



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 32 191 T2** 2007.10.11

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 039 573 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 32 191.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 302 174.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **17.03.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.09.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.12.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.10.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01P 1/24** (2006.01)

H01P 1/30 (2006.01)

H01L 49/02 (2006.01)

H01L 23/64 (2006.01)

H05K 1/16 (2006.01)

H05K 1/18 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

272189 18.03.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

CTS Corp., Elkhart, Ind., US

(72) Erfinder:

Bloom, Terry R., Middlebury, IN 46540, US; Cooper, Richard O., Bluffton, IN 46714, US; Reinhard, Robert L., Berne, IN 46711, US

(74) Vertreter:

Beck & Rössig - European Patent Attorneys, 81679 München

(54) Bezeichnung: **R-C Netzwerk hoher Dichte mit rasterförmig angeordneten Lötkegeln**

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

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf Signalübertragungsleitungen und Netzwerke im allgemeinen sowie insbesondere auf Dickschicht-Abschlusswiderstände, welche an den Wellenwiderstand bzw. die charakteristische Leitungsimpedanz einer Signalleitung angepasst sind.

2 Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Übertragungsleitungen werden in Anordnungen elektronischer Komponenten zum Bewerkestellen der Übertragung elektrischer oder elektronische Signale verwendet. Diese Signale können unterschiedlich konfiguriert sein, beispielsweise Gleich- oder Wechselstromsignale sein, analog oder digital kodierten Inhalt aufweisen, sowie sich nach einer Vielzahl von Modulationstypen unterscheiden. Unabhängig von den Signaleigenschaften ermöglicht eine ideale Übertragungsleitung eine Leitung des Signals von seiner Quelle zu dessen Ziel ohne dieses zu verändern oder zu verzerren. Distanzen sind ohne Einfluss auf eine ideale Übertragungsleitung anders als Verzögerungen, welche charakteristisch für das Übertragungsmedium und die zu überbrückende Distanz sind.

[0003] Bei niedrigen Frequenzen und Gleichstromübertragung verhalten sich viele Übertragungsleitungen selbst bei sehr großen Distanzen so, als wären sie nahezu ideal. Mit zunehmender Frequenz des Signals oder von Signalkomponenten verschlechtern sich die Eigenschaften der meisten bekannten Übertragungsleitungen, so dass die Signalübertragung zunehmend schlechter wird. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Signale den Hochfrequenzbereich erreichen oder die Übertragungsleitungen länger werden. Ein verbreitetes Phänomen im Zusammenhang mit Hochfrequenzleitungen, die sich über große Distanzen erstrecken, besteht in einem Verlust der hochfrequenten Signalkomponenten sowie der Hinzufügung von extern verursachten hochfrequenten Störsignalen. Ein weiteres verbreitetes Phänomen sind Echoeffekte sowie Leitungsresonanzen, wobei ein Signal von einem Ende der Übertragungsleitung zu dem anderen Ende zurück reflektiert wird. Ein solches Echo ist im Fall von analogen Tonsignalen als Nachhall bekannt, was dazu führt, dass Sprache wie aus einer Tonne klingt. Der hörbare Nachhall in einer Tonne erzeugt einen Klang ähnlich dem Klang, nachdem ein elektrisches Signal in einer Übertragungsleitung zurückgeworfen wurde. Im Fall von digitalen Impulsen führt der Effekt zu korrumpierten Daten, da zusätzliche Impulse empfangen werden können, welche nicht Teil der originalen Übertragung waren; zudem können reflektierte Impulse nachfolgende Impulse auslöschen.

[0004] In einer Vielzahl von elektrischen und elektronischen Gebieten sind neue Schaltungen entwickelt worden, die für höhere Frequenzen ausgelegt sind. Der Vorteil dieser höherfrequenten Komponenten besteht in einer schnelleren Computerverarbeitung, im Fall von Datenverarbeitung, oder Übertragungen mit größerer Bandbreite, welche mehr Tonsignale, Fernseh- und Radio- und sonstige Signale über den gleichen Kommunikationskanal transportieren können. Da diese Kommunikationskanäle jedoch ständig höhere Frequenzen verwenden, machen sich die Einschränkungen herkömmlicher Übertragungsleitungen zunehmend bemerkbar. Im Fall von Kupfer-Übertragungsleitungen hängt die Abstrahlung von einem Signalleiter unmittelbar von der Länge der Übertragungsleitung und dem relativen Abstand zu benachbarten Signalleitern ab. So verursacht beispielsweise eine lange Signalleitung nahe einer weiteren, langen Signalleitung selbst bei niedrigeren Frequenzen Probleme. Die ursprünglichen Telefonleitungen waren in einer besonderen Art und Weise verdreht, um eine Signalkopplung zwischen separaten Telefonleitungen zu vermeiden. Die Signalkopplung wurde im Stand der Technik treffend als „Übersprechen“ bezeichnet, da Signale eines Telefongesprächs in eine andere Leitung gelangen und dort wahrgenommen werden konnten. Übersprechen hängt unter anderem von dem Abstand zwischen benachbarten Signalleitungen ab. Eine Methode zum Verringern von Übersprechen besteht darin, den Abstand zwischen den Leitungen zu erhöhen. Bedauerlicherweise ist jedoch ein weiteres Ziel auf dem Gebiet der Elektronik die Verringerung der Größe von Komponenten und Systemen. Eine einfache Vergrößerung des Abstands führt oftmals zu erhöhten Kosten und weiterhin zu geringeren Verarbeitungsgeschwindigkeiten des gesamten Systems, was die Vorteile, die durch den Betrieb mit höheren Frequenzen erzielt werden sollen, zunichte machen würde. Ein weiterer Nachteil von größeren Abständen resultiert aus der Signalstrahlung. Wird eine Kupferleitung verlängert, so verstrahlt und empfängt der Leiter mehr Hochfrequenzenergie. Es ist folglich wünschenswert, Übertragungsleitungen kürzer und nicht länger zu halten, wie dies ansonsten durch Übersprechfaktoren diktiert werden könnte.

[0005] Um Echo in einer Übertragungsleitung zu vermeiden, ist es möglich, die Leitung mit einer Vorrichtung abzuschließen, die im Stand der Technik als „energy dissipating termination“ bzw. energiestreuer Abschluss bezeichnet wird. Der Abschluss muss eine Impedanz aufweisen, welche zu der charakteristischen Leitungsimpedanz passt, und zwar so genau wie möglich und über so viele relevante Frequenzen wie möglich. Übertragungsleitungen weisen im allgemeinen eine Impedanz auf, welche auf der Induktivität des Leiters, der Kapazität in Bezug auf andere Signalleitungen, den Erdungseigenschaften bzw. der Abschirmung, sowie auf dem Innenwiderstand des

Leiters basiert. Für eine geeignete Übertragungsleitung ist die Summe der individuellen Impedanzkomponenten konstant und wird als charakteristische Impedanz bezeichnet. Um zu einer Übertragungsleitung mit charakteristischer Leitungsimpedanz über ein breites Frequenzspektrum einen passenden Abschluss zu finden, muss der Abschluss auf jede der individuellen Impedanzkomponenten abgestimmt werden. Die Wirkung der Induktivität besteht darin, die Impedanz mit zunehmender Frequenz zu erhöhen, während die Kapazität die Impedanz mit zunehmender Frequenz verringert. Der Innenwiderstand ist unabhängig von der Frequenz.

[0006] Auf dem Gebiet der Datenübertragung sind Übertragungsleitungen üblicherweise als Busleitungen ausgeführt, welche aus einer großen Anzahl von parallelen Übertragungsleitungen bestehen, entlang derer Daten übertragen werden können. Beispielsweise enthält ein 8-Bit-Datenbus mindestens acht Signalübertragungsleitungen, welche unterschiedliche Komponenten in einer Datenverarbeitungseinheit untereinander verbinden. Der Datenbus ist eine Übertragungsleitung, welche im Hinblick auf derzeitige Prozessorgeschwindigkeiten Frequenzen im oberen Hochfrequenzband bis hin zu Mikrowellenfrequenzen bewältigen muss. Solche Hochfrequenz-Busse sind insbesondere sehr empfindlich gegen einen unsachgemäßen Abschluss und Übertragungsleitungsecho.

[0007] Abschlüsse bzw. Abschlusswiderstände, welche für diese eher speziellen Anwendungsfälle wie einen Datenprozessorbus verwendet werden, dienen unterschiedlichen Zwecken. Ein erstes Ziel besteht selbstverständlich darin, Echos im Bus zu verringern, indem alle Signale, die entlang des Busses übertragen werden, durch Widerstände dissipiert werden. Dieses erste Ziel findet sich in nahezu allen Abschlüssen verwirklicht. Ein zweites Ziel in Datenbussen oder ähnlichen elektronischen Schaltungen besteht darin, was im Stand der Technik als „pull-up“ oder „pull-down“-Widerstand bezeichnet wird. Der Abschlusswiderstand wird häufig entweder unmittelbar an eine positive Stromzufuhrleitung oder positive Stromzufuhrebene angeschlossen, wobei es sich dann um einen „pull-up“-Widerstand handelt, oder an eine negative oder Erdungsleitung oder -ebene angeschlossen, wobei es sich dann um einen „pull-down“-Widerstand handelt. Wenn in der Leitung kein Signal vorliegt, wird die Spannung der Übertragungsleitung durch die Verbindung des Abschlusswiderstands entweder mit einer Stromzufuhrleitung oder einer Erdungsleitung bestimmt. Die Entwickler von Schaltungen können dann von dieser vorgegebenen Bus-Spannung ausgehen, um schnellere, leistungseffizientere Komponenten und Schaltungen zu entwerfen.

[0008] Im Stand der Technik wurde das Problem des Abschlusses von Signalleitungen in einer Viel-

zahl von unterschiedlichen Ansätzen behandelt, welche für geringere Verarbeitungsgeschwindigkeiten und Frequenzen geeignet waren, die sich jedoch als nicht vollständig befriedigend herausgestellt haben, wenn die Frequenzen und deren Komponenten zunehmen. Für höherfrequente Signale, wie sie in datenverarbeitenden Anlagen auftreten, werden beispielsweise kleinere, kompaktere Widerstände benötigt. Diese Widerstände können durch eines von mehreren bekannten Verfahren hergestellt werden. Ein solches Verfahren wird als Dünnschicht bezeichnet, das Bedampfungstechniken, Zerstäuben bzw. Sputtern, Halbleiterwaferbearbeitung und andere ähnliche Techniken beinhaltet. Ein Beispiel für eine Dünnschicht-Komponente wird in der US 5,216,404 von Nagai et al. offenbart. Diese Dünnschicht-Herstellungstechnik erfordert spezielle Vakuumkammern, welche eine sequenzielle kontinuierliche Herstellung stark erschweren, wenn nicht unmöglich machen. Jedesmal, wenn die kontrollierte Atmosphäre gestört wird, werden in das Verfahren neue Variablen eingebracht, die schwer zu kontrollieren sind. Zudem ist die Auswahl an mit Dünnschichttechniken verarbeitbaren Materialien immer noch verhältnismäßig beschränkt. Eine Einstellung der Dünnschichtkomponente nach deren Herstellung ist ziemlich schwierig. Zusätzlich zu den Herausforderungen in Bezug auf Material und Verfahren neigen Dünnschichtprodukte zu einer schlechten Ausbeute, sind aufgrund der Ausbeute und der schwierigen Herstellungsbedingungen verhältnismäßig teuer und werden überdies von Umweltfaktoren wie Temperatur und Feuchtigkeit beeinflusst. Als Ergebnis der dünnen Schicht und der resultierenden geringen Masse des Dünnschichtprodukts sind diese Komponenten weiterhin verhältnismäßig brüchig und leicht zu beschädigen. Selbst kleine statische elektrische Entladungen können solche Komponenten zerstören.

[0009] Dickschichtkomponenten, unter denen hier Komponenten verstanden werden, die aus einer Schicht aus Cermet oder dielektrischem Material auf einem nichtleitenden Substrat bestehen, werden zu meist durch Sieb- oder Schablonendruck hergestellt. Das können auch andere Verfahren zur Herstellung von Dickschichtkomponenten verwendet werden, wie Laminieren oder subtraktive Prozesse einschließlich Ätzen. Im Zusammenhang mit dieser Anmeldung sind Dickschichten definiert als Schichten, die gebildet werden, wenn speziell formulierte Pasten oder Tinten bzw. Druckfarben appliziert und auf ein Substrat gebrannt oder gesintert werden, und zwar in einem bestimmten Muster und einer bestimmten Abfolge um ein Set individueller Komponenten, beispielsweise Widerstände und Kapazitäten, oder eine vollständige funktionale Schaltung zu erzeugen. Die Pasten werden gewöhnlich durch ein Sieb- oder Schablonendruckverfahren appliziert und können typischerweise eine Dicke von 0,5 bis 1 mil oder mehr aufweisen, wie dies in der Branche bekannt ist. Cer-

met-Materialien sind Materialien, die Keramik oder Glas in Kombination mit Metallzusammensetzungen enthalten, wobei die ersten drei Buchstaben CER & MET das Wort CERMET bilden.

[0010] TCR steht für Temperature Coefficient of Resistance (Temperaturkoeffizient des Widerstands) und ist ein Maß für die Veränderung des Widerstands über einen Temperaturbereich. Flächenwiderstand wird im Rahmen dieser Offenbarung in der Einheit Ohm per Flächenquadrat gemessen. Hierunter wird der Widerstand von 1 mil Dickfilm mit gleicher Länge und Breite verstanden.

[0011] Dickschichtwiderstände mit niedrigem TCR lassen sich gut herstellen, sind widerstandsfähig und weisen einen exzellenten TCR auf. Diese Widerstände können Flächenwiderstände aufweisen, die von Bruchteilen von einem Ohm bis zu Millionen Ohm per Flächenquadrat einen TCR von weniger als ± 100 ppm/°C aufweisen. Die Eigenschaften dieser Widerstände sind hervorragend; sie können gemustert und getrimmt werden, und zwar durch Laserabtrag, mechanische Verfahren oder einfach durch Veränderung der Muster während des Druckens, um sehr enge Spiralen zu bilden. Als Ergebnis dieser vielen exzellenten Eigenschaften von Dickschichtmaterialien ist es wünschenswert, diese in Übertragungsleitungsabschlüsse einzubeziehen.

[0012] Mit Anwachsen der Frequenzen besteht jedoch ein großes Interesse, die Größe der Komponenten zu verringern. Beispielsweise nimmt die Induktivität mit der Länge zu. Um die Induktivität in dem Abschluss zu minimieren sollten folglich die Signalleitungen so kurz wie möglich gehalten werden. Weiterhin verringern kürzere Leitungslängen das unerwünschte Übersprechen, wie oben beschrieben. Streukapazitäten sollten minimiert werden, da die Streukapazität häufig mit der Temperatur variiert, und zwar aufgrund von temperaturabhängigen Veränderungen in gewöhnlichen Dielektrika.

[0013] Im Stand der Technik wurden Abschlüsse für Übertragungsleitungen ursprünglich unter Verwendung großer Cermet-Widerstände konstruiert, die durch Dickschichttechniken auf Aluminiumoxidsubstraten hergestellt wurden. Diese Komponenten wurden im Single-In-Line-Package (SIP) Format an einer Platine montiert. Mehrere Beispiele solcher Komponenten finden sich in US 3,280,378 von Brady et al, US 3,346,774 von Brady, US 3,492,536 von Di Girolamo et al, deren Inhaber der vorliegende Patentinhaber ist, sowie in der US 4,654,628 und US 4,658,234 von Takayanagi. Aufgrund des SIP-Formats muss sich ein Anschlussleiter von dem Substrat nach oben zu einem Widerstand erstrecken; zudem muss sich ein zweiter Anschlussleiter von dem Substrat nach oben erstrecken und vollständig um die gesamte Länge des Widerstands herumgeführt werden,

schließlich über die Oberseite des Widerstands führen und dort angeschlossen werden. Infolgedessen muss die effektive Länge des Leiters bei diesen SIP-Komponenten größer sein als die tatsächliche Länge des Widerstands, und in den meisten Fällen ein Mehrfaches der Widerstandslänge betragen. Mit zunehmender Leiterlänge nimmt die Induktivität der Leitung zu, was wiederum die Impedanz für die Hochfrequenzkomponenten erhöht. Wenn die Induktivität zu groß ist, passt die Abschlussvorrichtung jedoch nicht mehr zu der Übertragungsleitung, so dass Echos erzeugt werden, wie dies bereits erläutert wurde, wodurch die Datenübertragung korrumpiert oder die analoge Signalqualität verschlechtert wird.

[0014] Ein zweiter Typ eines Cermetabschlusses wird in der Technik üblicherweise als „chip“-artige Komponente bezeichnet. Ein flaches Substrat weist Widerstände und Abschlüsse auf, die in einem Muster darauf angeordnet sind, und im Unterschied zu der SIP-Konfiguration wird die Chip-Komponente flach auf das Substrat gelegt. Ein Beispiel für die chipartige Komponente ist in der US 5,379,190 beschrieben. Da der Chip flach auf dem Substrat auf liegt, weist die Chip-Komponente selbst kürzere Anschlussleiterlängen auf. Jedoch besitzen die Chip-Komponenten einige sehr gravierende Nachteile. Ein erster Nachteil ist der Anteil an Platinenoberfläche, der durch die Komponente verbraucht wird. Einer der Gründe für die SIP-Konfiguration war, so wenig Platinenoberfläche als möglich zu verbrauchen. Platinenoberfläche ist aus zwei Gründen wertvoll. Zum einen müssen, wenn eine Komponente mehr Platz an der Oberfläche nutzt, Leitungen länger ausgeführt werden, um die Komponente zu umgehen. Wie bereits ausgeführt, bedeutet dies, dass die Übertragungsleitungslängen größer sind und die Strahlung und das Potenzial für Übersprechen größer sind. Zudem weist die Platine einen Preis per Flächeneinheit auf, der den Komponentenkosten in einem Ausmaß zugerechnet werden muss, in welchem die Komponente Fläche beansprucht. Ein anderer, gravierender Nachteil ist, dass, obwohl bei der Chip-Komponente die Anschlusslängen kürzer sind, die tatsächlichen Leitungslängen nicht notwendigerweise kürzer werden, was davon abhängt, wo die Leitungen von dem Chip in das Muster auf der Platine verlaufen. Zwar kann somit der Abstand auf dem Chip kürzer werden, jedoch muss die tatsächliche gesamte Leitungslänge keinesfalls kürzer ausfallen.

[0015] Um die größten Vorteile von SIP-Komponenten zu erhalten, haben Seffernick et al. in der US 5,621,619, deren Inhaber der vorliegende Patentinhaber ist, eine DIP-Konfiguration entwickelt, die eine verringerte Größe aufweist sowie kleinere Abstände als herkömmlich mit Lötpaste und Dickschicht-Cermetzusammensetzungen erhaltbar sind. Gleichwohl besteht weiterhin ein Bedarf für noch kleinere und bei noch höheren Frequenzen geeignete Übertragungslei-

tungsabschlüsse.

[0016] Ein Verfahren der Komponentenbefestigung, das sich als vorteilhaft bei hohen Frequenzen erwiesen hat, ist das Ball-Grid-Array-(BGA)-Package bzw. Kugel-Gitter-Array-Package. In diesem Package wird eine Verbindung zwischen einer gedruckten Platine und der BGA-Komponente durch die Verwendung einer Vielzahl von Lotkugeln erzielt. Diese Kugeln sind in Bezug auf ihre Anordnung am Umfang der Vorrichtung nicht beschränkt, wie dies auch bei den Chipwiderständen nach dem Stand der Technik der Fall war, jedoch weist das BGA Abschlüsse auf, die in dem Array bzw. Feld über das gesamte Package verteilt sind. Infolgedessen wird die Platinenoberfläche durch die Verbindung, das heißt das BGA genutzt, was diese Verbindung in Bezug auf den Platzverbrauch mit den früheren SIP-Designs vergleichbar macht. Zudem kann die Schaltung unmittelbar durch das Komponentensubstrat mit dem BGA verbunden werden, was bedeutet, dass die Anschlusslängen ausschließlich auf die Dicke des Komponentensubstrats verringert werden kann. Diese resultierenden Anschlusslängen sind in aller Regel erheblich kürzer als die Anschlüsse an Chip-Komponenten. Beispiele dieser BGA-Abschlüsse finden sich in der US 4,332,341 von Minetti; US 4,945,399 von Brown et al.; US 5,539,186 von Abrami et al.; US 5,557,502 von Banejee et al.; und US 5,661,450 von Davidson. Ein Abschlusswiderstandsnetz unter Verwendung eines BGA wird in der US 5,661,450 von Davidson beschrieben. Jedes dieser Patente veranschaulicht unterschiedliche Typen von BGA-Komponenten und Packages. Obgleich jedes dieser Patente unterschiedliche Komponenten veranschaulicht, einschließlich Abschlusswiderstandsarrays bzw. -felder, sowie separat, Entkopplungskapazitäten, zeigt keines ein hochdichtes Dickschichtabschlussnetzwerk, das die Vorteile von Widerständen und Kapazitäten integriert. Eine solche Vorrichtung wird jedoch in der Technik benötigt, um die Eigenschaften bereitzustellen, welche für unterschiedliche Typen von Übertragungsleitungen einschließlich, jedoch ohne Beschränkung analoger und digitaler Leitungen wie oben beschrieben, benötigt werden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0017] Gemäß einem ersten Aspekt besteht die Erfindung in einem energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen, umfassend ein RC-Netzwerk mit rasterförmig angeordneten Kugeln, wobei der Abschlusswiderstand umfasst: ein elektrisch isolierendes Substrat mit einer ersten Hauptfläche, einer zweiten Hauptfläche sowie einer dazwischenliegenden Dicke; ein mit elektrischem Widerstand behaftetes erstes Widerstandsmuster aus Dickschichtmaterial an der ersten Hauptfläche, das erste elektrische Leiter und zweite elektrische Leiter aufweist, wodurch elektrische Energie von den ers-

ten elektrischen Leitern durch das mit elektrischem Widerstand behaftete Muster zu den zweiten elektrischen Leitern fließen kann und ein erster Anteil der elektrischen Energie in diesem dissipiert wird. Ein erster Dickschichtkondensator ist an der zweiten Hauptfläche mit einer ersten Elektrode nahe der zweiten Hauptfläche und einer zweiten, weiter von der zweiten Hauptfläche entfernten Elektrode ausgebildet. Ein erstes und zweites Durchgangsloch verlaufen durch die Substratsdicke, wobei das erste Durchgangsloch einen der ersten und zweiten elektrischen Leiter mit der ersten Elektrode verbindet; und eine erste elektrisch leitende Kugel der rasterförmig angeordneten Kugeln, die elektrisch und mechanisch mit der zweiten Elektrode verbunden ist. Der Abschluss ist dadurch gekennzeichnet, dass das Widerstandsmuster ein Feld aus Dickschichtwiderständen aufweist, wobei jeder Widerstand des Felds einen ersten und einen zweiten elektrischen Leiter aufweist. Der erste Kondensator ist Teil eines ersten Felds aus Dickschichtkondensatoren, wobei jeder Kondensator des ersten Felds an der zweiten Hauptfläche erste Elektroden nahe der zweiten Hauptfläche und zweite, weiter von der zweiten Hauptfläche entfernte Elektroden aufweist; und ein erstes Feld aus Durchgangslöchern durch das Substrat hindurch das Widerstandsfeld an den ersten elektrischen Leitern mit dem ersten Kondensatorfeld elektrisch verbindet; und weiterhin umfassend ein zweites Feld aus Durchgangslöchern, welches durch das Substrat hindurch das Feld aus Widerständen an den zweiten elektrischen Leitern mit der zweiten Hauptfläche des Substrats verbindet.

[0018] Gemäß einem zweiten Aspekt besteht die Erfindung in einem Schaltungsmodul mit einem Substrat, sowie auf diesem vorgesehenen Kapazitäten und Widerständen, wobei ein Feld rasterförmig angeordneter Kugeln angebracht und elektrisch mit den Kapazitäten und Widerständen verbunden ist und wobei die Kapazitäten benachbart zu dem Feld rasterförmig angeordneter Kugeln und die Widerstände in Bezug auf das Substrat gegenüberliegend zu den Kapazitäten und dem Feld rasterförmig angeordneter Kugeln angeordnet sind.

[0019] Weitere Merkmale können in Erwägung gezogen werden, wie beispielsweise das Verbinden der Widerstände direkt mit einer Kugel an der zweiten Seite des Substrats, oder, alternativ, durch zusätzliche Kapazitäten mit anderen Kugeln. Felder von Widerständen und Kapazitäten können für unterschiedliche Anwendungen in verschiedener Art und Weise angeordnet werden.

Ziele der Erfindung

[0020] Ein erstes Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines sehr dichten Dickschicht-RC-Netzwerks unter Verwendung der Vorteile von Dickschichten in

Verbindung mit einem Feld rasterförmig angeordneter Kugeln bzw. BGA. Ein zweites Ziel der Erfindung ist die Minimierung der Verbindungsinduktivität von dem Netzwerk zu einer Platine, indem die Verbindungsverkabelung so kurz wie möglich gehalten wird. Ein weiteres Ziel ist es, Dickschichtmaterialien wirkungsvoll einzusetzen, um zu gewährleisten, dass der resultierende Signalübertragungsleitungsabschluss so wirtschaftlich wie möglich ist, gleichwohl überragende Hochfrequenzeigenschaften bietet. Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht in der Ermöglichung der Schaffung von energiedissipierenden Abschlusswiderständen für ein breites Spektrum von Übertragungsleitungen, einschließlich Computer-Datenbussen, Wechselstrom-Signalleitungen, Ton- und anderen analogen Übertragungsleitungen, sowie anderen Übertragungsleitungen, welche die Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung benötigen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0021] [Fig. 1](#) zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer Ansicht von oben.

[0022] [Fig. 2](#) zeigt das Ausführungsbeispiel nach [Fig. 1](#) in schematischer Ansicht.

[0023] [Fig. 3](#) zeigt das Ausführungsbeispiel nach [Fig. 1](#) in einer Seitenansicht und [Fig. 4](#) zeigt das gleiche Ausführungsbeispiel in einer Ansicht von unten.

[0024] [Fig. 5](#) zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel von oben, und [Fig. 6](#) zeigt das zweite Ausführungsbeispiel in schematischer Ansicht.

[0025] [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zeigen zwei alternative Ausführungsbeispiele für eine Dickschicht-Konstruktion eines kapazitiven Widerstands nach der vorliegenden Erfindung.

[0026] [Fig. 9](#) zeigt einen Wechselstromabschluss in schematischer Darstellung, der die Merkmale der vorliegenden Erfindung verkörpert.

Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels

[0027] Ein energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen **100** ist in den Ansichten der [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt und in [Fig. 2](#) schematisch dargestellt. Soweit möglich, sind gleichartige Komponenten zu Verweisungszwecken in ähnlicher Weise nummeriert. Der energiedissipierende Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen **100** umfasst ein Substrat **110**, auf dem Dickschicht-Komponenten ausgeformt werden können und, vorzugsweise, gebrannt oder gesintet werden, wie dies bei der Dickschichtherstellung branchenbekannt ist. Dieses Substrat ist typischerweise Aluminiumoxid, obgleich auch jedes andere der vie-

len Dickschicht-Substratverbindungen verwendet werden könnte. Auf eine Oberseite des Substrats **110**, die in [Fig. 1](#) zum Zweck der Veranschaulichung mit teilweise entfernter Deckschicht **115** dargestellt ist, wird ein Feld aus Dickschicht-Cermetwiderständen **120–127** und Leitern **130–137** und **150–157** aufgebracht. Innerhalb eines jeden Leiters **130–137** und **150–157** befinden sich jeweils kleine Durchgangsloch-Leiter **140–147** und **170–177**, die dazu dienen, eine Verbindung von der Oberseite **111** des Substrats **110**, sichtbar in [Fig. 1](#), durch das Substrat **110** zu der Substratunterseite **112**, sichtbar in [Fig. 4](#), herzustellen. Diese Durchgangsloch-Leiter können durch eine Vielzahl bekannter Techniken hergestellt werden, einschließlich jedoch nicht beschränkt auf gewerbliche Cermet-Durchgangslochpasten, solide Stifte oder Stecker, Metallbeschichtung und legierte Zusammensetzungen. Für die Durchgangsloch-Leiter sollte jedoch ein Material und ein Herstellungsprozess gewählt werden, der ansonsten elektrisch und mechanisch mit den anderen Dickschicht-Komponenten des bevorzugten Ausführungsbeispiels kompatibel ist.

[0028] Wie in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt, sind Lotkugeln **210–233** platziert und bedecken im wesentlichen die Unterseite **112** des Substrats **110**. Diese Lotkugeln dienen dazu, den Abschluss **100** elektrisch mit einem Motherboard oder einer anderen gedruckten Platine oder Trägersubstrat zu verbinden. Wie aus [Fig. 3](#) zu erkennen ist, können diese Lotkugeln ziemlich klein hergestellt werden, im wesentlichen lediglich begrenzt durch die kleinste Größe, die herstellbar ist. Diese Kugeln können ein Tausendstel oder Hundertstel Inch im Durchmesser betragen, im Vergleich zu SIP-Abschlüssen, die in Hundertstel oder Zehntel Inch gemessen werden. Da die gesamte Unterseite **112** durch das Feld aus rasterförmig angeordneten Kugeln bedeckt ist, wird keine Oberfläche der Trägerplatine, beispielsweise einem Motherboard, verschwendet, an dem diese Komponente befestigt wird. Zudem müssen die Signale, die mit dem Abschluss **100** zusammenwirken, lediglich durch die Dicke des Substrats **110** und den Durchmesser der Lotkugeln **210–233** hindurchlaufen, wodurch die Anschlusslängen so kurz wie möglich gehalten werden.

[0029] Nicht dargestellt in den [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) ist die tatsächliche Anordnung der Kapazitäten wie z.B. der kapazitive Widerstand bzw. Kondensator **185**. [Fig. 7](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel der Anordnung dieser Kapazitäten, während [Fig. 8](#) ein alternatives Ausführungsbeispiel zeigt. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Kapazitäten aus gewerblich verfügbaren Dickschichtmaterialien gefertigt, wie dies aus dem Stand der Technik durch Sieb- und Schablonendruck von Elektroden **180** und **190** auf das Substrat **110** bekannt ist. Insbesondere sind, um die Notwendigkeit zusätzlicher Wegstrecken zu vermeiden, diese Elektroden unmittelbar auf die

Durchgangslöcher **140**, **160** aufgedruckt, um eine zuverlässige elektrische Verbindung zu bilden. Eine Kapazität wird gebildet, wenn zwei Elektroden durch dielektrisches Material beabstandet werden. Wie bekannt ist, kann das dielektrische Material aus einem breiten Spektrum bekannter Materialien ausgewählt werden. Im Dickschichtbereich werden generell Titanate wie Bariumtitanat aufgrund ihrer hohen dielektrischen Konstante bevorzugt. Wenn niedrigere Kapazitätswerte für einen bestimmten Anwendungszweck als ausreichend angesehen werden, können auch andere dielektrische Materialien wie Silizium- oder Aluminiumoxid geeignet sein. Wie in [Fig. 7](#) dargestellt, sind die Schichten **181** und **191** spezielle Dielektrika wie von Titanattyp. An der Oberseite der dielektrischen Schicht ist eine zusätzliche Elektrode **182**, **192** abgesetzt. Obwohl dies für die Wirkung der Erfindung zwar nicht wesentlich ist, ist eine zusätzliche elektrisch leitende Lotbarrierschicht **183**, **193** aufgebracht, die als Schutzschicht dient, um die Elektroden **182**, **192** und die Dielektrika **181**, **192** vor Angriffen von Strömen in der anschließend applizierten Lotpaste **200**, **201** zu schützen. Eine dielektrische Barriere **220**, die auch eine dielektrische Beschichtung sein kann, wird auch ausgebildet, um die elektrischen Komponenten einzuschließen und zu schützen. In der Lotpaste **200**, **201** kann eine Lotkugel oder eine andere geformte Vorform **210**, **211** in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel appliziert werden. Durch das Arbeiten mit wie Vorformen den dargestellten Kugeln ist es möglich, eine stetige Dimensionskontrolle an den Komponenten zu gewährleisten, im Vergleich zum Aufschmelzlöten, bei dem die Einhaltung der Ausdehnung schwieriger zu beherrschen ist. Vorformen werden somit bevorzugt, jedoch können auch andere Verfahren zur Ausformung elektrischer Anschlusspunkte an den Abschlüssen und Netzwerken der vorliegenden Erfindung in Betracht gezogen werden, die hier mit eingeschlossen sind, soweit solche Abschlüsse bekannt oder für den Fachmann offensichtlich sind.

[0030] In einem alternativen Ausführungsbeispiel nach [Fig. 8](#) kann eine dielektrische Schicht **222** die Kombinationsfunktion zur Passivation und zum Schutz elektrischer Komponenten sowie als Dielektrikum für jede der Kapazitäten übernehmen. Typischerweise wird eine solche Zusammensetzung aus einer Mischung von verschiedenen Oxiden von Silizium, Bor, Aluminium, Kalzium, Magnesium Natrium, Lithium und anderen bekannten Elementen erhalten, um zufriedenstellende dielektrische Schichten zu schaffen, gleichwohl ist die Erfindung nicht hierauf beschränkt.

[0031] Die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zeigen Querschnittsansichten einer möglichen Konstruktion nach der Erfindung, wobei Abweichungen möglich sind. Eine häufige Abweichung besteht in der Verbindung zwischen dem widerstandsbehafteten Cermetmaterial **120** und

den elektrisch leitenden Materialien **130**, **150**. Oftmals werden die elektrisch leitenden Materialien **130**, **150** zuerst aufgebracht und dann das widerstandsbehaftete Material **120** überlagert, wobei ein bestimmtes Ausmaß an Überlappung vorgesehen wird, um eine hochqualitative elektrische Verbindung nach dem Sintern oder Brennen zu gewährleisten. Zudem zeigen die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) Kapazitäten zwischen den Durchgangslöchern **140**, **160** und den elektrisch leitenden Kugeln **210**, **211**. Es besteht keine Notwendigkeit, dass jedes Durchgangsloch durch eine Kapazität abgeschlossen wird, und, was als nächstes beschrieben wird, es kann eine elektrisch leitende Kugel unmittelbar auf einer Lotbarrierschicht wie der Schicht **193** platziert werden, die unmittelbar an einem Durchgangsloch **160** angebracht ist, oder eine Lotkugeln **211** kann unmittelbar an einem elektrisch leitenden Pad wie dem Pad **190** oder dem Durchgangsloch angebracht werden, obgleich diese Vorgehensweise für die Langzeiteigenschaften nicht so wünschenswert sein dürfte.

[0032] Die schematische Darstellung in [Fig. 2](#) zeigt eine mögliche Schaltungskonfiguration der in [Fig. 1](#) gezeigten Struktur. Acht unterschiedliche Sets aus Widerständen und Kapazitäten sind dargestellt und es ist ersichtlich, dass diese unmittelbar mit den in [Fig. 1](#) grafisch dargestellten Komponenten korrespondieren, für den vorliegenden Zweck wird jedoch lediglich eine solche Kombination im Detail erläutert. Es ist weiterhin ersichtlich, dass viele unterschiedliche Anzahlen von Komponenten für einen gegebenen Anwendungszweck im Sinne der vorliegenden Lehre kombiniert werden können, und bestimmte Anzahlen von Komponenten eine bestimmte Bedeutung lediglich für einen oder einige der bevorzugten bestimmten Anwendungen aufweist. Wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist, ist der Widerstand **120** durch den Leiter **130** mit dem Durchgangsloch **140** verbunden. Das Durchgangsloch **140** wird an einer gegenüberliegenden Seite des Substrats **110** durch eine Lotkugel abgeschlossen, die zur direkten Verbindung mit einer Trägerplatte wie einer gedruckten Platine oder einem Motherboard dient. An einer zweiten elektrischen Verbindung beziehungsweise einem Anschluss des Widerstands **120** befindet sich ein Leiter **150**, der durch das Durchgangsloch **161** Verbindung zu einem kapazitiven Widerstand bzw. Kondensator **185** ermöglicht. Der Leiter **150** erstreckt sich ferner zu dem Durchgangsloch **170**, welches durch das Substrat **110** zur direkten Verbindung mit einer Lotkugel verläuft. Durch Anordnung eines Feldes von solchen Vorrichtungen in gleicher Weise und eine Verbindung der kapazitiven Widerstände über eine gemeinsame Leitung **300**, die entweder als Abschluss **100** oder innerhalb der Platine vorgesehen werden kann, wird ein Feld aus acht RC-Niedrigpassfiltern gebildet. Diese Konfiguration kann beispielsweise als elektromagnetisches oder Hochfrequenz-Interferenzfilter verwendet werden, sowie als Niederpass-Signalfilter.

[0033] Eine Vielzahl anderer Verbindungen können mit diesem Basis-Netzwerk hergestellt werden, wie zum Beispiel in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellt. Dort ist ein zusätzlicher Widerstand **520** vorgesehen, der wie der erste Widerstand **120** mit einem ersten Ende unmittelbar mit einer Lotkugel und mit einem zweiten Ende elektrisch mit einer Kapazität verbunden ist. Diese spezielle Anordnung weist einen ähnlichen Anwendungszweck auf und kann beispielsweise in Filtern für Flüssigkristalldisplaypanels eingesetzt werden.

[0034] [Fig. 9](#) zeigt eine weitere Anordnung. Wie in [Fig. 9](#) gezeigt, können die Kapazitäten und Widerstände in „Y“ bzw. Sternkonfiguration angeordnet werden. Dieser Abschlussstyp eignet sich als Wechselstromleitungsabschluss, da die Anordnung der Kapazitäten alle Gleichstromkomponenten abblockt. Die schematische Darstellung zeigt ein einfaches physikalisches Lay-out bei dem eine 3×3 Anordnung aus Lotkugeln so angeordnet ist, dass die acht äußeren Kugeln abwechselnd an den Ecken und auf halbem Wege dazwischen um den Umfang eines Substrats **110** sitzen, wobei jede unmittelbar einen kapazitiven Widerstand direkt unter sich aufweist ähnlich den Kugeln **210**, **211** der [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#). An einer Oberfläche gegenüber den Kugeln und Kondensatoren ist eine Anordnung von Widerständen in Sternform vorhanden, die sich alle zu einem gemeinsamen, zentralen Durchgangsloch für einen gemeinsamen Abschluss erstrecken können. Andere, ähnliche Konfigurationen sind möglich, welche den Oberflächenbereich eines Substrats optimieren und gleichwohl weiterhin die vielen Vorteile der vorliegenden Erfindung ermöglichen. Wechselstromkonfigurationen in Deltaanordnung sind hierunter genauso zu verstehen wie eine Myriade von anderen Anordnungen, welche sich dem Fachmann beim Lesen der vorliegenden Offenbarung angesichts einer bestimmten Problemstellung erschließen.

[0035] Obgleich die vorstehend erläuterten Details das bevorzugte Ausführungsbeispiel der Erfindung beschreiben, ist hiermit keine materielle Beschränkung des Umfangs der beanspruchten Erfindung beabsichtigt. Merkmale und Gestaltungsalternativen, die sich dem Fachmann beim Lesen der vorliegenden Offenbarung erschließen, werden als hierin eingeschlossen betrachtet.

[0036] In den nachfolgenden Ansprüchen wird der Umfang der Erfindung definiert und im besonderen beschrieben.

Patentansprüche

1. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen (**100**), umfassend ein R-C Netzwerk mit rasterförmig angeordneten Kugeln, wobei der Abschlusswiderstand umfasst:

a) ein elektrisch isolierendes Substrat (**110**) mit einer ersten Hauptfläche (**111**), einer zweiten Hauptfläche (**112**) sowie einer dazwischenliegenden Dicke;
 b) ein mit elektrischem Widerstand behaftetes erstes Widerstandsmuster (**120–127**) aus Dickschichtmaterial an der ersten Hauptfläche, das erste elektrische Leiter (**130–137**) und zweite elektrische Leiter (**150–157**) aufweist, wodurch elektrische Energie von den ersten elektrischen Leitern durch das mit elektrischem Widerstand behaftete Muster zu den zweiten elektrischen Leitern fließen kann und ein erster Anteil der elektrischen Energie in diesem dissipiert wird;
 c) einen ersten Dickschichtkondensator (**185**) an der zweiten Hauptfläche mit einer ersten Elektrode (**180**) nahe der zweiten Hauptfläche und einer zweiten, weiter von der zweiten Hauptfläche entfernten Elektrode (**182**);
 d) ein erstes und zweites Durchgangsloch (**140**, **160**), die durch die Substratsdicke verlaufen, wobei das erste Durchgangsloch einen der ersten und zweiten elektrischen Leiter mit der ersten Elektrode (**180**) verbindet; und
 e) eine erste elektrisch leitende Kugel (**210**) der rasterförmig angeordneten Kugeln, die elektrisch und mechanisch mit der zweiten Elektrode (**182**) verbunden ist; **dadurch gekennzeichnet**, dass:
 das Widerstandsmuster ein Feld aus Dickschichtwiderständen (**120–127**) aufweist, wobei jeder Widerstand des Felds einen ersten und einen zweiten elektrischen Leiter (**130–137**; **150–157**) aufweist;
 der erste Kondensator Teil eines ersten Feldes aus Dickschichtkondensatoren (**185**) ist, wobei jeder Kondensator des ersten Felds an der zweiten Hauptfläche erste Elektroden (**180**) nahe der zweiten Hauptfläche und zweite, weiter von der zweiten Hauptfläche entfernte Elektroden (**182**) aufweist; und
 ein erstes Feld aus Durchgangslöchern (**140–147**) durch das Substrat hindurch das Widerstandsfeld an den ersten elektrischen Leitern mit dem ersten Kondensatorfeld elektrisch verbindet;
 und weiterhin umfasst:
 ein zweites Feld aus Durchgangslöchern (**160–167**), welches durch das Substrat hindurch das Feld aus Widerständen an den zweiten elektrischen Leitern mit der zweiten Hauptfläche des Substrats verbindet.

2. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach Anspruch 1, weiterhin umfassend ein zweites Feld aus Kondensatoren, das mit dem zweiten Feld aus Durchgangslöchern verbunden ist.

3. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach Anspruch 2, weiterhin umfassend elektrisch leitende Anbauten (**210–233**), die an dem ersten Feld aus Kondensatoren angebracht sind.

4. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach einem der vor-

genannten Ansprüche, weiterhin umfassend ein Dielektrikum (**181**) aus Titanat oder Oxid zwischen den ersten und zweiten Kondensatorelektroden.

5. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach Anspruch 1, weiterhin umfassend elektrisch leitende Anbauten (**210–233**), die physikalisch dem zweiten Feld aus Durchgangslöchern benachbart und elektrisch mit diesem verbunden sind.

6. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach Anspruch 1, bei dem die ersten und zweiten Felder aus Durchgangslöchern und die ersten Felder aus Widerständen und Kondensatoren elektrisch miteinander zu einem Wechselstrom-Abschlusswiderstand verbunden sind.

7. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach Anspruch 1, bei dem die ersten und zweiten Felder aus Durchgangslöchern und die ersten Felder aus Widerständen und Kondensatoren elektrisch miteinander zu einem Computerbus-Abschlusswiderstand verbunden sind.

8. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach einem der vorgenannten Ansprüche, weiterhin umfassend dritte und vierte elektrisch leitende Elektroden (**190, 192**), die an der zweiten Fläche (**112**) gehalten sind und ein zweites dielektrisches Material (**191**) zwischeneinander aufweisen, so dass diese eine messbare elektrische Kapazität zwischeneinander besitzen und so einen zweiten Kondensator bilden, wobei die dritte elektrisch leitende Elektrode (**190**) elektrisch mit der zweiten elektrischen Verbindungen (**160**) verbunden ist; und eine zweite elektrisch leitende Kugel (**211**) der rasterförmig angeordneten Kugeln mit der vierten elektrisch leitenden Elektrode (**192**) verbunden ist.

9. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach Anspruch 8, weiterhin umfassend eine elektrisch leitende Kugel, die elektrisch mit dem zweiten Durchgangsloch verbunden ist.

10. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach Anspruch 1, weiterhin umfassend:

- a) zusätzliche elektrische Widerstandsmuster (**520–527**) an der ersten Fläche, die jeweils zwei elektrische Verbindungen aufweisen, wobei sich diese elektrischen Widerstandsmuster eine der zwei elektrischen Verbindungen über einen gemeinsamen elektrischen Leiter (**300**) teilen;
- b) zusätzliche Kondensatoren an der zweiten Fläche elektrisch mit den mit elektrischem Widerstand behafteten Mustern sowie zusätzlichen elektrisch lei-

tenden Kugeln verbunden sind; und

c) wobei der erste und zusätzliche Kondensatoren den Durchfluss von Gleichstrom durch den ersten und weitere Widerstände blockieren, hingegen gleichzeitig Wechselstrom passieren lassen, wodurch das R-C-Netzwerk mit rasterförmig angeordneten Kugeln eine Signalübertragungsleitung für Wechselstrom abschließen kann.

11. Energiedissipierender Abschlusswiderstand für Signalübertragungsleitungen nach Anspruch 1, bei dem das mit elektrischem Widerstand behaftete Muster ein Cermetmaterial enthält.

12. Schaltungsmodul, umfassend ein Substrat, das an einer Seite (**111**) eine Vielzahl von Widerständen (**120–127**) aufweist und gekennzeichnet ist durch eine Vielzahl von Kondensatoren (**185**) an der gegenüberliegenden Seite (**112**) sowie dazu benachbarte, rasterförmig angeordnete Kugeln.

13. Schaltungsmodul nach Anspruch 12, umfassend elektrische Durchgangslöcher (**140–147; 160–167**), die ausgewählte Widerstände mit ausgewählten Kondensatoren verbinden.

14. Schaltungsmodul nach Anspruch 13, umfassend elektrische Durchgangslöcher (**170**), die ausgewählte Widerstände direkt mit dem Raster aus Kugeln verbinden.

15. Schaltungsmodul nach Anspruch 12, 13 oder 14, bei dem die Widerstände Dickschichtwiderstände sind.

16. Schaltungsmodul nach einem der Ansprüche 12 bis 15, bei dem die Kondensatoren Dickschichtkondensatoren sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

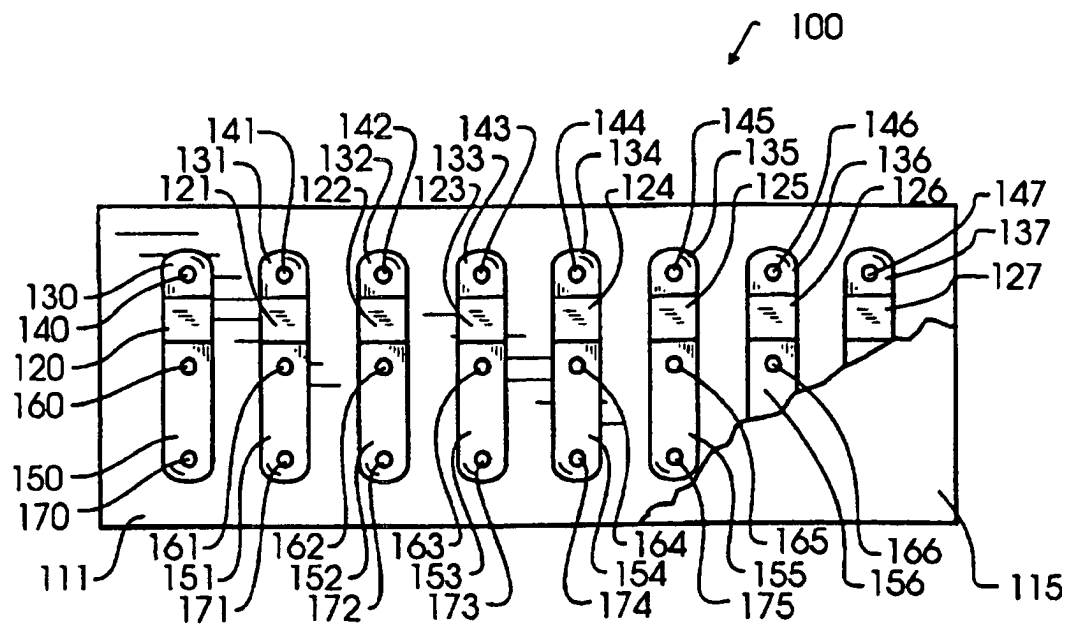


FIG. 1

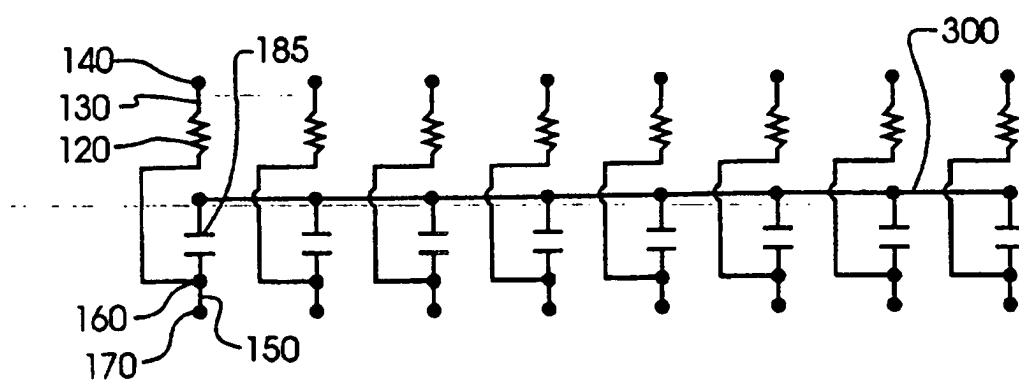


FIG. 2

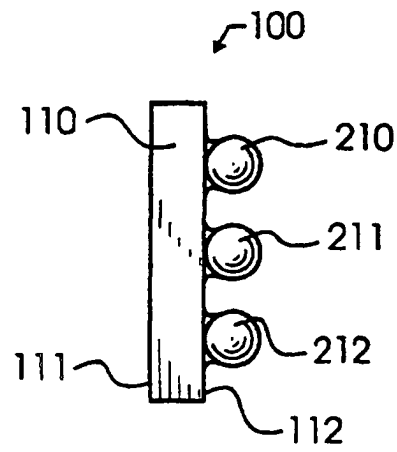


FIG. 3

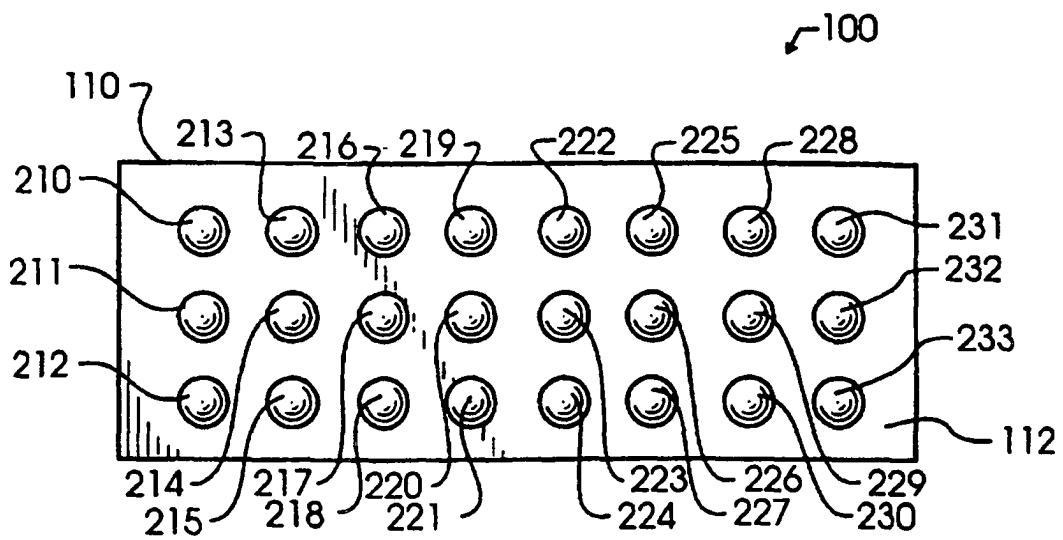


FIG. 4

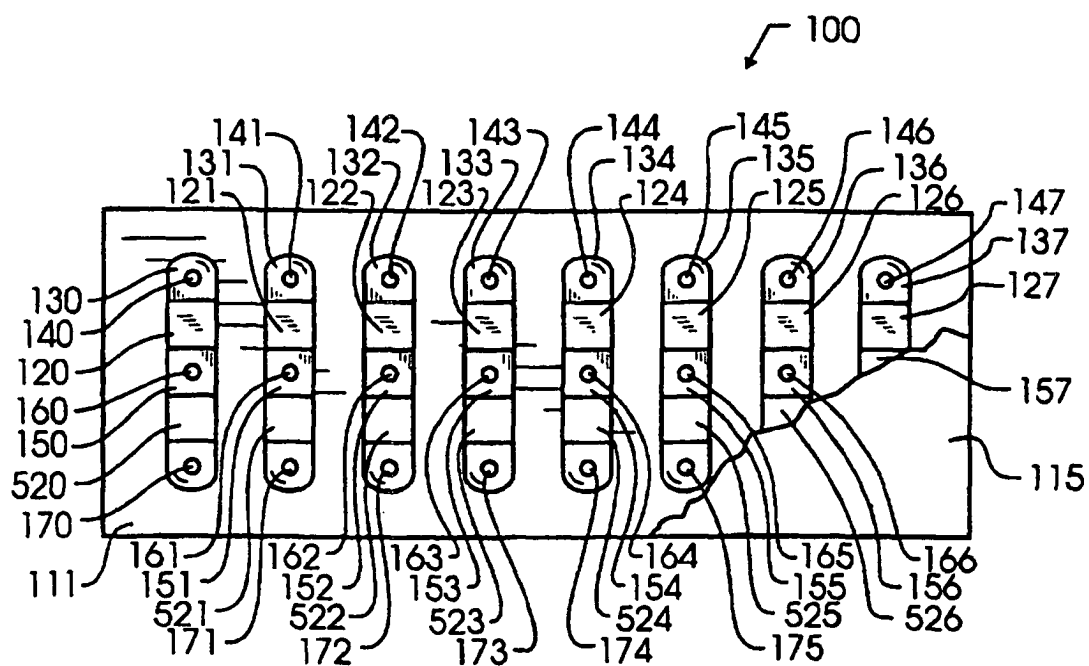


FIG. 5

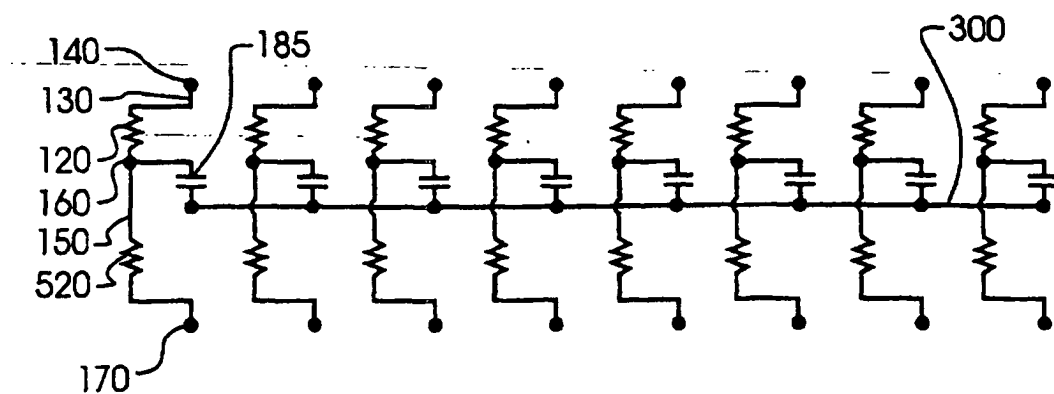


FIG. 6

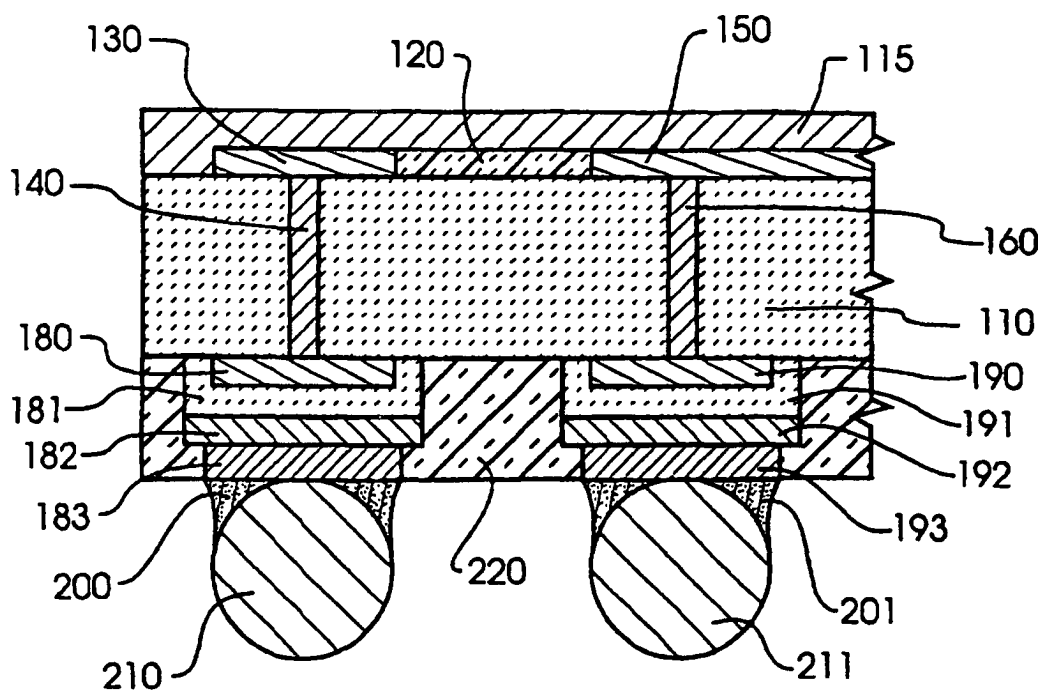


FIG. 7

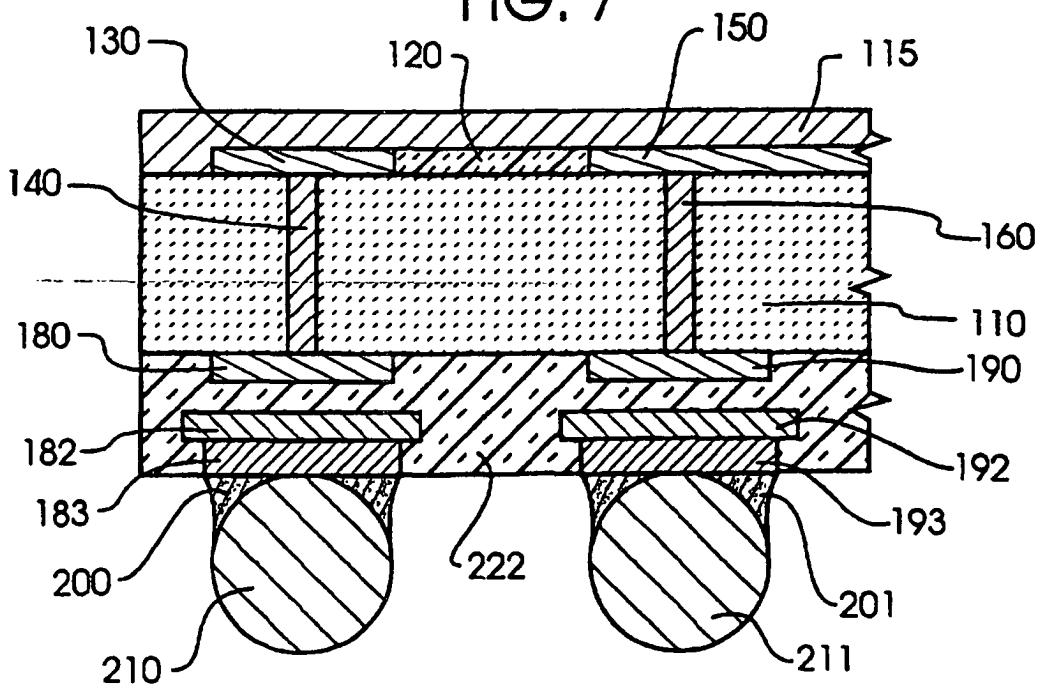


FIG. 8

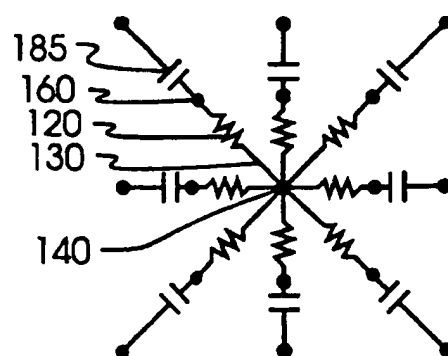


FIG. 9