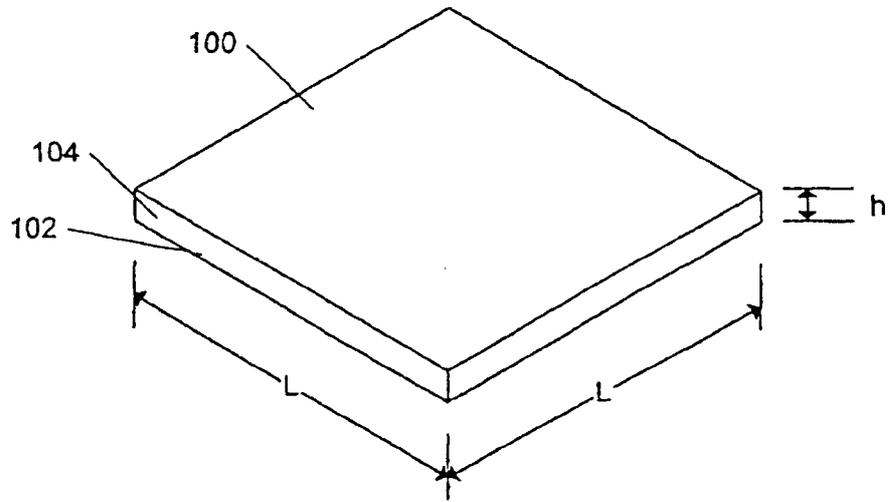
23. Das Verfahren nach Anspruch 13, worin Schritt (b) die Bildung einer Vielzahl von Inseln aus Partikeln eines Materials mit einer ersten Dielektrizitätskonstante umfasst, das mit einem Material beschichtet ist, das eine dritte Dielektrizitätskonstante aufweist zur Bildung eines Materials mit der zweiten Dielektrizitätskonstante.

24. Das Verfahren nach Anspruch 13, worin die isolierenden Inseln Kondensatoren bilden, die den planaren Stromleiter und den planaren Erdungsleiter verbinden, und worin Schritt (b) die Auswahl der zweiten Dielektrizitätskonstante umfasst, so dass jede der Vielzahl von Inseln einen Kondensator erzeugt, der eine Kapazitätswert

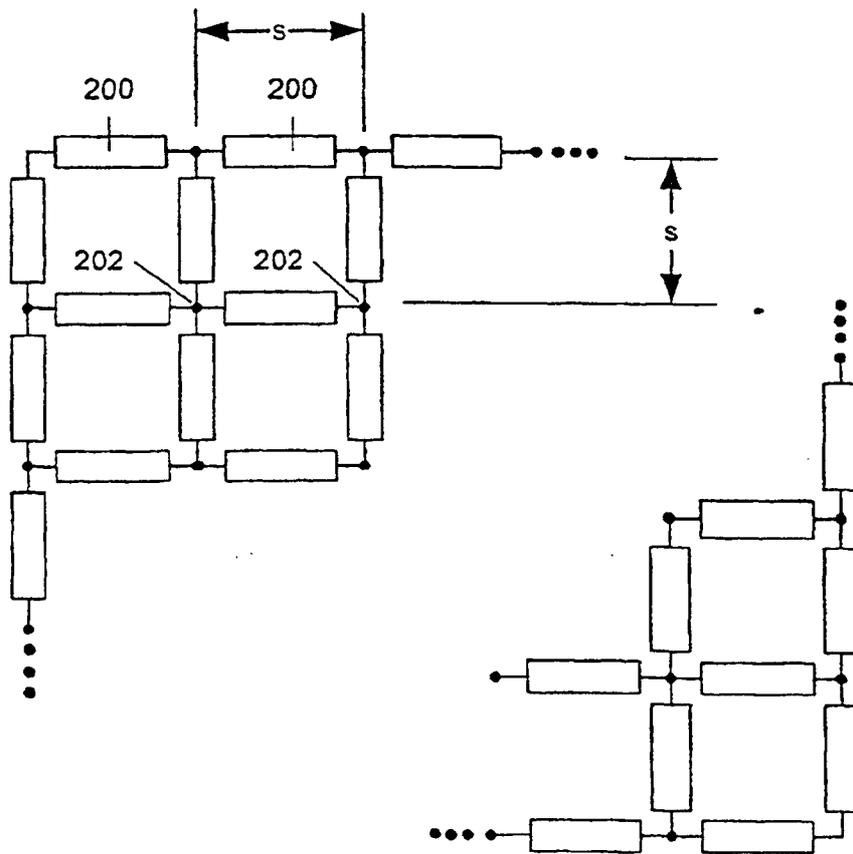
$$c \geq \varepsilon_0 \varepsilon_r \left( \frac{s^2}{h} \right)$$

aufweist, worin  $\varepsilon_0$  die aus Luft bestehende Dielektrizitätskonstante und  $\varepsilon_r$  die erste Dielektrizitätskonstante, h die Dicke der Isoliermaterialschicht und s der Abstand zwischen der Vielzahl von isolierenden Inseln sind.

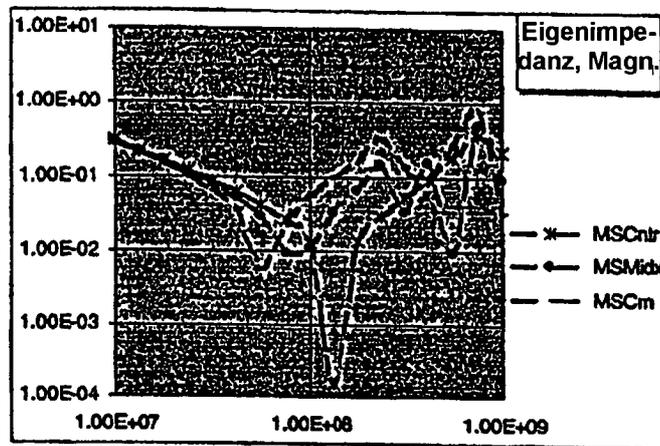
Es folgen 7 Blatt Zeichnungen



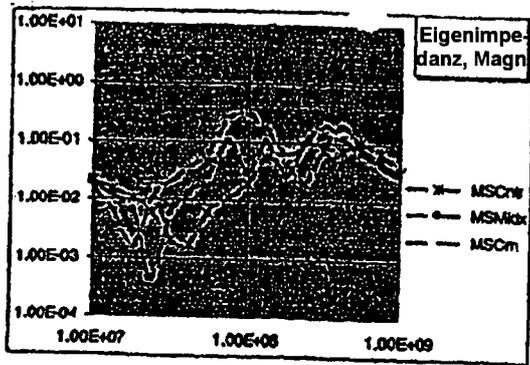
**FIG. 1**



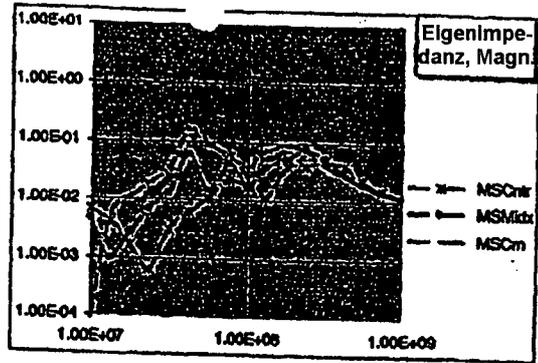
**FIG. 2**



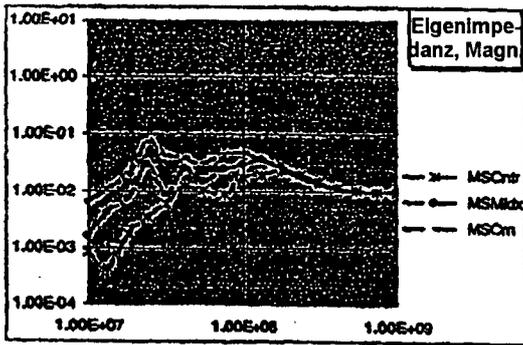
**FIG. 3**



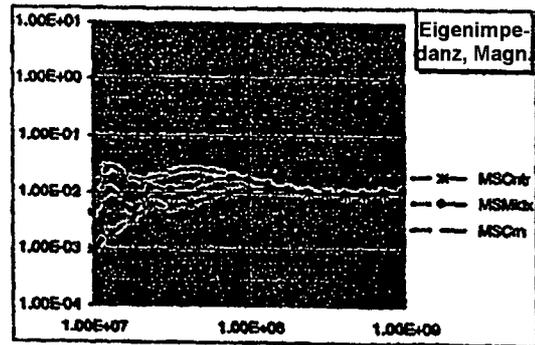
*FIG. 5A*



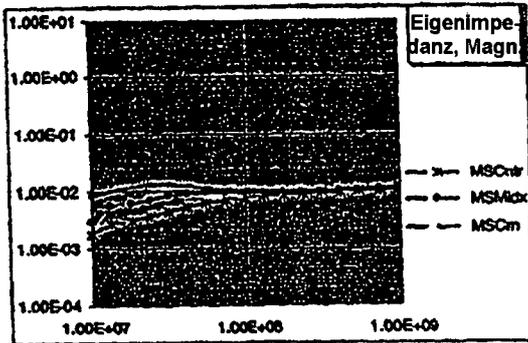
*FIG. 5B*



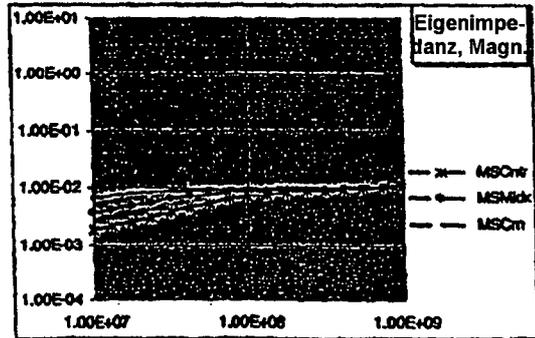
*FIG. 5C*



*FIG. 5D*



*FIG. 5E*



*FIG. 5F*

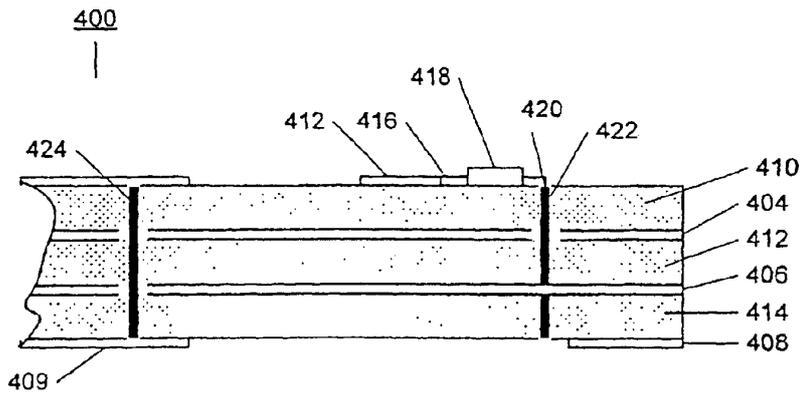


FIG. 4

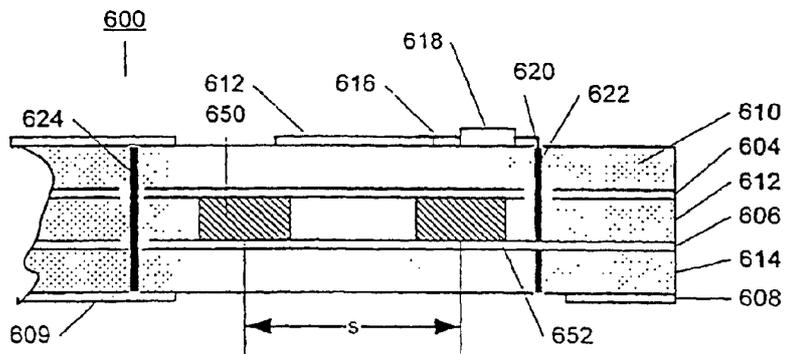


FIG. 6

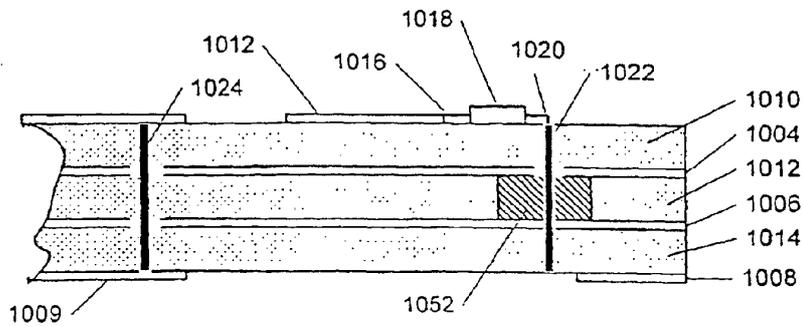
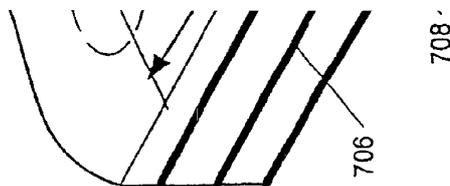
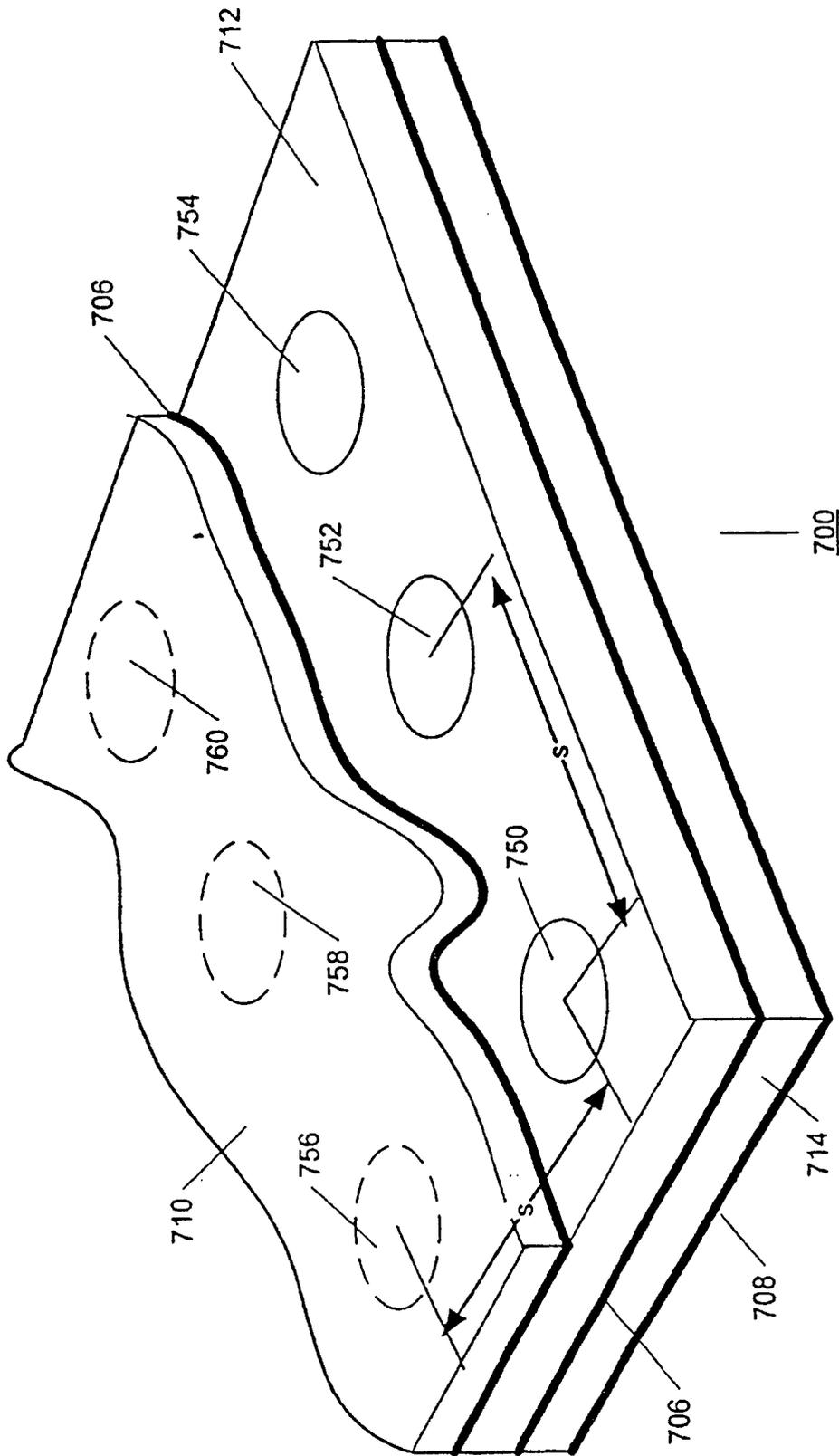


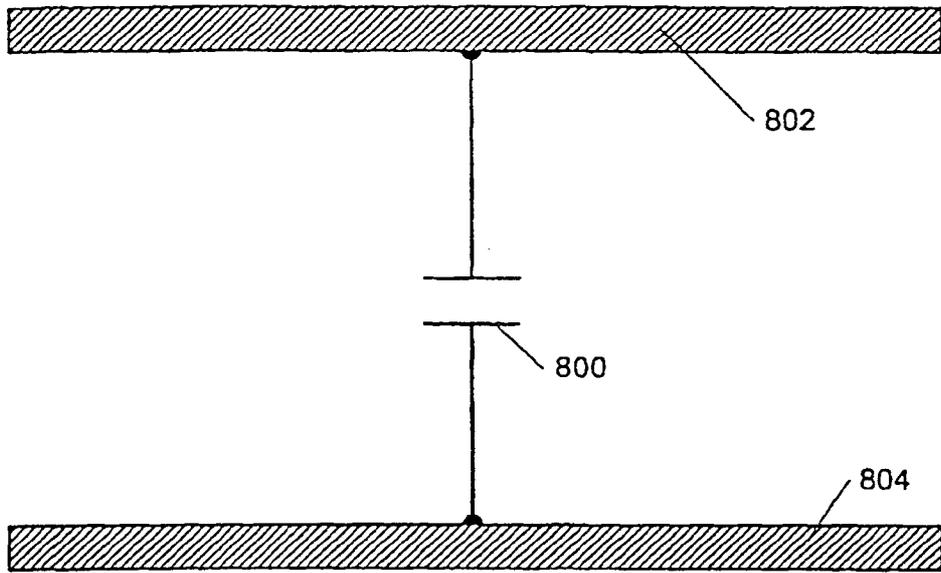
FIG. 10

21

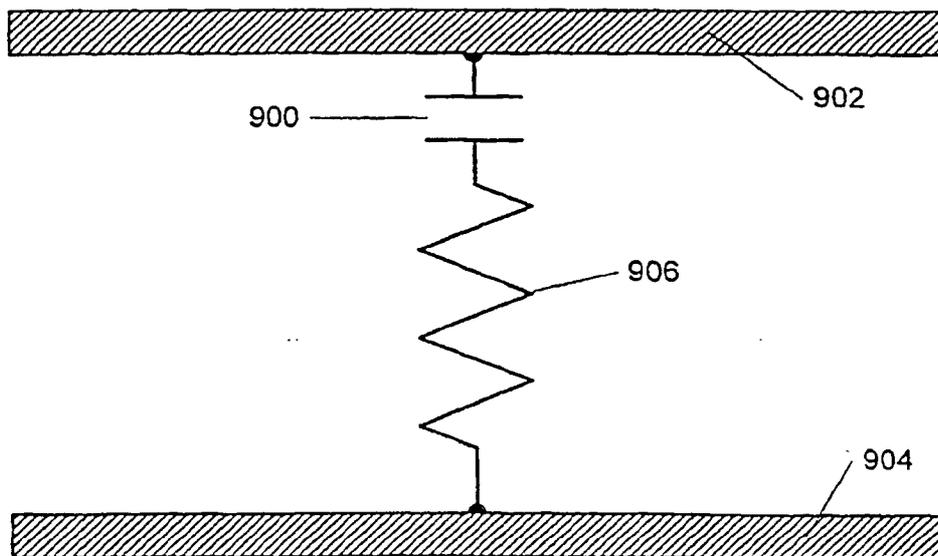




**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**

