



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 021 337.3**

(22) Anmeldetag: **22.05.2010**

(43) Offenlegungstag: **09.12.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H01G 9/012** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
12/474,311 29.05.2009 US

(71) Anmelder:
AVX Corporation, Myrtle Beach, S.C., US

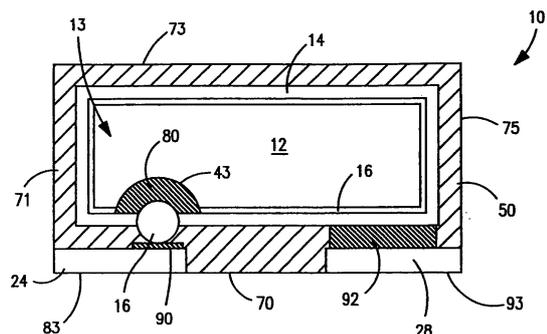
(74) Vertreter:
**Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner, 50667
Köln**

(72) Erfinder:
**Zednicek, Stanislav, Lanskroun, CZ; Millman,
William A., Devon, GB**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Feuerfeste Metallpaste für Festelektrolytkondensatoren**

(57) Zusammenfassung: Ein Festelektrolytkondensator, der ein Kondensatorelement enthält, das einen Anodenkörper, eine dielektrische Schicht und einen festen Elektrolyten umfasst, wird bereitgestellt. Der Kondensator enthält auch einen Anodenanschluss, der elektrisch mit dem Anodenkörper verbunden ist. Im Gegensatz zu herkömmlichen Kondensatoren, bei denen der Anschluss unter Verwendung einer Schicht von Impfteilchen angeschweißt oder verbunden wird, wird in der vorliegenden Erfindung eine feuerfeste Metallpaste (z.B. Tantalpaste) eingesetzt, um den Anodenanschluss elektrisch mit dem Anodenkörper zu verbinden. Die Verwendung einer solchen feuerfesten Metallpaste ermöglicht das Verschweißen des Anodenanschlusses mit einer Oberfläche des Anodenkörpers, nachdem dieser gepresst wurde. Auf diese Weise kann eine starke und zuverlässige Verbindung erreicht werden, ohne die Oberfläche des Anschlusses, die für die Verbindung mit einem Ende zur Verfügung steht, wesentlich zu reduzieren. Die Paste der vorliegenden Erfindung enthält im Allgemeinen Teilchen einer relativ geringen Größe. Zum Teil aufgrund der relativ geringen Größe der Teilchen kann die Paste eine relativ niedrige Viskosität haben, so dass sie während der Herstellung des Kondensators leicht gehandhabt und auf einen Anodenanschluss und/oder Anodenkörper aufgetragen werden kann. Weiterhin kann die Dicke der aufgetragenen Paste auch relativ gering sein und dennoch die gewünschte Bindung des Anschlusses an den Anodenkörper erreichen.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Festelektrolytkondensatoren (z. B. Tantalkondensatoren) haben hauptsächlich zur Miniaturisierung von elektronischen Schaltungen beigetragen und ermöglichten die Anwendung solcher Schaltungen in extremen Umgebungen. Herkömmliche Festelektrolytkondensatoren werden häufig dadurch gebildet, dass man ein Metallpulver (z. B. Tantal) um einen Metallanschlussdraht herum presst, den gepressten Teil sintert, die gesinterte Anode anodisiert und danach einen festen Elektrolyten aufträgt. Das resultierende Kondensatorelement enthält einen Anschlussdraht, der sich ausgehend vom Anodenkörper nach außen erstreckt und an seinem Ende mit einem Anodenende verschweißt ist. Die Befestigung des Metallanschlussdrahts an einem Anodenkörper ist aufgrund der Pressanforderungen und der geringen Größe der Kondensatoren häufig schwierig. Daher muss man große Vorsicht walten lassen, um zu gewährleisten, dass der Anodenkörper nicht beschädigt wird, was den Herstellungsaufwand, -zeit und -kosten erhöht. Weiterhin nimmt der Draht selbst Platz innerhalb des Anodenkörpers ein und beschränkt somit die volumetrische Effizienz, die erreicht werden könnte. Als Reaktion auf diese Herausforderungen wurden daher Techniken entwickelt, die versuchen, den Metallanschlussdraht aus dem Kondensator herauszuhalten. Das US-Patent Nr. 5,357,399 (Salisbury) beschreibt zum Beispiel einen Kondensator, der ein Tantalsubstrat enthält, das unter Verwendung einer Impfschicht aus Tantalteilchen an einen Tantalwafer geschweißt wird. Während die Verwendung eines Anschlussdrahts vermieden wird, entsteht durch die Impfschichtteilchen das neue Problem, dass sie häufig schwierig zu handhaben und während der Herstellung auf den Wafer aufzutragen sind. Trotz der erreichten Vorteile gibt es also noch ein Bedürfnis nach Verbesserung.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0002] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Festelektrolytkondensator offenbart, der ein Kondensatorelement, einen Anodenanschluss, ein Anodenende und ein Kathodenende umfasst. Das Kondensatorelement umfasst einen Anodenkörper, eine dielektrische Schicht, die wenigstens einen Teil des Anodenkörpers bedeckt, und eine Kathode, die wenigstens einen Teil der dielektrischen Schicht bedeckt, wobei die Kathode einen festen Elektrolyten umfasst. Der Anodenanschluss ist durch eine feuerfeste Metallpaste, die eine Vielzahl von Teilchen enthält, elektrisch mit einer Oberfläche des Anodenkörpers verbunden, wobei die Teilchen sowohl mit dem Anodenanschluss als auch mit dem Anodenkörper verschweißt sind. Das Anodenende ist elektrisch mit dem Anodenanschluss verbunden, und das Kathodenende ist elektrisch mit der Kathode verbunden.

[0003] Gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum elektrischen Verbinden eines Anschlusses mit einem Anodenkörper eines Kondensatorelements offenbart. Das Verfahren umfasst das Auftragen einer feuerfesten Metallpaste auf den Anschluss, den Anodenkörper oder beide, wobei die feuerfeste Metallpaste eine Vielzahl von Teilchen umfasst. Der Anschluss wird neben dem Anodenkörper positioniert. Die feuerfeste Metallpaste wird gesintert, um den Anodenanschluss elektrisch mit dem Anodenkörper zu verbinden.

[0004] Weitere Merkmale und Aspekte der vorliegenden Erfindung sind im Folgenden ausführlicher dargelegt.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0005] Im Rest der Beschreibung und unter Bezugnahme auf die Begleitzeichnungen ist eine vollständige und nacharbeitbare Offenbarung der vorliegenden Erfindung einschließlich ihrer besten Realisierung für den Fachmann insbesondere dargelegt; dabei sind:

[0006] [Fig. 1](#) eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform des Festelektrolytkondensators der vorliegenden Erfindung;

[0007] [Fig. 2](#) eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines Anodenkörpers, der über eine feuerfeste Metallpaste mit einem Anodenanschluss verbunden ist;

[0008] [Fig. 3](#) eine Querschnittsexplosionsansicht des in [Fig. 2](#) gezeigten Anodenkörpers und -anschlusses; und

[0009] [Fig. 4](#) eine Querschnittsansicht einer anderen Ausführungsform des Festelektrolytkondensators der vorliegenden Erfindung; und

[0010] [Fig. 5](#) eine Querschnittsansicht noch einer anderen Ausführungsform des Festelektrolytkondensators der vorliegenden Erfindung.

[0011] Bei mehrfacher Verwendung von Bezugszeichen in der vorliegenden Beschreibung und den Zeichnungen sollen diese dieselben oder analoge Merkmale oder Elemente der vorliegenden Erfindung repräsentieren.

Ausführliche Beschreibung von repräsentativen Ausführungsformen

[0012] Der Fachmann sollte sich darüber im Klaren sein, dass die vorliegende Diskussion nur eine Beschreibung von beispielhaften Ausführungsformen ist und die breiteren Aspekte der vorliegenden Erfindung nicht einschränken soll.

[0013] Allgemein gesagt betrifft die vorliegende Erfindung einen Festelektrolytkondensator, der ein Kondensatorelement enthält, das einen Anodenkörper, eine dielektrische Schicht und einen festen Elektrolyten umfasst. Der Kondensator enthält auch einen Anodenanschluss, der elektrisch mit dem Anodenkörper verbunden ist. Im Gegensatz zu herkömmlichen Kondensatoren, bei denen der Anschluss im Anodenkörper eingebettet oder mit Hilfe einer Schicht von Impfteilchen mit diesem verbunden ist, wird in der vorliegenden Erfindung eine feuerfeste Metallpaste (z. B. Tantalpaste) eingesetzt, um den Anodenanschluss elektrisch mit dem Anodenkörper zu verbinden. Die Verwendung einer solchen feuerfesten Metallpaste ermöglicht das Verschweißen des Anodenanschlusses mit einer Oberfläche des Anodenkörpers, nachdem dieser gepresst wurde. Auf diese Weise kann eine starke und zuverlässige Verbindung erreicht werden, ohne die Oberfläche des Anschlusses, die für die Verbindung mit einem Ende zur Verfügung steht, wesentlich zu reduzieren.

[0014] Die Paste der vorliegenden Erfindung enthält im Allgemeinen Teilchen einer relativ geringen Größe, wie solche mit einer mittleren Größe von etwa 0,01 bis etwa 20 Mikrometer, in einigen Ausführungsformen etwa 0,1 bis etwa 15 Mikrometer und in einigen Ausführungsformen etwa 1 bis etwa 10 Mikrometer. Zum Teil aufgrund der relativ geringen Größe der Teilchen kann die Paste eine relativ niedrige Viskosität haben, so dass sie während der Herstellung des Kondensators leicht gehandhabt und auf einen Anodenanschluss und/oder Anodenkörper aufgetragen werden kann. Die Viskosität kann zum Beispiel im Bereich von etwa 5 bis etwa 200 Pascalsekunden, in einigen Ausführungsformen etwa 10 bis etwa 150 Pascalsekunden und in einigen Ausführungsformen etwa 20 bis etwa 100 Pascalsekunden betragen, gemessen mit einem Brookfield-DV-1-Viskosimeter unter Verwendung einer Spindel Nr. 18, die mit 12 U/min und bei 25°C arbeitet. Falls gewünscht, können Verdickungsmittel oder andere Viskositätsmodifikatoren in der Paste eingesetzt werden, um die Viskosität zu erhöhen oder zu senken. Weiterhin kann die Dicke der aufgetragenen Paste auch relativ gering sein und dennoch die gewünschte Bindung des Anschlusses an den Anodenkörper erreichen. Zum Beispiel kann die Dicke der Paste etwa 0,01 bis etwa 50 Mikrometer, in einigen Ausführungsformen etwa 0,5 bis etwa 30 Mikrometer und in einigen Ausführungsformen etwa 1 bis etwa 25 Mikrometer betragen.

[0015] Die in der Paste verwendeten Teilchen bestehen aus einer Zusammensetzung, die ein feuerfestes Metall, wie Wolfram, Molybdän, Niob, Tantal, Rhenium, Osmium, Iridium, Ruthenium, Hafnium, Zirconium, Vanadium, Chrom, sowie elektrisch leitfähige Legierungen, Oxide und Nitride dieser Metalle umfasst. Vorzugsweise ist die Zusammensetzung dieselbe oder im Wesentlichen die gleiche wie das Material, das zur Bildung des Anodenkörpers verwendet wird. In einer besonderen Ausführungsform werden für die Bindung an eine Tantalnode zum Beispiel Teilchen aus Tantalmetall eingesetzt.

[0016] Zur Bildung der Paste können die Teilchen zunächst in einem Lösungsmittel dispergiert werden. Eine Vielzahl von Lösungsmitteln können eingesetzt werden, wie Wasser, Glycole (z. B. Propylenglycol, Butylenglycol, Triethylenglycol, Hexylenglycol, Polyethylenglycole, Ethoxydiglycol und Dipropylenglycol), Glycolether (z. B. Methylglycoether, Ethylglycoether und Isopropylglycoether), Ether (z. B. Diethylether und Tetrahydrofuran), Alkohole (z. B. Methanol, Ethanol, n-Propanol, Isopropanol und Butanol), Triglyceride, Ketone (z. B. Aceton, Methylethylketon und Methylisobutylketon), Ester (z. B. Ethylacetat, Butylacetat, Diethylenglycoetheracetat und Methoxypropylacetat), Amide (z. B. Dimethylformamid, Dimethylacetamid, Dimethylcapryl-/caprinfettsäureamid und N-Alkylpyrrolidone); Nitrile (z. B. Acetonitril, Propionitril, Butyronitril und Benzonitril), Sulfoxide oder Sulfone (z. B. Dimethylsulfoxid (DMSO) und Sulfolan) usw. Ein besonderer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass wässrige Lösungsmittel (z. B. Wasser) eingesetzt werden können. Tatsächlich kann Wasser etwa 20 Gew.-% oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 50 Gew.-% oder mehr und in einigen Ausführungsformen etwa 75 Gew.-% bis 100 Gew.-% der in der Paste verwendeten Lösungsmittel aus-

machen.

[0017] Die Gesamtkonzentration der in der Paste eingesetzten Lösungsmittel kann variieren, beträgt jedoch typischerweise etwa 1 Gew.-% bis etwa 40 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 5 Gew.-% bis etwa 30 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 10 Gew.-% bis etwa 20 Gew.-% der Paste. Selbstverständlich hängt die spezielle Menge der eingesetzten Lösungsmittel zum Teil von dem gewünschten Feststoffgehalt und/oder der gewünschten Viskosität der Paste ab. Zum Beispiel kann der Feststoffgehalt im Bereich von etwa 40 bis etwa 98 Gew.-%, besonders bevorzugt zwischen etwa 50 und etwa 96 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt zwischen etwa 60 und etwa 95 Gew.-% liegen. Durch Variieren des Feststoffgehalts der Paste kann die Anwesenheit der feuerfesten Metallteilchen gesteuert werden. Zur Bildung einer Paste mit einer größeren Menge an Teilchen kann die Zubereitung zum Beispiel mit einem relativ hohen Feststoffgehalt versehen sein, so dass ein größerer Prozentsatz der Teilchen in die Paste eingebaut wird.

[0018] In der Paste kann auch ein Kleber eingesetzt werden, der dabei hilft, die Teilchen in einer unzerstörten Position zu halten und/oder die Haftung der Paste an der gewünschten Oberfläche zu unterstützen. Obwohl ein beliebiger Kleber eingesetzt werden kann, sind organische Kleber für die Verwendung in der vorliegenden Erfindung besonders gut geeignet. Beispiele für solche Kleber sind zum Beispiel Epoxyverbindungen (z. B. zweikomponentiger UHU-Epoxykleber), Polyvinylbutyral, Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol, Polyvinylpyrrolidon, Cellulosepolymere, wie Carboxymethylcellulose, Methylcellulose, Ethylcellulose, Hydroxyethylcellulose und Methylhydroxyethylcellulose, ataktisches Polypropylen, Polyethylen, Polyethylenglycol (z. B. Carbowax von Dow Chemical Co.), Siliciumpolymere, wie Polymethylsiloxan, Polymethylphenylsiloxan; Polystyrol, Poly(butadien/styrol); Polyamide, Polyimide und Polyacrylamide, hochmolekulare Polyether; Copolymere von Ethylenoxid und Propylenoxid; Fluorpolymere, wie Polytetrafluorethylen, Polyvinylidenfluorid und Fluorolefin-Copolymere, sowie Acrylpolymere, wie Natriumpolyacrylat, Poly(niederalkylacrylate), Poly(niederalkylmethacrylate) und Copolymere von Niederalkylacrylaten und -methacrylaten.

[0019] Neben Klebern kann die Paste auch andere Komponenten umfassen. Zum Beispiel können in der Paste ein oder mehrere Dispergiermittel eingesetzt werden, um die Oberflächenspannung der Suspension zu reduzieren. Eine Klasse von geeigneten Dispergiermitteln umfasst anionische Verbindungen, die Säuregruppen aufweisen, oder Salze davon. Solche Verbindungen können zum Beispiel wenigstens ein ethylenisch ungesättigtes säurehaltiges Monomer und gegebenenfalls wenigstens ein ethylenisch ungesättigtes nichtionisches Monomer enthalten. Zu den geeigneten Säuremonomeren gehören Monomere mit Carbonsäuregruppen, wie Acrylsäure, Methacrylsäure, Itaconsäure, Fumarsäure, Krotonsäure, Maleinsäure, Monomethylitaconat, Monomethylfumarat und Monobutylfumarat; Anhydride, wie Maleinsäureanhydrid und Itaconsäureanhydrid; oder Kombinationen davon. Zu den geeigneten ethylenisch ungesättigten Monomeren gehören Alkylester von (Meth)acrylsäure, wie Ethylacrylat, Butylacrylat und Methylmethacrylat; Hydroxyester von (Meth)acrylsäure, wie Hydroxyethylmethacrylat, Hydroxyethylacrylat, Hydroxypropylacrylat und Hydroxypropylmethacrylat; aromatische Monomere, wie Styrol und α -Methylstyrol; sowie Alkene, wie Diisobutylen.

[0020] Ein Netzmittel oder Tensid kann in der Paste ebenfalls eingesetzt werden, um die Bildung von homogen gleichmäßigen Pasten mit wünschenswerter Verteilbarkeit zu erleichtern. Zu den geeigneten Tensiden gehören kationische Tenside, nichtionische Tenside, anionische Tenside, amphotere Tenside usw. Nichtionische Tenside können zum Beispiel eine hydrophobe Base, wie eine langkettige Alkylgruppe oder eine alkylierte Arylgruppe, und eine hydrophile Kette, die eine bestimmte Anzahl (z. B. 1 bis etwa 30) an Ethoxy- und/oder Propoxy-Struktureinheiten umfasst, aufweisen. Beispiele für einige Klassen von nichtionischen Tensiden, die verwendet werden können, sind unter anderem ethoxylierte Alkylphenole, ethoxylierte und propoxylierte Fettalkohole, Polyethylenglycolether von Methylglucose, Polyethylenglycolether von Sorbit, Ethylenoxid-Propylenoxid-Blockcopolymere, ethoxylierte Ester von (C_8 - C_{18})-Fettsäuren, Kondensationsprodukte von Ethylenoxid mit langkettigen Aminen oder Amiden, Kondensationsprodukte von Ethylenoxid mit Alkoholen sowie Gemische davon. Besonders gut geeignete nichtionische Tenside sind etwa die Polyethylenoxid-Kondensate von 1 mol Alkylphenol, das etwa 8 bis 18 Kohlenstoffatome in einer geradkettigen oder verzweigten Alkylgruppe enthält, mit etwa 5 bis 30 mol Ethylenoxid. Spezielle Beispiele für Alkylphenoethoxylate sind Nonylphenol, das mit etwa 9,5 mol Ethylenoxid pro Mol Nonylphenol kondensiert ist, Dinonylphenol, das mit etwa 12 mol Ethylenoxid pro Mol Phenol kondensiert ist, Dinonylphenol, das mit etwa 15 mol Ethylenoxid pro Mol Phenol kondensiert ist, und Diisooctylphenol, das mit etwa 15 mol Ethylenoxid pro Mol Phenol kondensiert ist.

[0021] Weichmacher können ebenfalls in der Paste eingesetzt werden, um die filmbildenden Eigenschaften der Paste zu verstärken. Weichmacher sind wohlbekannt, und es kann eine Vielzahl von Weichmachern eingesetzt werden. Beispiele für typische Weichmacher sind Mineralöl, Glycole, wie Propylenglycol, Phthalsäureester, wie Dioctylphthalat und Benzylbutylphthalat, sowie langkettige aliphatische Säuren, wie Ölsäure und

Stearinsäure, sowie Gemische davon.

[0022] Die Konzentration jeder Komponente der Paste kann in Abhängigkeit von der gewünschten Menge der Teilchen, der Nassaufnahme des verwendeten Auftragsverfahrens usw. variieren. Zum Beispiel liegt die Menge der Teilchen innerhalb der Paste im Allgemeinen im Bereich von etwa 40 Gew.-% bis etwa 98 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 50 Gew.-% bis etwa 96 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 60 Gew.-% bis etwa 95 Gew.-%. Kleber können ebenfalls etwa 0,01 Gew.-% bis etwa 20 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 0,1 Gew.-% bis etwa 15 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 1 Gew.-% bis etwa 10 Gew.-% der Paste ausmachen. Andere Komponenten, wie Dispergiermittel, Tenside, Weichmacher usw., können jeweils etwa 0,001 Gew.-% bis etwa 10 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 0,01 Gew.-% bis etwa 5 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 0,1 Gew.-% bis etwa 3 Gew.-% der Paste ausmachen.

[0023] Wie bereits erwähnt, wird die feuerfeste Metallpaste der vorliegenden Erfindung verwendet, um den Anodenkörper eines Festelektrolytkondensators mit dem Anodenanschluss zu verbinden. Der Anodenkörper kann aus einer Ventilmetalzzusammensetzung mit einer hohen spezifischen Ladung gebildet werden, wie etwa 40 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$ oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 50 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$ oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 60 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$ oder mehr und in einigen Ausführungsformen etwa 70 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$ bis etwa 700 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$. Die Ventilmetalzzusammensetzung enthält ein Ventilmetall (d. h. ein Metall, das zur Oxidation befähigt ist) oder eine Verbindung, die auf einem Ventilmetall beruht, wie Tantal, Niob, Aluminium, Hafnium, Titan, Legierungen davon, Oxide davon, Nitride davon usw. Zum Beispiel kann die Ventilmetalzzusammensetzung ein elektrisch leitfähiges Oxid von Niob enthalten, wie ein Nioboxid mit einem Atomverhältnis von Niob zu Sauerstoff von $1:1,0 \pm 1,0$, in einigen Ausführungsformen $1:1,0 \pm 0,3$, in einigen Ausführungsformen $1:1,0 \pm 0,1$ und in einigen Ausführungsformen $1:1,0 \pm 0,05$. Bei dem Nioboxid kann es sich zum Beispiel um $\text{NbO}_{0,7}$, $\text{NbO}_{1,0}$, $\text{NbO}_{1,1}$ und NbO_2 handeln. In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Zusammensetzung $\text{NbO}_{1,0}$, ein leitfähiges Nioboxid, das auch nach dem Sintern bei hohen Temperaturen chemisch stabil bleiben kann. Beispiele für solche Ventilmetalloxide sind in den US-Patenten Nr. 6,322,912 (Fife), 6,391,275 (Fife et al.), 6,416,730 (Fife et al.), 6,527,937 (Fife), 6,576,099 (Kimmel et al.), 6,592,740 (Fife et al.) und 6,639,787 (Kimmel et al.) und 7,220,397 (Kimmel et al.) sowie in den US-Patentanmeldungen Veröffentlichungsnummer 2005/0019581 (Schnitter), 2005/0103638 (Schnitter et al.) und 2005/0013765 (Thomas et al.) beschrieben, auf die alle hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0024] Zur Bildung des Anodenkörpers können im Allgemeinen herkömmliche Herstellungsverfahren verwendet werden. In einer Ausführungsform wird zuerst ein Tantal- oder Nioboxidpulver mit einer bestimmten Teilchengröße ausgewählt. Zum Beispiel können die Teilchen flockenartig, eckig, knotenförmig sowie Gemische und Variationen davon sein. Die Teilchen haben auch typischerweise eine Siebgrößenverteilung von wenigstens etwa 60 mesh, in einigen Ausführungsformen etwa 60 bis etwa 325 mesh und in einigen Ausführungsformen etwa 100 bis etwa 200 mesh. Ferner beträgt die spezifische Oberfläche etwa 0,1 bis etwa 10,0 m^2/g , in einigen Ausführungsformen etwa 0,5 bis etwa 5,0 m^2/g und in einigen Ausführungsformen etwa 1,0 bis etwa 2,0 m^2/g . Der Ausdruck "spezifische Oberfläche" bezieht sich auf die Oberfläche, die durch das Verfahren der physikalischen Gasadsorption (B. E. T.) von Brunauer, Emmet und Teller, Journal of American Chemical Society, Band 60, 1938, S. 309, mit Stickstoff als Adsorptionsgas bestimmt wurde. Ebenso beträgt die Schüttdichte (oder Scott-Dichte) typischerweise etwa 0,1 bis etwa 5,0 g/cm^3 , in einigen Ausführungsformen etwa 0,2 bis etwa 4,0 g/cm^3 und in einigen Ausführungsformen etwa 0,5 bis etwa 3,0 g/cm^3 .

[0025] Um den Bau des Anodenkörpers zu erleichtern, können noch weitere Komponenten zu den elektrisch leitfähigen Teilchen gegeben werden. Zum Beispiel können die elektrisch leitfähigen Teilchen gegebenenfalls mit einem Bindemittel und/oder Gleitmittel gemischt werden, um zu gewährleisten, dass die Teilchen ausreichend aneinander haften, wenn sie zum Anodenkörper gepresst werden. Zu den geeigneten Bindemitteln gehören etwa Campher, Stearin- und andere Seifenfettsäuren, Carbowax (Union Carbide), Glyptal (General Electric), Naphthalin, Pflanzenwachs, Mikrowachse (gereinigte Paraffine), polymere Bindemittel (z. B. Polyvinylalkohol, Poly(ethyl-2-oxazolin) usw.) usw. Das Bindemittel kann in einem Lösungsmittel gelöst und dispergiert werden. Beispielhafte Lösungsmittel sind Wasser, Alkohole usw. Wenn Bindemittel und/oder Gleitmittel verwendet werden, kann ihr Prozentanteil von etwa 0,1 bis etwa 8 Gew.-% der Gesamtmasse variieren. Man sollte sich jedoch darüber im Klaren sein, dass Bindemittel und Gleitmittel in der vorliegenden Erfindung nicht erforderlich sind.

[0026] Das resultierende Pulver kann kompaktiert werden, wobei man irgendeine herkömmliche Pulverpressvorrichtung verwendet. Die Pressform kann zum Beispiel eine Einplatz-Kompaktierpresse sein, bei der eine Matrize und ein oder mehrere Stempel verwendet werden. Alternativ dazu können auch Kompaktierpressfor-

men des Ambosstyps verwendet werden, bei denen nur eine Matrize und ein einziger Unterstempel verwendet werden. Einplatz-Kompaktierpressformen sind in mehreren Grundtypen erhältlich, wie Nocken-, Kniehebel- und Exzenter-/Kurbelpressen mit unterschiedlichen Fähigkeiten, wie einfach wirkend, doppelt wirkend, Schwembemantelmatrize, bewegliche Werkzeugaufspannplatte, Gegenstempel, Schnecke, Schlag, Heißpressen, Prägen oder Kalibrieren. Falls gewünscht, kann gegebenenfalls vorhandenes Bindemittel/Gleitmittel nach dem Pressen entfernt werden, indem man den Pressling mehrere Minuten lang im Vakuum auf eine bestimmte Temperatur (z. B. etwa 150°C bis etwa 500°C) erhitzt. Alternativ dazu kann das Bindemittel/Gleitmittel auch entfernt werden, indem man den Pressling mit einer wässrigen Lösung in Kontakt bringt, wie es im US-Patent Nr. 6,197,252 (Bishop et al.) beschrieben ist, auf das hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0027] Die Dicke des gepressten Anodenkörpers kann relativ gering sein, wie etwa 4 Millimeter oder weniger, in einigen Ausführungsformen etwa 0,05 bis etwa 2 Millimeter und in einigen Ausführungsformen etwa 0,1 bis etwa 1 Millimeter. Die Form der Anode kann ebenfalls so gewählt werden, dass die elektrischen Eigenschaften des resultierenden Kondensators verbessert werden. Zum Beispiel kann die Anode eine Form haben, die gekrümmt, wellenförmig, rechteckig, U-förmig, V-förmig usw. ist. Die Anode kann auch eine "geriffelte" Form haben, indem sie eine oder mehrere Furchen, Rillen, Vertiefungen oder Einkerbungen enthält, um das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen zu erhöhen und dadurch den äquivalenten Serienwiderstand (ESR) zu minimieren und den Frequenzgang der Kapazität auszudehnen. Solche "geriffelten" Anoden sind zum Beispiel in den US-Patenten Nr. 6,191,936 (Webber et al.), 5,949,639 (Maeda et al.) und 3,345,545 (Bourgault et al.) sowie in der US-Patentanmeldung Veröffentlichungsnummer 2005/0270725 (Hahn et al.) beschrieben, auf die hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0028] Der Anodenanschluss kann in Form eines Drahtes, Bleches usw. vorliegen und kann aus einer Ventilmetallverbindung, wie Tantal, Niob, Nioboxid usw. bestehen. In [Fig. 2](#) ist zum Beispiel eine Ausführungsform gezeigt, bei der ein Anodendraht **16** mit Hilfe der feuerfesten Metallpaste der vorliegenden Erfindung mit einer oberen Fläche **33** eines Anodenkörpers **12** verbunden ist. Man sollte sich jedoch darüber im Klaren sein, dass der Anodendraht **16** auch mit einer oder mehreren anderen Flächen des Anodenkörpers **12** verbunden sein kann, wie Seitenfläche **35**, Seitenfläche **37**, Vorderfläche **31**, Bodenfläche **39** und/oder hintere Fläche (nicht gezeigt). Falls gewünscht, kann der Anodenkörper auch einen vertieften Bereich enthalten, um die Form des Anodenanschlusses unterzubringen. In [Fig. 2](#) ist zum Beispiel ein vertiefter Bereich **43** in der Oberfläche **33** des Anodenkörpers **12** definiert, der eine "U-Form" hat, um den im Wesentlichen kreisförmigen Anodendraht **16** unterzubringen.

[0029] Eine Vielzahl von Techniken kann im Allgemeinen eingesetzt werden, um die feuerfeste Metallpaste auf den Anodenkörper aufzutragen, wie Wärmebehandlung, thermisches Sintern, Kathodenzerstäubung, Siebdruck, Tauchbeschichtung, elektrophoretische Beschichtung, Elektronenstrahlabscheidung, Sprühen, Walzenpressen, Streichen, Rakelgießen, Vakuumabscheidung, Beschichtung usw. Nach dem Auftragen kann die feuerfeste Metallpaste gegebenenfalls erhitzt werden, um vorhandenen Kleber/Gleitmittel zu entfernen. Unabhängig davon wird die Paste gesintert, so dass die Teilchen eine Verbindung sowohl zum Anodenanschluss als auch zum Anodenkörper bilden. Das Sintern der Paste gemäß der vorliegenden Erfindung kann vor und/oder nach dem Sintern des Anodenkörpers erfolgen. In einer besonderen Ausführungsform wird die feuerfeste Metallpaste mit dem Anodenkörper gemeinsam gesintert. Die Temperatur, bei der die Paste gesintert wird, kann zum Beispiel in einem Bereich von etwa 1000°C bis etwa 2500°C, in einigen Ausführungsformen von etwa 1000°C bis etwa 2000°C und in einigen Ausführungsformen von etwa 1200°C bis etwa 1800°C liegen. Das Sintern kann bei jedem gewünschten Druck erfolgen. In einer bestimmten Ausführungsform kann das Sintern bei einem relativ niedrigen Druck erfolgen, wie weniger als etwa 200 Millitorr, in einigen Ausführungsformen weniger als etwa 100 Millitorr und in einigen Ausführungsformen weniger als etwa 50 Millitorr. Die Gesamtzeit des Sinterns kann auch in einem Bereich von etwa 10 Minuten bis etwa 1 Stunde liegen.

[0030] Wie oben erwähnt, bewirkt das Sintern die Bildung einer Verbindung zwischen den Teilchen der feuerfesten Metallpaste und dem Metall sowohl des Anodenkörpers als auch des Anodenanschlusses. Somit kann eine starke Verbindung zwischen dem Anodenanschluss und dem Anodenkörper erreicht werden, ohne den Anschluss in den Körper einzubetten. Da er nicht in den Anodenkörper eingebettet ist, kann ein erheblicher Teil der Oberfläche des Anodenanschlusses für die anschließende Verbindung mit einem Anodenende verfügbar bleiben. Dies bedeutet wiederum, dass sich der Anodenanschluss nicht über den Anodenkörper hinaus nach außen erstrecken muss, um ihn an dem Ende zu befestigen. In dieser Hinsicht braucht sich nur ein kleiner Teil des Anodenanschlusses, falls überhaupt, über den Anodenkörper hinaus nach außen zu erstrecken. Beziehen wir uns zum Beispiel wieder auf [Fig. 22](#), so erstreckt sich der Anodendraht **16** dieser Ausführungsform im Wesentlichen in einer Längsrichtung entlang der y-Achse. Der Abstand, um den sich der Anodendraht **16** über die Vorderfläche **31** oder die hintere Fläche (nicht gezeigt) hinaus in y-Richtung erstreckt, wird im Allge-

meinen gering gehalten, um die volumetrische Effizienz zu optimieren. Zum Beispiel können die tatsächlichen Längen zwar in Abhängigkeit von der Gehäusegröße des Kondensators variieren, doch beträgt das Verhältnis des Abstands, um den sich der Draht **16** über eine Fläche des Anodenkörpers hinaus in Längsrichtung erstreckt, zur Länge des Anodenkörpers in derselben Richtung typischerweise etwa 0,5 oder weniger, in einigen Ausführungsformen etwa 0,1 oder weniger und in einigen Ausführungsformen etwa 0,001 bis etwa 0,05. Die gewünschte Länge des Anodenanschlusses kann erreicht werden, indem man einfach einen Anschluss mit der geeigneten Länge wählt oder indem man den Anschluss auf die gewünschte Länge schneidet, nachdem er befestigt wurde. Neben wahlfreien Schneideschritten kann der Anschluss auch geschliffen werden, so dass er für die anschließende Verbindung mit einem Anodenende eine relativ flache Oberfläche besitzt.

[0031] In den oben beschriebenen Ausführungsformen steht die feuerfeste Metallpaste direkt mit dem Anodenkörper und -anschluss in Kontakt. Dennoch sollte man sich darüber im Klaren sein, dass auch ein oder mehrere Materialien zwischen der Paste und der oder den Komponenten eingesetzt werden können, um die Verbindung zu unterstützen. Zum Beispiel kann sich eine Schicht von Impfteilchen (nicht in Form einer Paste) zwischen der Paste und dem Anodenkörper befinden, um die Haftung zu verbessern. Solche Impfschichtteilchen können ein Ventilmaterial (z. B. Tantal), wie es oben beschrieben ist, umfassen.

[0032] Nachdem sie an dem Anschluss befestigt wurde, kann der Anodenkörper anodisiert werden, so dass eine dielektrische Schicht auf und/oder innerhalb der Anode entsteht. Anodisierung ist ein elektrochemisches Verfahren, bei dem die Anode oxidiert wird, so dass ein Material mit einer relativ hohen Dielektrizitätskonstante entsteht. Zum Beispiel kann eine Tantal-anode zu Tantalpentoxid (Ta_2O_5) anodisiert werden. Typischerweise wird die Anodisierung durchgeführt, indem man zunächst einen Elektrolyten auf die Anode aufträgt, etwa durch Eintauchen der Anode in den Elektrolyten. Der Elektrolyt liegt im Allgemeinen in Form einer Flüssigkeit vor, etwa als Lösung (z. B. wässrig oder nichtwässrig), Dispersion, Schmelze usw. In dem Elektrolyten wird im Allgemeinen ein Lösungsmittel eingesetzt, wie Wasser (z. B. deionisiertes Wasser), Ether (z. B. Diethylether und Tetrahydrofuran), Alkohole (z. B. Methanol, Ethanol, n-Propanol, Isopropanol und Butanol), Triglyceride, Ketone, (z. B. Aceton, Methylethylketon und Methylisobutylketon); Ester (z. B. Ethylacetat, Butylacetat, Diethylenglycolätheracetat und Methoxypropylacetat); Amide (z. B. Dimethylformamid, Dimethylacetamid, Dimethylcapryl-/caprinfettsäureamid und N-Alkylpyrrolidone), Nitrile (z. B. Acetonitril, Propionitril, Butyronitril und Benzonitril), Sulfoxide oder Sulfone (z. B. Dimethylsulfoxid (DMSO) und Sulfolan) usw. Das Lösungsmittel kann etwa 50 Gew.-% bis etwa 99,9 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 75 Gew.-% bis etwa 99 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 80 Gew.-% bis etwa 95 Gew.-% des Elektrolyten ausmachen. Obwohl es nicht unbedingt erforderlich ist, ist die Verwendung eines wässrigen Lösungsmittels (z. B. Wasser) häufig wünschenswert, um dabei zu helfen, das gewünschte Oxid zu erreichen. Tatsächlich kann Wasser etwa 50 Gew.-% oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 70 Gew.-% oder mehr und in einigen Ausführungsformen etwa 90 Gew.-% bis 100 Gew.-% der in dem Elektrolyten verwendeten Lösungsmittel ausmachen.

[0033] Der Elektrolyt ist ionenleitend und kann eine Ionenleitfähigkeit von etwa 1 Millisiemens pro Zentimeter ("mS/cm") oder mehr aufweisen, in einigen Ausführungsformen etwa 30 mS/cm oder mehr und in einigen Ausführungsformen etwa 40 mS/cm bis etwa 100 mS/cm, bestimmt bei einer Temperatur von 25°C. Um die Ionenleitfähigkeit des Elektrolyten zu verstärken, kann eine Verbindung eingesetzt werden, die in dem Lösungsmittel unter Bildung von Ionen dissoziieren kann. Geeignete ionische Verbindungen für diesen Zweck sind zum Beispiel Säuren, wie Chlorwasserstoffsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Polyphosphorsäure, Borsäure, Boronsäure usw., organische Säuren einschließlich Carbonsäuren, wie Acrylsäure, Methacrylsäure, Malonsäure, Bernsteinsäure, Salicylsäure, Sulfosalicylsäure, Adipinsäure, Maleinsäure, Äpfelsäure, Ölsäure, Gallsäure, Weinsäure, Zitronensäure, Ameisensäure, Essigsäure, Glycolsäure, Oxalsäure, Propionsäure, Phthalsäure, Isophthalsäure, Glutarsäure, Gluconsäure, Milchsäure, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Itaconsäure, Trifluoressigsäure, Barbitursäure, Zimtsäure, Benzoesäure, 4-Hydroxybenzoesäure, Aminobenzoesäure usw., Sulfonsäuren, wie Methansulfonsäure, Benzolsulfonsäure, Toluolsulfonsäure, Trifluormethansulfonsäure, Styrolsulfonsäure, Naphthalindisulfonsäure, Hydroxybenzolsulfonsäure, Dodecylsulfonsäure, Dodecylbenzolsulfonsäure usw., polymere Säuren, wie Polyacryl- oder Polymethacrylsäure und Copolymere davon (z. B. Maleinsäure-Acrylsäure-, Sulfonsäure-Acrylsäure und Styrol-Acrylsäure-Copolymere), Carrageensäure, Carboxymethylcellulose, Alginsäure usw., usw. Die Konzentration der ionischen Verbindungen wird so gewählt, dass die gewünschte Ionenleitfähigkeit erreicht wird. Zum Beispiel kann eine Säure (z. B. Phosphorsäure) etwa 0,01 Gew.-% bis etwa 5 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 0,05 Gew.-% bis etwa 0,8 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen etwa 0,1 Gew.-% bis etwa 0,5 Gew.-% des Elektrolyten ausmachen. Falls gewünscht, können in dem Elektrolyten auch Gemische von ionischen Verbindungen eingesetzt werden.

[0034] Ein Strom wird durch den Elektrolyten geleitet, um die dielektrische Schicht zu bilden. Der Wert der

Spannung entspricht der Dicke der dielektrischen Schicht. Zum Beispiel kann die Stromquelle zunächst im galvanostatischen Modus betrieben werden, bis die erforderliche Spannung erreicht ist. Danach kann die Stromquelle auf einen potentiostatischen Modus umgeschaltet werden, um zu gewährleisten, dass die gewünschte Dicke des Dielektrikums über der Oberfläche der Anode gebildet wird. Selbstverständlich können auch andere bekannte Verfahren eingesetzt werden, wie potentiostatische Impuls- oder Schrittvfahren. Die Spannung liegt typischerweise im Bereich von etwa 4 bis etwa 200 V und in einigen Ausführungsformen etwa 9 bis etwa 100 V. Während der anodischen Oxidation kann der Elektrolyt auf einer erhöhten Temperatur gehalten werden, wie etwa 30°C oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 40°C bis etwa 200°C und in einigen Ausführungsformen etwa 50°C bis etwa 100°C. Die anodische Oxidation kann auch bei Umgebungstemperatur oder darunter durchgeführt werden. Die resultierende dielektrische Schicht kann auf einer Oberfläche der Anode oder innerhalb ihrer Poren gebildet werden.

[0035] Der anodisierte Teil kann einem Schritt zur Bildung einer Kathode unterzogen werden, die einen festen Elektrolyten beinhaltet, wie Mangandioxid, ein leitfähiges Polymer usw. Ein fester Elektrolyt aus Mangandioxid kann zum Beispiel durch pyrolytische Zersetzung von Mangan(II)nitrat ($\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$) gebildet werden. Solche Techniken sind zum Beispiel im US-Patent Nr. 4,945,452 (Sturmer et al.) beschrieben, auf das hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird. Alternativ dazu kann auch eine leitfähige Polymerbeschichtung eingesetzt werden, die einen oder mehrere Polyheterocyclen (z. B. Polypyrrole, Polythiophene, Poly(3,4-ethylendioxythiophen) (PEDT), Polyaniline), Polyacetylene, Poly-p-phenylene, Polyphenolate und Derivate davon enthält. Falls gewünscht, kann die leitfähige Polymerbeschichtung überdies auch aus mehreren leitfähigen Polymerschichten gebildet werden. Zum Beispiel kann die Kathode aus dem leitfähigen Polymer in einer Ausführungsform eine aus PEDT gebildete Schicht und eine andere, aus einem Polypyrrol gebildete Schicht enthalten. Verschiedene Verfahren können verwendet werden, um die leitfähige Polymerbeschichtung auf den Anodenteil aufzutragen. Zum Beispiel können herkömmliche Techniken, wie Elektropolymerisation, Siebdruck, Tauchbeschichtung, elektrophoretische Beschichtung und Sprühbeschichtung, verwendet werden, um eine leitfähige Polymerbeschichtung zu bilden. In einer Ausführungsform können zum Beispiel die zur Bildung des leitfähigen Polymers verwendeten Monomere (z. B. 3,4-Ethylendioxythiophen) zunächst unter Bildung einer Lösung mit einem Polymerisationskatalysator gemischt werden. Ein geeigneter Polymerisationskatalysator ist zum Beispiel CLEVIOS C, bei dem es sich um Eisen(III)toluolsulfonat handelt und das von H. C. Starck vertrieben wird. CLEVIOS C ist ein kommerziell erhältlicher Katalysator für CLEVIOS M, bei dem es sich um 3,4-Ethylendioxythiophen handelt, ein PEDT-Monomer, das ebenfalls von H. C. Starck vertrieben wird. Sobald eine Katalysatordispersion gebildet ist, kann der Anodenteil dann in die Dispersion eingetaucht werden, so dass das Polymer auf der Oberfläche des Anodenteils entsteht. Alternativ dazu können der Katalysator und das oder die Monomere auch getrennt auf den Anodenteil aufgetragen werden: In einer Ausführungsform kann der Katalysator zum Beispiel in einem Lösungsmittel (z. B. Butanol) gelöst und dann als Tauchlösung auf den Anodenteil aufgetragen werden. Der Anodenteil kann dann getrocknet werden, um das Lösungsmittel davon zu entfernen. Danach kann der Anodenteil in eine Lösung, die das geeignete Monomer enthält, eingetaucht werden. Sobald das Monomer mit der Oberfläche des Anodenteils, der den Katalysator enthält, in Kontakt tritt, polymerisiert es chemisch darauf. Techniken, wie sie oben beschrieben sind, sind ausführlicher in der US-Veröffentlichungs-Nr. 2008/232037 (Biler) beschrieben.

[0036] Außerdem kann der Katalysator (z. B. CLEVIOS C) auch mit dem oder den Materialien, die zur Bildung der fakultativen Schutzbeschichtung verwendet werden (z. B. harzartige Materialien), gemischt werden. In solchen Fällen kann der Anodenteil dann in eine Lösung eingetaucht werden, die das Monomer (CLEVIOS M) enthält. Infolgedessen kann das Monomer innerhalb und/oder auf der Oberfläche der Schutzbeschichtung mit dem Katalysator in Kontakt treten und damit unter Bildung der leitfähigen Polymerbeschichtung reagieren. Techniken, wie sie oben beschrieben sind, sind ausführlicher im US-Patent Nr. 7,460,358 (Biler) beschrieben. Obwohl oben verschiedene Verfahren beschrieben wurden, sollte man sich darüber im Klaren sein, dass in der vorliegenden Erfindung auch jedes andere Verfahren zum Auftragen der leitfähigen Beschichtung oder Beschichtungen auf den Anodenteil verwendet werden kann. Andere Verfahren zum Auftragen solcher leitfähigen Polymerbeschichtungen sind zum Beispiel in den US-Patenten Nr. 5,457,862 (Sakata et al.), 5,473,503 (Sakata et al.), 5,729,428 (Sakata et al.) und 5,812,367 (Kudoh et al.) beschrieben, auf die hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0037] Sobald er aufgetragen ist, kann der feste Elektrolyt geflickt werden. Das Flickern kann nach jeder Auftragung einer festen Elektrolytschicht erfolgen, oder es kann nach der Auftragung der gesamten Beschichtung erfolgen. In einigen Ausführungsformen kann der feste Elektrolyt zum Beispiel geflickt werden, indem man den Pressling in eine Elektrolytlösung, wie eine Lösung einer Säure, eintaucht und danach eine konstante Spannung an die Lösung anlegt, bis die Stromstärke auf ein vorgewähltes Niveau reduziert ist. Falls gewünscht, kann dieses Flickern in mehreren Schritten erfolgen. Nach der Auftragung eines Teils oder der gesamten oben

beschriebenen Schichten kann der Pressling dann gegebenenfalls gewaschen werden, um verschiedene Nebenprodukte, überschüssige Katalysatoren usw., zu entfernen. Weiterhin kann in einigen Fällen nach einem Teil oder den gesamten oben beschriebenen Tauchvorgängen getrocknet werden. Ein Trocknen kann zum Beispiel wünschenswert sein, nachdem der Katalysator aufgetragen und/oder nachdem der Pressling gewaschen wurde, um die Poren des Presslings zu öffnen, so dass er bei anschließenden Tauchschritten eine Flüssigkeit aufnehmen kann.

[0038] Falls gewünscht, kann gegebenenfalls eine Kohlenstoffschicht (z. B. Graphit) bzw. eine Silberschicht auf das Teil aufgetragen werden. Die Silberbeschichtung kann zum Beispiel als lötlbarer Leiter, Kontaktschicht und/oder Ladungskollektor für den Kondensator wirken, und die Kohlenstoffbeschichtung kann den Kontakt der Silberbeschichtung mit dem festen Elektrolyten einschränken. Solche Beschichtungen können einen Teil oder den gesamten festen Elektrolyten bedecken.

[0039] Es kann in einigen Fällen wünschenswert sein, das Anodenende elektrisch gegenüber dem Kathodenende zu isolieren, so dass der Kondensator in der gewünschten Weise funktioniert. Um eine solche Isolierung zu erreichen, kann eine Vielzahl von Techniken eingesetzt werden. In einer Ausführungsform kann zum Beispiel jede auf dem Anschluss gebildete Oxid- und/oder Kathodenschicht einfach durch einen Ätzzvorgang (z. B. chemisch, Laser usw.) entfernt werden.

[0040] Ähnlich kann auch vor der Anodisierung eine Schutzbeschichtung auf dem Anodenanschluss gebildet werden, um ihn vor Kontakt mit der Anodisierungslösung und/oder mit dem festen Elektrolyten zu schützen. In [Fig. 3](#) ist zum Beispiel eine Ausführungsform eines Anodenkörpers **12** gezeigt, der über eine feuerfeste Metallpaste **43** elektrisch mit einem Anodendraht **16** verbunden ist. In dieser besonderen Ausführungsform befindet sich eine Schutzbeschichtung **17** über dem Anodendraht **16**, die dabei hilft, den Anodenanschluss während der anschließenden Verarbeitungsschritte, wie sie oben beschrieben sind, gegenüber der Kathode zu isolieren. Wenn eine Beschichtung eingesetzt wird, kann sie isolierend sein und einen spezifischen Widerstand von mehr als etwa 10 Ω/cm , in einigen Ausführungsformen mehr als etwa 100 Ω/cm , in einigen Ausführungsformen mehr als etwa 1000 Ω/cm , in einigen Ausführungsformen mehr als etwa $1 \times 10^5 \Omega/\text{cm}$ und in einigen Ausführungsformen mehr als etwa $1 \times 10^{10} \Omega/\text{cm}$ aufweisen. Beispiele für solche isolierenden Materialien sind Polymere, wie Polyurethan, Polystyrol, Ester von ungesättigten oder gesättigten Fettsäuren (z. B. Glyceride), Polytetrafluorethylen (z. B. Teflon®) usw.

[0041] Wie oben erwähnt, enthält der Elektrolytkondensator der vorliegenden Erfindung auch ein Anodenende, mit dem der Anodenanschluss des Kondensatorelements elektrisch verbunden ist, und ein Kathodenende, mit dem die Kathode des Kondensatorelements elektrisch verbunden ist. Jedes beliebige leitfähige Material kann eingesetzt werden, um die Enden zu bilden, wie ein leitfähiges Metall (z. B. Kupfer, Nickel, Silber, Zink, Zinn, Palladium, Blei, Kupfer, Aluminium, Molybdän, Titan, Eisen, Zirconium, Magnesium und Legierungen davon). Zu den besonders gut geeigneten leitfähigen Metallen gehören zum Beispiel Kupfer, Kupferlegierungen (z. B. Kupfer-Zirconium, Kupfer-Magnesium, Kupfer-Zink oder Kupfer-Eisen), Nickel und Nickellegierungen (z. B. Nickel-Eisen). Die Dicke der Enden ist im Allgemeinen so gewählt, dass die Dicke des Kondensators minimiert wird. Zum Beispiel kann die Dicke der Enden im Bereich von etwa 0,05 bis etwa 1 Millimeter liegen, in einigen Ausführungsformen etwa 0,05 bis etwa 0,5 Millimeter oder etwa 0,07 bis etwa 0,2 Millimeter.

[0042] Die Enden können mit Hilfe einer beliebigen, in der Technik bekannten Methode, wie Schweißen, Kleben usw., verbunden werden. In einer Ausführungsform kann zum Beispiel ein leitfähiger Kleber zunächst auf eine Fläche des Anoden- und/oder Kathodenendes aufgetragen werden. Der leitfähige Kleber kann zum Beispiel leitfähige Metallteilchen umfassen, die in einer Harzzusammensetzung enthalten sind. Bei den Metallteilchen kann es sich um Silber, Kupfer, Gold, Platin, Nickel, Zink, Bismut usw. handeln. Die Harzzusammensetzung kann ein duroplastisches Harz (z. B. Epoxidharz), Härtungsmittel (z. B. Säureanhydrid) und Kopplungsmittel (z. B. Silan-Kopplungsmittel) umfassen. Geeignete leitfähige Kleber sind in der US-Patentanmeldung Veröffentlichungsnummer 2006/0038304 (Osako et al.) beschrieben, auf die hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0043] Sobald das Kondensatorelement befestigt ist, kann der Leiterraum in einem Gehäuse eingeschlossen werden, das dann mit Siliciumoxid oder irgendeinem anderen bekannten Einbettungsmaterial gefüllt werden kann. Die Breite und Länge des Gehäuses kann je nach Verwendungszweck variieren. Zu den geeigneten Gehäusen gehören zum Beispiel etwa die Gehäuse "A", "B", "F", "G", "H", "J", "K", "L", "M", "N", "P", "R", "S", "T", "W", "Y" oder "X" (AVX Corporation). Unabhängig von der eingesetzten Gehäusegröße wird das Kondensatorelement so eingebettet, dass wenigstens ein Teil des Anoden- und des Kathodenendes exponiert bleiben. In einigen Fällen kann sich der exponierte Teil des Anoden- und des Kathodenendes zur Montage auf einer

Leiterplatte in einer "Facedown"-Konfiguration auf der unteren Fläche des Kondensators befinden. Dies erhöht die volumetrische Effizienz des Kondensators und reduziert ebenso dessen Platzbedarf auf der Leiterplatte. Nach der Einbettung können exponierte Teile des Anoden- und des Kathodenendes altern gelassen, überprüft und auf die gewünschte Größe zurechtgeschnitten werden.

[0044] In [Fig. 1](#) ist eine Ausführungsform eines Elektrolytkondensators **10** gezeigt, die ein Anodenende **24** und ein Kathodenende **28** in elektrischer Verbindung mit einem Kondensatorelement **13** umfasst. Die Enden **24**, **28** und das Kondensatorelement **13** sind in einem Gehäuse **50** eingekapselt, so dass der resultierende Kondensator **10** eine obere Fläche **73**, Seitenflächen **71** und **75**, eine untere Fläche **70** und eine vordere und hintere Fläche (nicht gezeigt) aufweist. Das Kondensatorelement **13** umfasst ebenso einen Anodenkörper **12**, eine dielektrische Schicht **16** und eine Kathodenschicht **14** und weist eine obere Fläche **33**, eine untere Fläche **39**, Seitenflächen **35** und **37** und eine hintere Fläche (nicht gezeigt) auf.

[0045] Das Kathodenende **28** ist über einen leitfähigen Kleber **92** elektrisch mit der unteren Fläche **39** des Kondensatorelements **13** verbunden. Ebenso ist das Anodenende **24** über einen leitfähigen Kleber **90** elektrisch mit dem Anodendraht **16** verbunden. Selbstverständlich sollte man sich darüber im Klaren sein, dass in der vorliegenden Erfindung auch jedes andere bekannte Verfahren zum Verbinden der Enden eingesetzt werden kann. Auf jeden Fall sind das Anodenende **24** und der Kathodenendenteil **28** im Wesentlichen parallel und coplanar zueinander und gegebenenfalls zur unteren Fläche **39** des Kondensatorelements **13**. Exponierte Teile des Anoden- und des Kathodenendes **24** und **28** definieren untere Flächen **83** bzw. **93**, die von der unteren Fläche **39** des Kondensatorelements **13** weg gerichtet sind. Auf diese Weise können die unteren Flächen **83** und **93** der Enden im Wesentlichen parallel und coplanar zu einer unteren Fläche **70** des Kondensators **10** sein. Obwohl es nicht erforderlich ist, können auch andere Teile des Anodenendes **24** und des Kathodenendes **28** nach der Einbettung exponiert bleiben. In [Fig. 1](#) sind zum Beispiel die Enden **24** und **28** auch an den Seitenflächen **71** bzw. **75** des Gehäuses **50** exponiert.

[0046] In der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform ist der Anodendraht **16** mit einem einzigen Anodenende **24** elektrisch verbunden. Man sollte sich jedoch darüber im Klaren sein, dass die besondere Position und Lage des Anschlusses und/oder der Enden je nach dem gewünschten Ergebnis variieren kann. In [Fig. 4](#) ist zum Beispiel ein Kondensator **100** gezeigt, der ein Kondensatorelement **113**, ein Kathodenende **128** und ein durch eine erste Komponente **124a** und eine zweite Komponente **124b** definiertes Anodenende umfasst. In dieser besonderen Ausführungsform ist ein Anodenanschluss **116** über eine feuerfeste Metallpaste **142** mit einem Anodenkörper **112** des Kondensatorelements **113** und über einen leitfähigen Kleber **190** mit der zweiten Komponente **124b** verbunden. Ähnlich ist die erste Komponente **124a** über einen leitfähigen Kleber **193** mit dem Kondensatorelement **113** verbunden, und das Kathodenende **128** ist über einen leitfähigen Kleber **192** mit dem Kondensatorelement **113** verbunden. Indem man den Anodenanschluss **116** zwischen zwei verschiedenen Enden anordnet, wie es gezeigt ist, kann die Robustheit des resultierenden Kondensators **100** verbessert werden.

[0047] Selbstverständlich ist die vorliegende Erfindung keineswegs auf Ausführungsformen beschränkt, bei denen ein Draht als Anodenanschluss verwendet wird, wie es oben beschrieben ist. In einer anderen Ausführungsform kann es zum Beispiel sein, dass der Kondensator keinen Anschlussdraht aufweist und stattdessen ein Flächengebilde (z. B. Blech, Folie usw.) eingesetzt wird, das mit Hilfe der Metallpaste der vorliegenden Erfindung mit dem Anodenkörper verbunden ist. Verschiedene Beispiele für solche Kondensatoren sind zum Beispiel in den US-Patenten Nr. 5,357,399 (Salisbury), 6,751,085 (Huntington), 6,643,121 (Huntington), 6,849,292 (Huntington), 6,673,389 (Huntington), 6,813,140 (Huntington) und 6,699,767 (Huntington) beschrieben, auf die hier ausdrücklich für alle Zwecke Bezug genommen wird.

[0048] In [Fig. 5](#) ist zum Beispiel eine Ausführungsform eines Kondensators **200** gezeigt, die einen Anodenanschluss **210** in Form eines Flächengebildes umfasst. Der Anodenanschluss **210** in dieser Ausführungsform ist unter Verwendung der feuerfesten Metallpaste der vorliegenden Erfindung mit einem gepressten Anodenkörper **213** verbunden, der aus einer Ventilmetallzusammensetzung (z. B. Tantal) besteht. Die Paste **212** kann zunächst auf eine Fläche des Anodenanschlusses **210** aufgetragen werden. Danach kann der komprimierte Anodenkörper **213** über der Paste **212** angeordnet werden. Der Anodenkörper **213** und der Anodenanschluss **210** können dann gesintert werden, wobei die Bildung einer Verbindung zwischen den Teilchen der feuerfesten Metallpaste und dem Metall sowohl des Anodenkörpers als auch des Anodenanschlusses bewirkt wird. Sobald er befestigt ist, kann der Anodenkörper **213** dann anodisiert und mit einem festen Elektrolyten beschichtet werden, wie es oben beschrieben ist. Falls gewünscht, können noch zusätzliche Schichten eingesetzt werden, wie eine Kohlenstoffschicht **227** und/oder eine oder mehrere Silberschichten **221** oder **222**. Der Kondensator **200** kann auch an den Seitenwänden **224**, die den Anodenkörper **213** umhüllen, ein Einbettungsharz umfassen. Die Endkappen **228** und **229** werden als Kathoden- bzw. Anodenende des Kondensators **200** bereitgestellt.

[0049] Die vorliegende Erfindung wird anhand der folgenden Beispiele besser verständlich.

Testverfahren

Äquivalenter Serienwiderstand (ESR), Kapazität und Verlustfaktor:

[0050] Der äquivalente Serienwiderstand und die Impedanz wurden mit einem Präzisions-LCZ-Messgerät Keithley 3330 mit Kelvin-Anschlussleitungen bei 0 Volt Vorspannung und 1 Volt Signal gemessen. Die Betriebsfrequenz betrug 100 kHz. Die Kapazität und der Verlustfaktor wurden mit einem Präzisions-LCZ-Messgerät Keithley 3330 mit Kelvin-Anschlussleitungen bei 2 Volt Vorspannung und 1 Volt Signal gemessen. Die Betriebsfrequenz betrug 120 Hz, und die Temperatur betrug $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Leckstrom:

[0051] Der Leckstrom ("DCL") wurde mit einer Leckstrom-Testeinrichtung MC 190 von Mantracourt Electronics LTD, UK, gemessen. Der Test mit dem MC 190 misst den Leckstrom bei einer Temperatur von 25°C und einer bestimmten Nennspannung nach 10 Sekunden.

Beispiel 1

[0052] Tantalpulver mit $150\,000\ \mu\text{F}\cdot\text{V}/\text{g}$ wurde zu Presslingen mit Durchmessern von $26,5\ \text{mm} \times 2,2\ \text{mm} \times 0,65\ \text{mm}$ (Länge \times Breite \times Dicke) gepresst und unter Verwendung von Tantalpaste mit einem Tantalband verleimt, wie es oben beschrieben ist. Dann wurde das Pulver unter Bildung eines porösen Elektrodenkörpers gesintert. Die Presslinge wurden in einem Phosphorsäureelektrolyten in Wasser anodisiert und anschließend einer Schalenformung in Wasser/Ethylenglycol-Elektrolyt unterzogen, wobei die dielektrische Schicht entstand. Ein fester Mangandioxid-Elektrolyt wurde durch die pyrolytische Zersetzung von Mangannitrat ($\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$) gebildet. Dann wurden die Presslinge mit einer Graphitbeschichtung und einer Silberbeschichtung überzogen. Die fertigen Teile wurden durch herkömmliche Montagetechnik fertiggestellt und vermessen.

Beispiel 2

[0053] Tantalpulver mit $150\,000\ \mu\text{F}\cdot\text{V}/\text{g}$ wurde zu Presslingen gepresst und mit Hilfe von herkömmlicher Presstechnik unter Bildung eines porösen Elektrodenkörpers gesintert. Die Presslinge wurden in einem Phosphorsäureelektrolyten in Wasser anodisiert und anschließend einer Schalenformung in Wasser/Ethylenglycol-Elektrolyt unterzogen. Ein fester Mangandioxid-Elektrolyt wurde durch die pyrolytische Zersetzung von Mangannitrat ($\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$) gebildet. Dann wurden die Presslinge mit einer Graphitbeschichtung und einer Silberbeschichtung überzogen. Die fertigen Teile wurden durch herkömmliche Montagetechnik fertiggestellt und vermessen.

[0054] Dann wurden die elektrischen Eigenschaften der in den Beispielen 1 und 2 hergestellten Proben getestet. Die Ergebnisse sind unten in Tabelle 1 gezeigt.

Tabelle 1

Kondensator	Kap. (μF)	VF (%)	ESR ($\text{m}\Omega$)	Leckstrom (μA)
Beispiel 1	154	5,1	195	1,2
Beispiel 2	137	5,2	240	4,9

[0055] Diese und andere Modifikationen und Variationen der vorliegenden Erfindung können vom Fachmann praktisch umgesetzt werden, ohne vom Wesen und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Außerdem sollte man sich darüber im Klaren sein, dass Aspekte der verschiedenen Ausführungsformen ganz oder teilweise gegeneinander ausgetauscht werden können. Weiterhin wird der Fachmann anerkennen, dass die obige Beschreibung nur beispielhaften Charakter hat und die Erfindung, die in den beigefügten Ansprüchen näher beschrieben ist, nicht einschränken soll.

1. Festelektrolytkondensator, umfassend:

ein Kondensatorelement, das einen Anodenkörper, eine dielektrische Schicht, die wenigstens einen Teil des Anodenkörpers bedeckt, und eine Kathode, die wenigstens einen Teil der dielektrischen Schicht bedeckt, umfasst, wobei die Kathode einen festen Elektrolyten umfasst;

einen Anodenanschluss, der durch eine feuerfeste Metallpaste, die eine Vielzahl von Teilchen enthält, elek-

- trisch mit einer Oberfläche des Anodenkörpers verbunden ist, wobei die Teilchen sowohl mit dem Anodenanschluss als auch mit dem Anodenkörper verschweißt sind;
- ein Anodenende, das elektrisch mit dem Anodenanschluss verbunden ist; und
- ein Kathodenende, das elektrisch mit der Kathode verbunden ist.
2. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei der Anodenkörper Tantal, Niob oder ein elektrisch leitfähiges Oxid davon umfasst.
 3. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei der Anodenanschluss Tantal oder Niob enthält.
 4. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei die Teilchen aus Tantal bestehen.
 5. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei die Teilchen eine mittlere Größe von etwa 0,01 bis etwa 20 µm haben.
 6. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei die Teilchen eine mittlere Größe von etwa 1 bis etwa 10 µm haben.
 7. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei die Paste eine Dicke von etwa 0,01 bis etwa 50 µm hat.
 8. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei der feste Elektrolyt Mangandioxid oder ein leitfähiges Polymer umfasst.
 9. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei der Anodenanschluss ein Draht ist.
 10. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei der Anodenanschluss ein Flächengebilde oder Band ist.
 11. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 1, wobei das Anodenende eine erste Komponente enthält, die im Wesentlichen parallel zu einer ersten Fläche des Kondensatorelements ist, und das Kathodenende eine zweite Komponente enthält, die im Wesentlichen parallel zu der ersten Fläche des Kondensatorelements ist, wobei der Kondensator weiterhin ein Gehäuse umfasst, das das Kondensatorelement einbettet und wenigstens einen Teil der ersten Komponente und der zweiten Komponente exponiert lässt.
 12. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 11, wobei das Kathodenende elektrisch mit der ersten Fläche des Kondensatorelements verbunden ist.
 13. Festelektrolytkondensator gemäß Punkt 11, wobei die exponierten Teile der ersten Komponente und der zweiten Komponente im Wesentlichen coplanar sind.
 14. Verfahren zum elektrischen Verbinden eines Anschlusses mit einem Anodenkörper eines Kondensatorelements, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
das Auftragen einer feuerfesten Metallpaste auf den Anschluss, den Anodenkörper oder beide, wobei die feuerfeste Metallpaste eine Vielzahl von Teilchen umfasst;
Positionieren des Anschlusses neben dem Anodenkörper; und
Sintern der feuerfesten Metallpaste, um den Anodenanschluss elektrisch mit dem Anodenkörper zu verbinden.
 15. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei der Anodenkörper Tantal, Niob oder ein elektrisch leitfähiges Oxid davon umfasst.
 16. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei die Teilchen aus Tantal bestehen.
 17. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei die Teilchen eine mittlere Größe von etwa 0,01 bis etwa 20 µm haben.
 18. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei die Teilchen eine mittlere Größe von etwa 1 bis etwa 10 µm haben.
 19. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei die Paste ein Lösungsmittel umfasst.
 20. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei die Teilchen etwa 40 Gew.-% bis etwa 98 Gew.-% der Paste ausmachen.
 21. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei die Teilchen etwa 60 Gew.-% bis etwa 95 Gew.-% der Paste ausmachen.
 22. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei die Paste einen Kleber, ein Dispergiermittel, ein Netzmittel, einen Weichmacher oder eine Kombination davon umfasst.
 23. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei der Anodenkörper gepresst wird, bevor er mit dem Anodenanschluss verbunden wird.
 24. Verfahren gemäß Punkt 14, wobei das Sintern bei einer Temperatur von etwa 1000°C bis etwa 2500°C erfolgt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 5357399 [0001, 0047]
- US 6322912 [0023]
- US 6391275 [0023]
- US 6416730 [0023]
- US 6527937 [0023]
- US 6576099 [0023]
- US 6592740 [0023]
- US 6639787 [0023]
- US 7220397 [0023]
- US 6197252 [0026]
- US 6191936 [0027]
- US 5949639 [0027]
- US 4945452 [0035]
- US 2008/232037 [0035]
- US 7460358 [0036]
- US 5457862 [0036]
- US 5473503 [0036]
- US 5729428 [0036]
- US 5812367 [0036]
- US 6751085 [0047]
- US 6643121 [0047]
- US 6849292 [0047]
- US 6673389 [0047]
- US 6813140 [0047]
- US 6699767 [0047]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Brunauer, Emmet und Teller, Journal of American Chemical Society, Band 60, 1938, S. 309 [0024]

Patentansprüche

1. Festelektrolytkondensator, umfassend:
 ein Kondensatorelement, das einen Anodenkörper, eine dielektrische Schicht, die wenigstens einen Teil des Anodenkörpers bedeckt, und eine Kathode, die wenigstens einen Teil der dielektrischen Schicht bedeckt, umfasst, wobei die Kathode einen festen Elektrolyten umfasst;
 einen Anodenanschluss, der durch eine feuerfeste Metallpaste, die eine Vielzahl von Teilchen enthält, elektrisch mit einer Oberfläche des Anodenkörpers verbunden ist, wobei die Teilchen sowohl mit dem Anodenanschluss als auch mit dem Anodenkörper verschweißt sind;
 ein Anodenende, das elektrisch mit dem Anodenanschluss verbunden ist; und
 ein Kathodenende, das elektrisch mit der Kathode verbunden ist.
2. Festelektrolytkondensator gemäß Anspruch 1, wobei der Anodenkörper Tantal, Niob oder ein elektrisch leitfähiges Oxid davon umfasst.
3. Festelektrolytkondensator gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Anodenanschluss Tantal oder Niob enthält.
4. Festelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Teilchen aus Tantal bestehen.
5. Festelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Teilchen eine mittlere Größe von etwa 0,01 bis etwa 20 μm und vorzugsweise etwa 1 bis etwa 10 μm haben.
6. Festelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Paste eine Dicke von etwa 0,01 bis etwa 50 μm hat.
7. Festelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der feste Elektrolyt Mangandioxid oder ein leitfähiges Polymer umfasst.
8. Festelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Anodenanschluss ein Draht, Flächengebilde oder Band ist.
9. Festelektrolytkondensator gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Anodenende eine erste Komponente enthält, die im Wesentlichen parallel zu einer ersten Fläche des Kondensatorelements ist, und das Kathodenende eine zweite Komponente enthält, die im Wesentlichen parallel zu der ersten Fläche des Kondensatorelements ist, wobei der Kondensator weiterhin ein Gehäuse umfasst, das das Kondensatorelement einbettet und wenigstens einen Teil der ersten Komponente und der zweiten Komponente exponiert lässt.
10. Festelektrolytkondensator gemäß Anspruch 9, wobei das Kathodenende elektrisch mit der ersten Fläche des Kondensatorelements verbunden ist.
11. Festelektrolytkondensator gemäß Anspruch 9, wobei die exponierten Teile der ersten Komponente und der zweiten Komponente im Wesentlichen coplanar sind.
12. Verfahren zum elektrischen Verbinden eines Anschlusses mit einem Anodenkörper eines Kondensatorelements, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
 das Auftragen einer feuerfesten Metallpaste auf den Anschluss, den Anodenkörper oder beide, wobei die feuerfeste Metallpaste eine Vielzahl von Teilchen umfasst;
 Positionieren des Anschlusses neben dem Anodenkörper; und
 Sintern der feuerfesten Metallpaste, um den Anodenanschluss elektrisch mit dem Anodenkörper zu verbinden.
13. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Paste ein Lösungsmittel umfasst.
14. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Teilchen etwa 40 Gew.-% bis etwa 98 Gew.-% der Paste und vorzugsweise etwa 60 Gew.-% bis etwa 95 Gew.-% der Paste ausmachen.
15. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Paste einen Kleber, ein Dispergiermittel, ein Netzmittel, einen Weichmacher oder eine Kombination davon umfasst.

16. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei der Anodenkörper gepresst wird, bevor er mit dem Anodenanschluss verbunden wird.

17. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei das Sintern bei einer Temperatur von etwa 1000°C bis etwa 2500°C erfolgt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

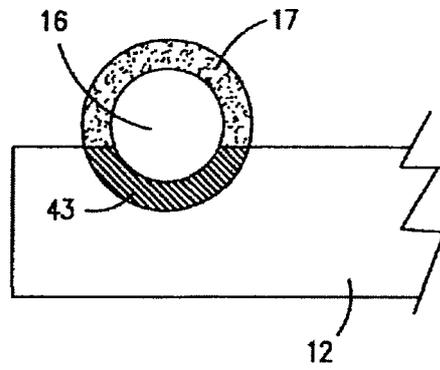


FIG. 3

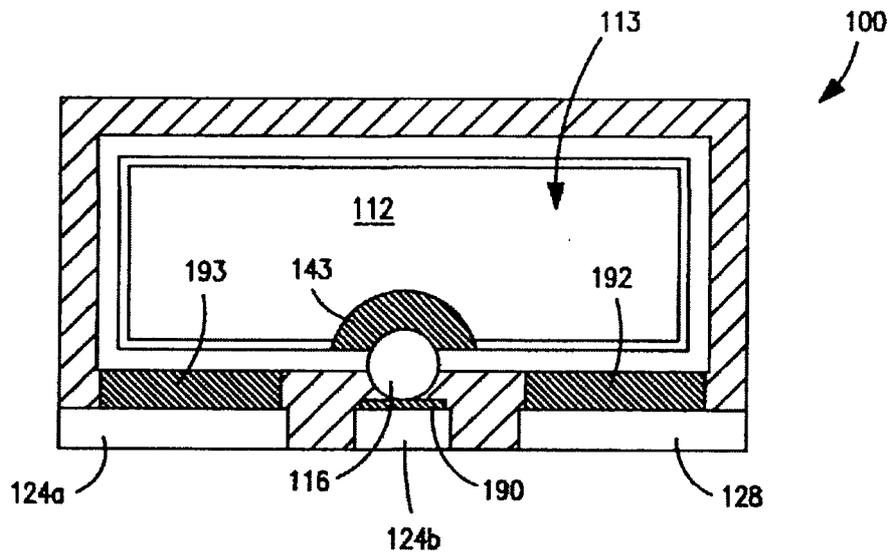


FIG. 4

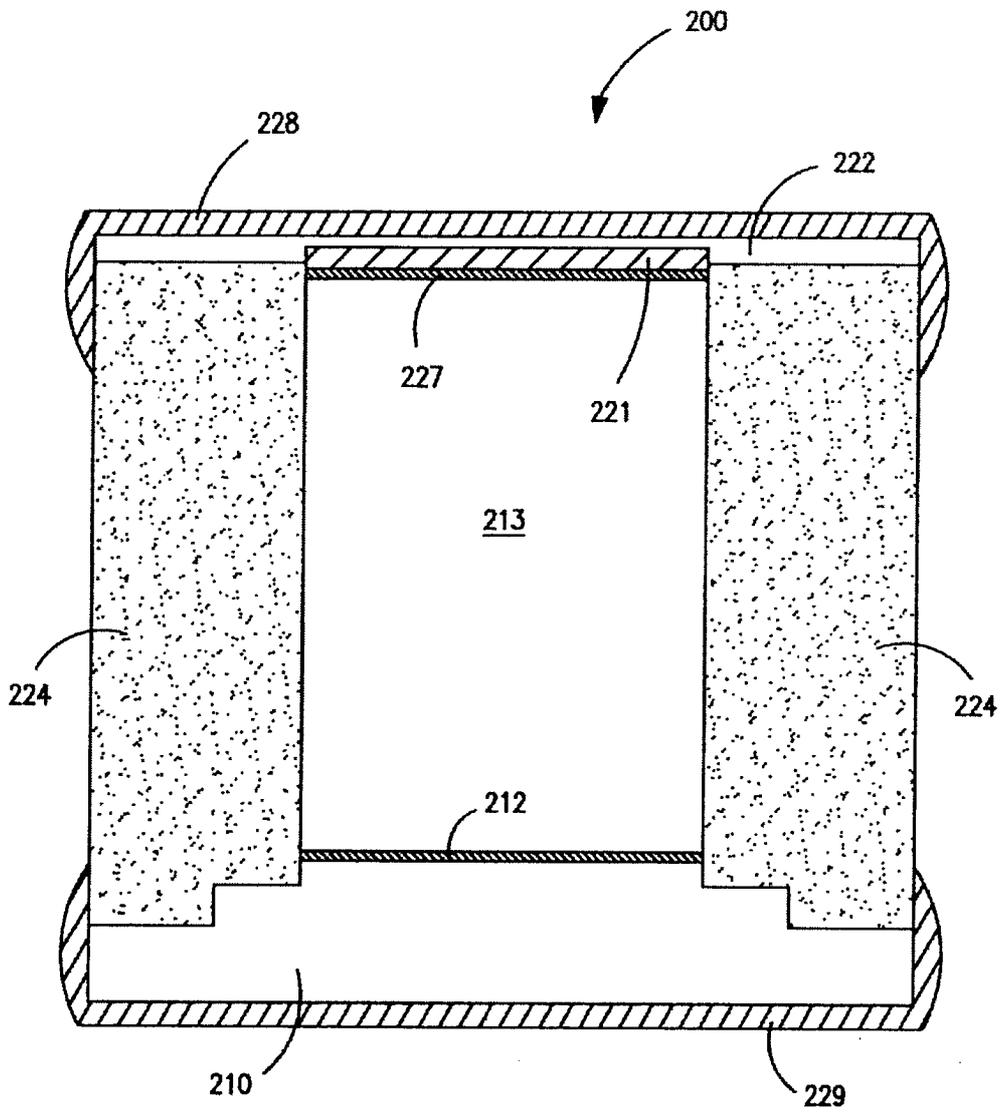


FIG. 5