



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 043 236 A1** 2009.07.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 043 236.9**

(22) Anmeldetag: **28.10.2008**

(43) Offenlegungstag: **23.07.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01G 9/032** (2006.01)
H01G 9/15 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
12/017,463 **22.01.2008** **US**

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

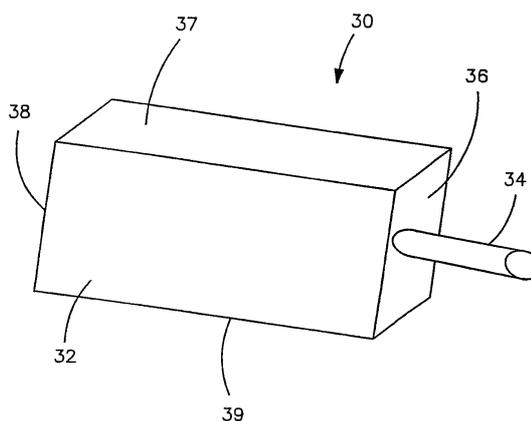
(74) Vertreter:
**Canzler & Bergmeier, Patentanwälte, 85055
Ingolstadt**

(72) Erfinder:
**Breznova, Hana, Vsetin, CZ; Biler, Martin, Novy
Jicin, CZ**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektrolytkondensatoranode, mit einer metallorganischen Verbindung behandelt**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Elektrolytkondensator offengelegt, der eine anodisch oxidierte Anode enthält, in die ein zusätzliches metallisches Element eingebunden ist. Genauer gesagt, ist das metallische Element in das Ventilmantelpentoxid der dielektrischen Schicht eingebaut. In einer besonderen Ausführungsform ergibt das Einfügen des metallischen Elements ein Niobiumpentoxid-Dielektrikum, das eng gepackte Einheiten von O-Atomen, oktaedrischen Nb₆- sowie Metallatomen ("A") enthält, die als Gegenkationen dienen. Die Verwendung relativ kleiner elektropositiver Metallatome ("A") hilft dabei, die tetraedrischen (z.B. Al, Si, Ti, Mg oder Mn), oktaedrischen (z.B. Nb, V, Mg oder Mn) sowie trigonal-bipyramidrischen (z.B. V, Nb) Kristallzwischenräume zu füllen. Die Stabilität der Kondensatorleakströme kann durch Variation dieser Kristallstruktur verbessert werden.



Beschreibung

ter dargelegt.

Hintergrund der Erfindung

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0001] Elektrolytkondensatoren werden oft aus Ventilmaterialien geformt, die oxidiert werden können, um eine dielektrische Schicht zu bilden. Typische Ventilmaterialien sind Niob und Tantal. In jüngster Zeit sind Kondensatoren entwickelt worden, die eine aus einem elektrisch leitfähigen Oxid von Niob hergestellte Anode sowie ein Dielektrikum aus Niobpentoxid verwenden. Nioboxid hat eine einzigartige Struktur, insofern als die Anordnung sowohl der Nb- als auch der O-Atome quadratisch-planar zu sein scheint. Die Atomanordnung ist die einer defekten Steinsalzstruktur, in der alle Atome in der Mitte und an den Ecken der Elementarzellen entfernt sind. Es ist gezeigt worden, dass die Bildung der geordneten Defektstruktur die Nb-Nb-Bindung verstärkt und das quadratisch-planare Sauerstoffatom durch π -Bindung von Nb-O stabilisiert. Daher ist die Verbindung tatsächlich ein Aggregat von Nb_6O_{12} -Gruppen. Durch die anodische Oxidation bei geeigneter Spannung wird NbO zu $Nb_2O_5 \cdot nH_2O$ oxidiert. Bei Erwärmung verliert das hydratisierte Niobpentoxid langsam Wasser; dann durchläuft das Nb_2O_5 eine Reihe von Strukturänderungen und verliert eine gewisse Menge an Sauerstoff mit der Bildung von Sauerstoff-unterstöchiometrischem Nioboxid. Leider kann dies zur Instabilität des Leckstroms bei beschleunigter Temperatur- und Spannungsbelastung führen.

[0002] Daher besteht zur Zeit Bedarf für einen Elektrolytkondensator, der einen niedrigen Leckstrom bei entsprechendem volumetrischem Wirkungsgrad aufweist.

Zusammenfassung der Erfindung

[0003] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Ausbildung einer Kondensatoranode offenbart, das die Bildung eines Anodenkörpers umfasst, der eine Ventilmaterialzusammensetzung enthält, sowie die anodische Oxidierung des Anodenkörpers in Gegenwart eines Elektrolyten, um eine dielektrische Schicht aufzubilden. Der Elektrolyt enthält eine metallorganische Verbindung in einer Menge von ungefähr 0,1 Gew.-% bis ungefähr 20 Gew.-%. Gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Elektrolytkondensator offen gelegt, der einen Anodenkörper enthält, der wiederum Tantal, Niob oder ein elektrisch leitfähiges Oxid davon enthält, weiterhin eine dielektrische Schicht, die den Anodenkörper überzieht, sowie eine Elektrolytschicht, die die dielektrische Schicht überzieht. Die dielektrische Schicht enthält ein metallisches Element, das Silizium umfasst.

[0004] Andere Eigenschaften und Aspekte der vorliegenden Erfindung werden nachstehend detailliert

[0005] Eine vollständige und erhellende Darlegung der vorliegenden Erfindung einschließlich deren besserer Form, die sich an jemanden mit gewöhnlichem Fachwissen richtet, wird insbesondere im Rest der Spezifikation gegeben, der sich auf die beigefügten Figuren bezieht, in denen:

[0006] [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines Elektrolytkondensators der vorliegenden Erfindung ist;

[0007] [Fig. 2](#) eine Schnittansicht des Kondensators von [Fig. 1](#) ist;

[0008] [Fig. 3](#) eine schematische Illustration einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zum Laserschweißen eines Kondensators an einen Anodenanschluss ist;

[0009] [Fig. 4](#) eine Schnittansicht eines lasergeschweißten Kondensators ist, der gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geformt wurde;

[0010] [Fig. 5](#) eine grafische Darstellung der in Beispiel 1 erreichten U-I-Ergebnisse ist;

[0011] [Fig. 6](#) eine grafische Darstellung der in Beispiel 2 erreichten U-I-Ergebnisse ist;

[0012] [Fig. 7](#) eine grafische Darstellung der in Beispiel 3 erreichten U-I-Ergebnisse ist;

[0013] [Fig. 8](#) eine grafische Darstellung der in Beispiel 4 erreichten U-I-Ergebnisse ist.

[0014] Der wiederholte Gebrauch von Referenzzeichen in der vorliegenden Spezifikation und den Zeichnungen soll dieselben oder analoge Merkmale oder Elemente der Erfindung darstellen.

Detaillierte Beschreibung repräsentativer Ausführungsformen

[0015] Es ist von jemandem mit gewöhnlichem Fachwissen zu verstehen, dass die vorliegende Diskussion nur eine Beschreibung von beispielhaften Ausführungsformen ist und nicht als Beschränkung der breiteren Aspekte der vorliegenden Erfindung gedacht ist. Diese breiteren Aspekte sind im beispielhaften Aufbau enthalten.

[0016] Allgemein ausgedrückt, bezieht sich die vorliegende Erfindung auf einen Elektrolytkondensator, der eine anodisch oxidierte Anode enthält, in die ein zusätzliches metallisches Element eingebunden ist.

Genauer gesagt, ist das metallische Element in das Ventilmetallopentoxid der dielektrischen Schicht eingebaut. In einer besonderen Ausführungsform ergibt das Einfügen des metallischen Elements ein Niobumpentoxid-Dielektrikum, das eng gepackte Einheiten von O-Atomen, oktaedrischen Nb₆- sowie Metallatomen („A“) enthält, die als Gegenkationen dienen. Die Verwendung relativ kleiner elektropositiver Metallatome („A“) hilft dabei, die tetraedrischen (z. B. Al, Si, Ti, Mg, oder Mn), oktaedrischen (z. B. Nb, V, Mg, oder Mn) sowie trigonalbipyramidrischen (z. B. V, Nb) Kristallzwischenräume zu füllen. Die Stabilität der Kondensatorleckströme kann durch Variation dieser Kristallstruktur verbessert werden.

[0017] Um das metallische Element in die dielektrische Schicht einzubinden, wird die Anode während der anodischen Oxidation mit einer metallorganischen Verbindung behandelt. Ohne sich durch Theorie einschränken zu wollen, wird angenommen, dass metallorganische Verbindungen einer Solvatolyse unterliegen, nach der das metallische Element in die Struktur des Dielektrikums eingebaut wird. In der vorliegenden Erfindung kann eine beliebige metallorganische Verbindung verwendet werden. Die metallorganische Verbindung enthält typischerweise eine organische Kette mit mindestens einer reaktiven funktionalen Gruppe, die an ein Metallatom, wie etwa Silizium, Titan, Aluminium, Vanadium, Niob, Mangan, Magnesium usw., gebunden ist. Zu Beispielen geeigneter metallorganischer Verbindungen können zum Beispiel Organosilane, wie etwa Alkoxysilane gehören (z. B., Vinyltrimethoxysilan, Vinyltriethoxysilan, Vinylmethyldimethoxysilan, Vinylmethyldiethoxysilan, 3-Aminopropyltrimethoxysilan, 3-Aminopropyltriethoxysilan, 3-Aminopropylmethyldimethoxysilan, 3-Aminopropylmethyldiethoxysilan, 3-(2-Aminoethyl)aminopropyltrimethoxysilan, 3-Mercaptopropyltrimethoxysilan, 3-Mercaptopropyltriethoxysilan, 3-Mercaptopropylmethyldimethoxysilan, 3-Mercaptopropylmethyldiethoxysilan, Glycidoxymethyltrimethoxysilan, Glycidoxymethyltriethoxysilan, Glycidoxymethyltripropoxysilan, Glycidoxymethyltributoxysilan, β-Glycidoxyethyltrimethoxysilan, β-Glycidoxyethyltriethoxysilan, β-Glycidoxyethyltripropoxysilan, β-Glycidoxyethyltributoxysilan, β-Glycidoxyethyltrimethoxysilan, α-Glycidoxyethyltriethoxysilan, α-Glycidoxyethyltripropoxysilan, α-Glycidoxyethyltributoxysilan, γ-Glycidoxypropyltrimethoxysilan, γ-Glycidoxypropyltriethoxysilan, γ-Glycidoxypropyltripropoxysilan, γ-Glycidoxypropyltributoxysilan, β-Glycidoxypropyltrimethoxysilan, β-Glycidoxypropyltriethoxysilan, β-Glycidoxypropyltripropoxysilan, α-Glycidoxypropyltributoxysilan, α-Glycidoxypropyltrimethoxysilan, α-Glycidoxypropyltriethoxysilan, α-Glycidoxypropyltripropoxysilan, α-Glycidoxypropyltributoxysilan, γ-Glycidoxybutyltrimethoxysilan, δ-Glycidoxybutyltriethoxysilan, δ-Glycidoxybutyltributoxysilan, δ-Glycidoxybutyltrimethoxysilan, γ-Glycidoxybutyltriethoxysilan, γ-Gly-

cidoxybutyltripropoxysilan, γ-Propoxybutyltributoxysilan, δ-Glycidoxybutyltrimethoxysilan, δ-Glycidoxybutyltriethoxysilan, δ-Glycidoxybutyltripropoxysilan, α-Glycidoxybutyltrimethoxysilan, α-Glycidoxybutyltriethoxysilan, α-Glycidoxybutyltripropoxysilan, α-Glycidoxybutyltributoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)methyltrimethoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)methyltriethoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)methyltripropoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)methyltributoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)ethyltrimethoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)ethyltriethoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)ethyltripropoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)ethyltributoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)propyltrimethoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)propyltriethoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)propyltripropoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)propyltributoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)butyltrimethoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)butyltriethoxysilan, (3,4-Epoxy-cyclohexyl)butyltributoxysilan usw.) sowie Alkylsilane (z. B., Vinyltrichlorosilan, Vinylmethyldichlorosilan usw.); Organotitanate, wie etwa Bis(cyclopentadienyl)titanbis(trifluoromethanesulfonat), Chlorotriisopropoxytitan, Diisopropoxytitanbis(acetylacetonat), 3-Hydroxy-1,2-propanedioxytitan-dichlorid, Tetrakis(diethylamido)titan, Titanbis(ammoniumlactato)dihydroxid, Titanbutoxid, Titanisopropoxid, Isopropyltriisostearoyltitanat, Isopropyltris(diocetylpyrophosphit)titanat, Isopropyltri(N-aminoethylaminoethyl)titanat, Isopropyltridecylbenzolsulfonyltitanat, Tetraoctylbis(ditridecylphosphit)titanat, Tetra(2,2-diaryloxymethyl-1-butyl)-bis(di-tridecyl)phosphittitanat, Bis(diocetylpyrophosphat)oxyacetattitanat, Bis(diocetylpyrophosphat)ethylentitanat, Isopropyltrioctanoyltitanat, Isopropyl-dimethacrylisostearoyltitanat, Isopropyltricumylphenyltitanat usw.); Organoaluminium, wie etwa Aluminiumacetylacetonat, Aluminiumbutoxid, Aluminiumisopropoxid, Aluminiummonostearat, Acetalalkoxyaluminiumdiisopropylat usw.

[0018] Die Anode kann unter Verwendung jedweder bekannten Technik geformt werden. In einer Ausführungsform wird die Anode zum Beispiel aus einer Ventilmetalzzusammensetzung ausgeformt. Die Ventilmetalzzusammensetzung kann eine hohe spezifische Ladung von ungefähr 25 000 μF·V/g oder mehr, in manchen Ausführungen ungefähr 40 000 μF·V/g oder mehr, in manchen Ausführungen ungefähr 60 000 μF·V/g oder mehr und in manchen Ausführungen ungefähr 80 000 μF·V/g bis ungefähr 200 000 μF·V/g oder mehr haben. Die Ventilmetalzzusammensetzung enthält ein Ventilmetall (d. h. ein Metall, das oxidiert werden kann) oder eine auf einem Ventilmetall basierende Verbindung, wie z. B. Tantal, Niob, Aluminium, Hafnium, Titan, Legierungen davon, Oxide davon, Nitride davon und so weiter. Zum Beispiel kann die Ventilmetalzzusammensetzung ein elektrisch leitfähiges Oxid von Niob, wie etwa Nioboxid, enthalten, das ein Atomverhältnis von Niob zu Sauerstoff von 1:1,0 ± 1,0, in einigen Ausführungen 1:1,0 ± 0,3, in einigen

Ausführungen $1:1,0 \pm 0,1$ und in einigen Ausführungen $1:1,0 \pm 0,05$ besitzt. Zum Beispiel kann das Nioboxid $\text{NbO}_{0,7}$, $\text{NbO}_{1,0}$, $\text{NbO}_{1,1}$ und NbO_2 sein. In einer bevorzugten Ausführung enthält die Zusammensetzung $\text{NbO}_{1,0}$, ein leitfähiges Nioboxid, das selbst nach dem Sintern bei hohen Temperaturen chemisch stabil bleiben kann. Beispiele für solche Ventilmetalloxide sind in den US-Patenten Nr. 6,322,912 von Fife; 6,391,275 von Fife et al.; 6,416,730 von Fife et al.; 6,527,937 von Fife; 6,576,099 von Kimmel et al.; 6,592,740 von Fife et al.; 6,639,787 von Kimmel et al. und 7,220,397 von Kimmel et al. beschrieben, sowie den US-Patentanmeldungen Nr. 2005/0019581 von Schnitter; 2005/0103638 von Schnitter et al. und 2005/0013765 von Thomas et al., die hier in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke als Referenz mit aufgenommen werden.

[0019] Die Ventilmetzallzusammensetzung kann in Form von Teilchen vorliegen, die jede gewünschte Form und Größe besitzen. Zum Beispiel können die Teilchen flockig, kantig, knollenförmig und Mischungen oder Abwandlungen davon sein. Die Teilchen weisen auch typischerweise eine Siebgrößenverteilung von mindestens etwa 60 mesh (Korngröße ca. 0,27 mm), in einigen Ausführungen von etwa 60 (ca. 0,27 mm) bis etwa 325 mesh (ca. 0,05 mm) und in einigen Ausführungen von etwa 100 (ca. 0,16 mm) bis etwa 200 mesh (ca. 0,08 mm) auf. Weiter beträgt die spezifische Oberfläche etwa 0,1 bis etwa 10,0 m^2/g , in einigen Ausführungen etwa 0,5 bis etwa 5,0 m^2/g und in einigen Ausführungen etwa 1,0 bis etwa 2,0 m^2/g . Der Begriff „spezifische Oberfläche“ bezieht sich auf die Oberfläche, die mit der Methode der physikalischen Gasadsorption (B. E. T.) nach Braunquer, Emmet und Teller, Journal of American Chemical Society, Vol. 60, 1938, p. 309, mit Stickstoff als Adsorptionsgas bestimmt wird. Ebenso liegt die Massendichte (oder Scott-Dichte) zwischen etwa 0,1 und etwa 5,0 g/cm^3 , in einigen Ausführungen zwischen etwa 0,2 und etwa 2,5 g/cm^3 , und in einigen Ausführungen zwischen etwa 0,5 und etwa 1,5 g/cm^3 .

[0020] Zur Erleichterung der Ausbildung der Anode können den elektrisch leitfähigen Teilchen andere Bestandteile zugefügt werden. Zum Beispiel können die Teilchen wahlfrei mit einem Bindemittel und/oder Gleitmittel vermischt werden, um zu gewährleisten, dass die Teilchen ausreichend aneinander haften, wenn sie zum Ausbilden des Anodenkörpers gepresst werden. Geeignete Bindemittel sind Kampfer, Stearin- und andere seifige Fettsäuren, Carbowax (Union Carbide), Glyptal (General Electric), Polyvinylalkohole, Naphthalin, Pflanzenwachs und Mikrowachse (aufgereinigte Paraffine). Das Bindemittel kann in einem Lösungsmittel gelöst und verteilt werden. Zu beispielhaften Lösungsmitteln können Wasser, Alkohole und so weiter gehören. Wenn sie eingesetzt werden, kann der Prozentsatz der Binde- und/oder Gleitmittel von ungefähr 0,1% bis ungefähr

8% des Gewichts der Gesamtmasse variieren. Es sollte jedoch verstanden werden, dass in der vorliegenden Erfindung Binde- und Gleitmittel nicht erforderlich sind.

[0021] Nach seiner Herstellung kann das resultierende Pulver mit einer beliebigen herkömmlichen Pulver-Pressform verdichtet werden. Zum Beispiel kann die Pressform eine Verdichtungs-Pressform mit einer Station sein, bei der eine Pressform und ein oder mehrere Stempel benutzt werden. Alternativ dazu können Verdichtungs-Pressformen vom Amboss-Typ benutzt werden, bei denen nur eine Pressform und ein einziger Unterstempel benutzt werden. Verdichtungspressen mit Einzelstation stehen in verschiedenen Grundtypen zur Verfügung, wie z. B. Nocken-, Kniehebelpressen und Exzenter-/Kurbelpressen mit unterschiedlichen Eigenschaften, wie einfach wirkend, doppelt wirkend, gleitender Pressform, beweglicher Platte, entgegenwirkendem Kolben, Schrauben-, Schlag-, Heißpressen, Prägen oder Maßprägen. Das Pulver kann um einen Anodendraht verdichtet werden (z. B. einen Tantal-Draht). Es muss weiterhin erkannt werden, dass der Anodendraht alternativ dazu nach dem Pressen und/oder Sintern des Anodekörpers am Anodenkörper befestigt (z. B. angeschweißt) werden kann. Nach dem Pressen können alle Binde-/Gleitmittel entfernt werden, indem der Pressling im Vakuum mehrere Minuten auf eine bestimmte Temperatur erhitzt wird (z. B. von ungefähr 150°C auf ungefähr 500°C). Alternativ können Binde-/Gleitmittel auch entfernt werden, indem der Pressling mit einer wässrigen Lösung in Kontakt gebracht wird, zum Beispiel wie in dem Bishop et al. erteilten US-Patent Nr. 6,197,252, das hier für alle Zwecke in seiner Gesamtheit als Referenz mit aufgenommen wird. Danach wird der Pressling gesintert, um eine poröse Gesamtmasse zu bilden. Zum Beispiel kann in einer Ausführung der Pressling bei einer Temperatur von ungefähr 1200°C bis ungefähr 2000°C im Vakuum gesintert werden, und in einigen Ausführungen von ungefähr 1500°C bis ungefähr 1800°C. Beim Sintern schrumpft der Pressling, weil Bindungen zwischen den Teilchen wachsen. Zusätzlich zu den oben beschriebenen Techniken kann jedes andere Verfahren zum Ausbilden des Anodenkörpers gemäß der vorliegenden Erfindung benutzt werden, wie z. B. in dem US-Patent 4,085,435 an Galvagni, 4,945,452 an Sturmer et al., 5,198,968 an Galvagni, 5,357,399 an Salisbury, 5,394,295 an Galvagni et al., 5,495,386 an Kulkarni und 6,322,912 an Fife beschrieben, die hier für alle Zwecke in ihrer Gesamtheit als Referenz mit aufgenommen werden.

[0022] Obwohl nicht erforderlich, kann die Dicke der Anode gewählt werden, um die elektrische Leistung des Kondensators zu verbessern. Zum Beispiel kann die Dicke der Anode ungefähr 4 Millimeter oder weniger betragen, in manchen Ausführungen ungefähr 0,2 bis ungefähr 3 Millimeter und in manchen

Ausführungen ungefähr 0,4 bis ungefähr 1 Millimeter. Auch die Form der Anode kann gewählt werden, um die elektrischen Eigenschaften des resultierenden Kondensators zu verbessern. Zum Beispiel kann die Anode eine Form haben, die bogenförmig, sinusförmig, rechteckig, U-förmig, V-förmig, usw. ist. Die Anode kann auch eine „gerillte“ Form haben, die ein oder mehrere Rillen, Fugen, Furchen oder Einbuchtungen enthält, um das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen zu erhöhen und dadurch den ESR zu minimieren und den Frequenzgang der Kapazität zu erweitern. Solche „gerillten“ Anoden werden zum Beispiel in den US-Patenten Nr. 6,191,936 von Webber et al., 5,949,639 von Maeda et al. und 3,345,545 von Bourgault et al., sowie in der US-Patentanmeldung mit der Veröffentlichungs-Nr. 2005/0270725 von Hahn et al. beschrieben, die hier für alle Zwecke in ihrer Gesamtheit als Referenz mit aufgenommen werden.

[0023] Nach der Formung kann die Anode anodisch oxidiert werden, sodass eine dielektrische Schicht über und/oder innerhalb der Anode gebildet wird. Anodisches Oxidieren ist ein elektrochemischer Prozess, mit dem die Anode oxidiert wird, um ein Material zu bilden, das eine relativ hohe Dielektrizitätskonstante hat. Zum Beispiel kann eine Anode aus Niobiumoxid (NbO) anodisch oxidiert werden, um Niobiumpentoxid (Nb_2O_5) zu bilden. Typischerweise wird das anodische Oxidieren durchgeführt, indem anfänglich ein Elektrolyt an die Anode gebracht wird, wie etwa durch Tauchen der Anode in den Elektrolyten. Der Elektrolyt liegt im Allgemeinen in Form einer Flüssigkeit, wie einer Lösung (z. B. wässrig oder nicht-wässrig), einer Dispersion einer Schmelze usw. vor. Im Allgemeinen wird im Elektrolyten ein Lösungsmittel verwendet, wie etwa Wasser (z. B. entionisiertes Wasser), Ether (z. B. Diethylether und Tetrahydrofuran), Alkohole (z. B. Methanol, Ethanol, N-Propanol, Isopropanol und Butanol), Triglyceride, Ketone (z. B. Aceton, Methylalkylketon und Methylisobutylketon), Ester (z. B. Ethylacetat, Butylacetat, Diethylen-Glycoletheracetat und Methoxypropylacetat), Amide (z. B. Dimethylformamid, Dimethylacetamid, Dimethylcapryl-/caprin-Fettsäureamid und N-Alkylpyrrolidone), Nitrile (z. B. Acetonitril, Propionitril, Butyronitril und Benzonnitril), Sulfoxide oder Sulfone (z. B. Dimethylsulfoxide (DMSO) und Sulfolan) und so weiter. Das Lösungsmittel kann zwischen etwa 50 Gew.-% und etwa 99,9 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen zwischen etwa 75 Gew.-% und etwa 99 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen zwischen etwa 80 Gew.-% und etwa 95 Gew.-% des Elektrolyten ausmachen. Obwohl nicht unbedingt erforderlich, ist die Verwendung eines wässrigen Lösungsmittels (z. B. Wasser) oft erwünscht, um die Bildung eines Oxids zu erleichtern. Tatsächlich kann Wasser ungefähr 1 Gew.-% oder mehr, in einigen Ausführungsformen ungefähr 10 Gew.-% oder mehr und 50 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen ungefähr 70 Gew.-%

und in einigen Ausführungsformen ungefähr 90 Gew.-% bis 100 Gew.-% der (des) im Elektrolyten verwendeten Lösungsmittel(s) ausmachen.

[0024] Der Elektrolyt ist elektrisch leitfähig und kann eine elektrische Leitfähigkeit von ungefähr 1 Millisimens pro Zentimeter („mS/cm“) oder mehr haben, in einigen Ausführungsformen ungefähr 30 mS/cm oder mehr und in einigen Ausführungsformen zwischen ungefähr 40 mS/cm und ungefähr 100 mS/cm, bestimmt bei einer Temperatur von 25°C. Um die elektrische Leitfähigkeit des Elektrolyten zu erhöhen, kann eine Verbindung verwendet werden, die in der Lage ist, sich in dem Lösungsmittel zu dissoziieren, um Ionen zu bilden. Für diesen Zweck geeignete ionische Verbindungen können zum Beispiel sein: Säuren, wie Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Polyphosphorsäure, Borsäure, Boronsäure usw., organische Säuren, darunter Carbonsäuren, wie Acrylsäure, Methacrylsäure, Malonsäure, Bernsteinsäure, Salicylsäure, Sulfosalicylsäure, Adipinsäure, Maleinsäure, Apfelsäure, Ölsäure, Gallussäure, Weinsäure, Zitronensäure, Ameisensäure, Essigsäure, Glycolsäure, Oxalsäure, Propionsäure, Phthalsäure, Isophthalsäure, Glutarsäure, Gluconsäure, Milchsäure, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Itaconsäure, Trifluoressigsäure, Barbitursäure, Zimtsäure, Benzoesäure, 4-Hydroxybenzoesäure, Aminobenzoessäure usw., Sulfonsäuren, wie Methansulfonsäure, Benzolsulfonsäure, Toluolsulfonsäure, Trifluormethansulfonsäure, Styrolsulfonsäure, Naphthalindisulfonsäure, Phenolsulfonsäure, Dodecylsulfonsäure, Phenyl-dodekansulfonsäure usw., polymere Säuren, wie Poly-Acryl- oder Poly-Methacrylsäure und deren Copolymere (z. B. Malein-Acryl-, Sulfon-Acryl- und Styrol-Acryl-Copolymere), Carageensäure, Carboxymethylcellulose, Alginsäure usw. Die Konzentration ionischer Verbindungen wird so gewählt, dass die gewünschte elektrische Leitfähigkeit erreicht wird. Zum Beispiel kann eine Säure (z. B. Phosphorsäure) zwischen ungefähr 0,01 Gew.-% und ungefähr 5 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen zwischen ungefähr 0,05 Gew.-% und ungefähr 0,8 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen zwischen ungefähr 0,1 Gew.-% und ungefähr 0,5 Gew.-% des Elektrolyten ausmachen. Bei Bedarf können im Elektrolyten auch Mischungen von ionischen Verbindungen verwendet werden.

[0025] Allgemein ausgedrückt, ist die metallorganische Verbindung auch im Elektrolyten vorhanden, um sicherzustellen, dass sie sich während der anodischen Oxidation in das Dielektrikum einbettet. Die metallorganische Verbindung ist typischerweise vorhanden in einer Menge von ungefähr 0,1 bis ungefähr 20 Gew.-%, in einigen Ausführungen ungefähr 0,5 bis ungefähr 10 Gew.-% und in einigen Ausführungen ungefähr 1 bis ungefähr 5 Gew.-% des Elektrolyten. Natürlich versteht sich, dass auch andere Techniken zur Einbindung der metallorganischen Verbindung in

die dielektrische Schicht verwendet werden können. Zum Beispiel kann die metallorganische Verbindung einfach mit den in der Anode verwendeten elektrisch leitfähigen Teilchen vermischt und dann vor der Bildung der dielektrischen Schicht reduziert werden. Alternativ kann die metallorganische Verbindung mit einem Startmaterial (z. B. Nb_2O_5) vermischt werden, das anschließend reagiert, um elektrisch leitfähige Teilchen zu bilden (z. B. NbO). Unabhängig von der verwendeten Technik führt das Dotieren mit der metallorganischen Verbindung normalerweise zum Vorhandensein eines metallischen Elements (z. B. Silizium, Titan usw.) in der dielektrischen Schicht in einer Menge von ungefähr 100 Teilen pro Million („ppm“) oder mehr, in einigen Ausführungen ungefähr 200 ppm bis ungefähr 500 000 ppm, in einigen Ausführungen ungefähr 400 ppm bis ungefähr 100 000 ppm und in einigen Ausführungen ungefähr 600 ppm bis ungefähr 50 000 ppm.

[0026] Ein Strom wird durch den Elektrolyten geschickt, um die dielektrische Schicht zu bilden. Der Spannungswert steuert die durchfließende Ladung (Strom, multipliziert mit der Zeit) und dadurch die Dicke der dielektrischen Schicht. Die Stromversorgung kann zum Beispiel anfangs auf einen galvanostatischen Modus eingestellt werden, bis die erforderliche Spannung erreicht ist. Danach wird die Stromversorgung auf einen potentiostatischen Modus umgeschaltet, um sicherzustellen, dass sich die gewünschte Dicke des Dielektrikums auf der Oberfläche der Anode bildet. Natürlich können auch andere bekannte Methoden verwendet werden, wie etwa Pulsmethoden. Die Spannung liegt typischerweise im Bereich von etwa 4 bis ungefähr 200 Volt und in einigen Ausführungen von etwa 9 bis ungefähr 100 Volt. Während der anodischen Oxidation kann der Elektrolyt auf einer erhöhten Temperatur gehalten werden, wie etwa 30°C oder mehr, in einigen Ausführungsformen zwischen etwa 40°C und etwa 200°C und in manchen Ausführungsformen zwischen etwa 50°C und etwa 100°C. Die anodische Oxidation kann auch bei Raumtemperatur oder darunter erfolgen. Die resultierende dielektrische Schicht kann auf einer Oberfläche der Anode und/oder in ihren Poren synthetisiert werden.

[0027] Wenn die dielektrische Schicht ausgebildet ist, kann optional eine Schutzschicht aufgebracht werden, wie z. B. aus einem relativ isolierenden Kunstharz-Material (natürlich oder synthetisch). Dieses Material kann einen spezifischen Widerstand von mehr als ungefähr 0,05 Ohm·cm, in manchen Ausführungen von mehr als ungefähr 5 Ohm·cm, in manchen Ausführungen von mehr als ungefähr 1000 Ohm·cm, in manchen Ausführungen von mehr als ungefähr 1×10^5 Ohm·cm, und in manchen Ausführungen von mehr als ungefähr 1×10^{10} Ohm·cm haben. Einige harzartigen Materialien, die in der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, schließen,

ohne aber darauf beschränkt zu sein, Polyurethan, Polystyrol, Ester von ungesättigten oder gesättigten Fettsäuren (z. B. Glyceride) und so weiter, ein. Geeignete Ester von Fettsäuren sind zum Beispiel Ester der Laurinsäure, Myristinsäure, Palmitinsäure, Stearinsäure, Elaeostearinsäure, Ölsäure, Linolsäure, Linolensäure, Aleuritinsäure, Shellolsäure, und so weiter, sind aber nicht darauf beschränkt. Es hat sich herausgestellt, dass diese Fettsäureester besonders nützlich sind, wenn sie in relativ komplexen Kombinationen verwendet werden, um ein „Trocknungs-Öl“ zu bilden, das es erlaubt, den resultierenden Film schnell zu einer stabilen Schicht zu polymerisieren. Solche Trocknungs-Öle können Mono-, Di- und/oder Tri-Glyceride enthalten, die ein Glycerol-Gerüst mit einem, zwei, bzw. drei Fettsäure-Resten haben, die verestert sind. Einige geeignete Trocknungs-Öle, die benutzt werden können, sind zum Beispiel Olivenöl, Leinöl, Rizinusöl, Tungöl, Sojaöl und Schellack, sind aber nicht darauf beschränkt. Diese und andere Schutzschicht-Materialien werden detaillierter in dem Fife, et al. erteilten US-Patent Nr. 6,674,635 beschrieben, das hier in seiner Gesamtheit für alle Zwecke als Referenz mit aufgenommen wird.

[0028] Das anodisch oxidierte Teil wird anschließend einem Schritt zur Herstellung von Katoden gemäß herkömmlicher Verfahren ausgesetzt. In einigen Ausführungsformen wird zum Beispiel die Katode durch verschiedene Techniken ausgebildet, wie etwa pyrolytische Zerlegung von Magannitrat ($\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$), um eine Katode aus Mangandioxid (MnO_2) herzustellen. Solche Verfahren werden zum Beispiel im Sturmer, et al. erteilten US-Patent Nr. 4,945,452 beschrieben, das hier in seiner Gesamtheit für alle Zwecke als Referenz mit aufgenommen wird. Alternativ kann eine Beschichtung aus einem leitfähigen Polymer verwendet werden, um die Katode des Kondensators auszubilden. Die Beschichtung aus leitfähigem Polymer kann ein oder mehrere Polyheterocyclen enthalten (z. B. Polypyrrole, Polythiophene, Poly(3,4-Ethylendioxyd-Thiophen) (PEDT), Polyaniline), Polyacetylene, Poly-p-Phenylene, Polyphenolate und deren Derivate. Darüber hinaus kann, falls gewünscht, die Beschichtung aus leitfähigem Polymer auch aus mehreren leitfähigen Polymer-Schichten ausgebildet werden. Zum Beispiel kann in einer Ausführungsform die leitfähige Polymerbeschichtung eine aus PEDT geformte Schicht und eine weitere, aus einem Polypyrrol geformte Schicht enthalten. Es können verschiedene Verfahren angewendet werden, um die Beschichtung aus leitfähigem Polymer auf den Anoden-Teil aufzubringen. Zum Beispiel können herkömmliche Verfahren, wie Elektropolymerisation, Siebdruck, Eintauchen, Elektrotauchbeschichtung und Spritzen verwendet werden, um eine Beschichtung aus leitfähigem Polymer auszubilden. In einer Ausführung können zum Beispiel die Monomere, die zum Ausbilden des leitfähigen Polymers (z. B. 3,4-Ethylendioxythiophen) verwendet werden, an-

fangs mit einem Polymerisations-Katalysator gemischt werden, um eine Lösung zu bilden. Zum Beispiel ist ein geeigneter Polymerisations-Katalysator BAYTRON C, wobei es sich um Eisen-III-Toluol-Sulfonat handelt, das von H. C. Starck vertrieben wird. BAYTRON C ist ein im Handel verfügbarer Katalysator für BAYTRON M, bei welchem es sich um 3,4-Ethylendioxythiophen handelt, ein PEDT-Monomer, welches ebenfalls von H. C. Starck vertrieben wird. Sobald eine Katalysatordispersion ausgebildet wurde, kann das Anodenteil dann in die Dispersion getaucht werden, so dass sich das leitfähige Polymer auf der Oberfläche des Anodenteils ausbildet. Alternativ dazu können Katalysator und Monomer(e) auch separat auf das Anodenteil aufgetragen werden. In einer Ausführung kann der Katalysator zum Beispiel in einem Lösungsmittel (z. B. Butanol) gelöst werden und dann als Tauchlösung auf das Anodenteil aufgebracht werden. Das Anodenteil kann dann getrocknet werden, um das Lösungsmittel davon zu entfernen. Danach kann das Anodenteil in eine Lösung getaucht werden, die das geeignete Monomer enthält. Sobald das Monomer die Oberfläche des Anodenteils kontaktiert, die den Katalysator enthält, polymerisiert es chemisch darauf. Zusätzlich kann der Katalysator (z. B. BAYTRON C) auch mit den Materialien gemischt werden, die zur Ausbildung der optionalen Schutzschicht benutzt werden (z. B. harzartige Materialien). In solchen Fällen kann das Anodenteil danach in eine Lösung getaucht werden, die das Monomer (BAYTRON M) enthält. Als Folge davon kann das Monomer den Katalysator in und/oder auf der Oberfläche der Schutzschicht kontaktieren und damit reagieren, um die das leitfähige Polymer enthaltende Beschichtung auszubilden. Obwohl oben verschiedene Verfahren beschrieben worden sind, versteht es sich, dass jedes andere Verfahren zum Aufbringen der leitfähigen Beschichtung(en) auf dem Anodenteil in der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Zum Beispiel werden andere Verfahren zum Aufbringen solcher leitfähigen Polymerbeschichtung(en) in den US-Patenten 5,457,862 von Sakata et al., 5,473,503 von Sakata et al., 5,729,428 von Sakata et al. und 5,812,367 von Kudoh et al. beschrieben, die hier in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke als Referenz mit aufgenommen werden.

[0029] In den meisten Ausführungen wird das leitfähige Polymer nach dem Aufbringen ausgeheilt. Die Ausheilung kann nach jedem Aufbringen einer Schicht aus leitfähigem Polymer erfolgen, oder sie kann nach dem Aufbringen der gesamten Beschichtung mit leitfähigem Polymer erfolgen. In einigen Ausführungen kann das leitfähige Polymer zum Beispiel durch Tauchen des Presslings in eine Elektrolytlösung, wie etwa eine Lösung von Phosphorsäure und/oder Schwefelsäure, und anschließendes Anlegen einer konstanten Spannung an die Lösung bis zum Absinken des Stroms auf einen vorgewählten Pegel ausgeheilt werden. Bei Bedarf kann dieses

Ausheilen in mehreren Schritten erfolgen. In einer Ausführung wird zum Beispiel der Pressling, der eine leitfähige Polymerbeschichtung hat, zuerst in Phosphorsäure getaucht und ungefähr 20 Volt daran angelegt, und anschließend wird er in Schwefelsäure getaucht und ungefähr 2 Volt daran angelegt. In dieser Ausführungsform kann die Verwendung der zweiten Niederspannungs-Schwefelsäure- oder -Toluolsulfonsäurelösung die Erhöhung der Kapazität und die Reduzierung des Verlustfaktors des resultierenden Kondensators unterstützen. Nach Aufbringen einer oder aller der oben beschriebenen Schichten kann der Pressling dann bei Bedarf gewaschen werden, um verschiedene Nebenprodukte, überschüssigen Katalysator und so weiter zu entfernen. Weiterhin kann in manchen Fällen nach einigen oder allen oben beschriebenen Tauchschritten eine Trocknung angewendet werden. Zum Beispiel kann das Trocknen nach Aufbringen des Katalysators und/oder nach dem Waschen des Presslings erwünscht sein, um die Poren des Presslings zu öffnen, damit er während nachfolgender Tauchschritte eine Flüssigkeit aufnehmen kann.

[0030] Wenn die Katode ausgebildet ist, kann auf dem Teil optional eine Kohlenstoffbeschichtung (z. B. Graphit) bzw. eine Silberschicht aufgebracht werden. Die Silberbeschichtung kann zum Beispiel als lötlbarer Leiter, Kontaktschicht und/oder Ladungskollektor für das Kondensatorelement dienen, und die Kohlenstoffbeschichtung kann den Kontakt der Silberbeschichtung mit dem festen Elektrolyten einschränken. Diese Beschichtungen können den festen Elektrolyten teilweise oder ganz bedecken.

[0031] Das resultierende Kondensatorelement kann dann mit Methoden, die in der Technik bekannt sind, mit Anschlüssen versehen werden. Unter Bezugnahme auf [Fig. 1–Fig. 2](#) wird zum Beispiel eine Ausführung eines Kondensatorelements **30** gezeigt, das eine allgemein rechteckige Form hat und eine Vorderfläche **36**, eine Rückfläche **38**, eine obere bzw. untere Fläche **37** und **39** sowie Seitenflächen **32** (von denen nur eine dargestellt ist) besitzt. Ein Anodendraht **34** erstreckt sich von der Vorderfläche **36** des Kondensatorelements **30** in Längsrichtung („y“-Richtung). Wie weiter in [Fig. 2](#) gezeigt wird, besitzt das Kondensatorelement **30** einen Anodenkörper **50**, eine dielektrische Schicht **52**, die auf dem Anodenkörper **50** aufliegt, eine Schicht aus einem festen Elektrolyten **54**, die auf der dielektrischen Schicht **52** aufliegt, eine Graphitschicht **56**, die auf der Schicht des organischen Festelektrolyten **54** aufliegt, und eine Silberschicht **58**, die auf der Graphitschicht **56** aufliegt. Es versteht sich natürlich, dass solche Schichten auf jeder beliebigen Fläche des Kondensators aufgebracht werden können und nicht auf die dargestellte Weise aufgebracht zu werden brauchen.

[0032] Nach Formierung des Kondensatorelements

30 können Anoden- und Katoden-Anschlussleitungen elektrisch mit dem Anodendraht **34** bzw. der Schicht des festen Elektrolyten **54** (über die Graphit- bzw. Silberschichten) verbunden werden. Die spezifische Konfiguration der Anschlüsse kann variieren, wie in der Technik wohl bekannt ist. Mit Bezug auf [Fig. 3](#) ist zum Beispiel eine Ausführung gezeigt, die einen Anoden-Anschluss **70** und einen Katoden-Anschluss **80** enthält. In dieser besonderen Ausführung enthält der Katodenanschluss einen ersten Bereich **82**, der im Wesentlichen senkrecht zu einem zweiten Bereich **84** angeordnet ist. Der erste Bereich **82** steht im elektrischen Kontakt der unteren Fläche **39** des Kondensatorelements **30**, und der zweite Bereich **84** steht im elektrischen Kontakt mit der hinteren Fläche **38** des Kondensatorelements **30**. Um das Kondensatorelement **30** am Katodenanschluss **80** zu befestigen, kann ein leitfähiger Kleber verwendet werden, wie in der Technik bekannt ist. Der leitfähige Kleber kann zum Beispiel leitfähige Metallteilchen enthalten, die in einer Kunstharz-Mischung eingebettet sind. Die Metallteilchen können Silber, Kupfer, Gold, Platin, Nickel, Zink, Wismut, usw. sein. Die Kunstharzmischung kann ein Duroplast-Kunstharz (z. B. Epoxydharz), einen Härter (z. B. Säureanhydrid) und ein Kopplungsmittel (z. B. Silan-Kopplungsmittel) enthalten. Geeignete leitfähige Kleber sind in der US-Patentanmeldungs-Veröffentlichung mit der Publikationsnummer 2006/0038304 an Osako et al. beschrieben, die hier in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke als Referenz mit aufgenommen wird.

[0033] Der Anodenanschluss **70** enthält einen ersten Bereich **76**, der im Wesentlichen senkrecht zu einem zweiten Bereich **74** angeordnet ist. Der zweite Bereich **74** enthält einen Teilbereich, der den Anodendraht **34** trägt. In der dargestellten Ausführung besitzt der Bereich **51** eine „U-Form“, um den Oberflächenkontakt und die mechanische Stabilität des Drahtes **34** weiter zu verbessern. Der Anodendraht **34** wird dann mit einem Laser **90** an den Bereich **51** geschweißt. Wenn das Kondensatorelement an den Anschlüssen befestigt ist, wird es mit einem Kunstharz-Gehäuse umhüllt, das dann mit einem Silica enthaltenden Kunstharz oder jedem anderen bekannten Vergussmaterial gefüllt werden kann. Die Breite und Länge des Gehäuses kann abhängig von der beabsichtigten Anwendung unterschiedlich sein. Die Gesamtdicke des Gehäuses ist jedoch typischerweise klein, so dass die resultierende Baugruppe einfach in Produkten mit einer geringen Bauhöhe untergebracht werden kann (z. B. in „IC-Karten“). Zum Beispiel kann die Dicke des Gehäuses im Bereich von ungefähr 4,0 Millimetern oder weniger liegen, in manchen Ausführungen von ungefähr 0,1 bis ungefähr 2,5 Millimetern, und in manchen Ausführungen von ungefähr 0,15 bis ungefähr 2,0 Millimetern. Geeignete Gehäuse sind zum Beispiel die Gehäuse „A“, „B“, „H“ oder „T“ (AVX Corporation). Unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) ist zum Beispiel eine besondere Ausführung

eines solchen Einkapselungs-Gehäuses für eine Kondensatoranordnung **100** als Element **88** gezeigt. Das umhüllende Gehäuse **88** bietet einen zusätzlichen strukturellen und thermischen Schutz für die Kondensatoranordnung **100**. Nach der Einkapselung können die herausstehenden Bereiche der Anoden- bzw. Katoden-Anschlüsse gealtert, überprüft und zugeschnitten werden. Bei Bedarf können die herausstehenden Bereiche optional zweimal entlang der Außenseite des Gehäuses **88** gebogen werden (z. B. in einem Winkel von ungefähr 90°).

[0034] Als Ergebnis der vorliegenden Erfindung kann ein Kondensator ausgebildet werden, der ausgezeichnete elektrische Eigenschaften aufweist. Zum Beispiel hat der Kondensator nach der vorliegenden Erfindung typischerweise einen ESR von weniger als etwa 1000 Milliohm (mOhm), in einigen Ausführungen von weniger als etwa 500 mOhm und in einigen Ausführungen von weniger als etwa 100 mOhm. Der äquivalente Reihenverlustwiderstand (ESR) eines Kondensators kennzeichnet im Allgemeinen das Ausmaß, zu dem der Kondensator beim Laden und Entladen in einem elektronischen Schaltkreis wie ein Widerstand wirkt, und wird üblicherweise als ein Widerstand in Reihe zum Kondensator ausgedrückt. Darüber hinaus kann der sich ergebende Leckstrom, der sich im Allgemeinen auf den Strom bezieht, der von einem Leiter zum benachbarten Leiter durch einen Isolator fließt, auf relativ niedrigen Niveaus gehalten werden. Zum Beispiel beträgt der numerische Wert des normierten Leckstroms eines Kondensators nach der vorliegenden Erfindung in einigen Ausführungen weniger als etwa 0,1 $\mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$, in einigen Ausführungen weniger als etwa 0,01 $\mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$ und in einigen Ausführungen weniger als etwa 0,001 $\mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$, wobei μA für Mikroampere steht und $\mu\text{F}\cdot\text{V}$ das Produkt der Kapazität und der Nennspannung ist. Desgleichen kann die Durchbruchsspannung des Kondensators nach der vorliegenden Erfindung mindestens 10 Volt betragen, in einigen Ausführungen mindestens ungefähr 15 Volt, in einigen Ausführungen mindestens ungefähr 20 Volt und in einigen Ausführungen zwischen ungefähr 20 Volt bis ungefähr 100 Volt.

[0035] Die vorliegende Erfindung kann besser verstanden werden, wenn auf die folgenden Beispiele Bezug genommen wird.

Testverfahren

U/I-Kennlinien

[0036] Die U/I-Kennlinien eines Kondensators wurden mit einem Reihenwiderstand von 100 mOhm gemessen. Die angelegte Spannung aus einem bipolaren Netzteil (Keithley 2400) wurde in Inkrementen von 0,1 V allmählich erhöht, und der Strom wurde mit einem Digitalmultimeter (Agilent 34401) bei einer

Temperatur von 25°C nach 10 s Verzögerung gemessen.

BEISPIEL 1

[0037] 80 000 µFV/g Nioboxidpulver (HC Starck) wurden zu Presslingen gepresst und gesintert, um einen porösen Elektrodenkörper zu bilden. Die anodische Oxidation wurde dann bei Umgebungstemperatur in einer wässrigen Lösung ausgeführt, die Phosphorsäure und variierende Konzentrationen von N-2-(Aminoethyl)3-aminopropylmethyldimethoxysilan (0%, 0,2%, 1% und 5%) enthielt. Die anodische Oxidation erfolgte zuerst galvanostatisch bis zur gewünschten Spannung und dann potentiostatisch. Die Leitfähigkeit des Elektrolyten mit unterstützendem Elektrolyten betrug 4,5 mS/cm. Die Spannung wurde so gewählt, dass eine Kapazität von 100 µF erzielt werden sollte. Nach der anodischen Oxidation wurden die Presslinge mit einer Mangandioxidschicht, einer Graphitbeschichtung und einer Silberbeschichtung beschichtet. Die fertiggestellten Teile wurden mit herkömmlicher Zusammenbautechnik zum B-Gehäuse (EIA 3528) komplettiert. Dann wurden die U/I-Kennlinien eines Kondensators gemessen. Die Ergebnisse sind in [Fig. 5](#) gezeigt.

BEISPIEL 2

[0038] Es wurden Anodenpresslinge wie in Beispiel 1 beschrieben geformt, außer dass die anodische Oxidation bei Temperaturen von 22°C und 60°C in einer wässrigen Lösung erfolgte, die 1% N-2-(Aminoethyl)3-aminopropylmethyldimethoxysilan enthielt. Die U/I-Kennlinie ist in [Fig. 6](#) gezeigt.

BEISPIEL 3

[0039] Es wurden Anodenpresslinge wie in Beispiel 1 beschrieben geformt, außer dass die anodische Oxidation in einer Lösung erfolgte, die Wasser und Ethanol als Lösungsmittel und 1% N-2-(Aminoethyl)3-aminopropylmethyldimethoxysilan enthielt. Die U/I-Kennlinie ist in [Fig. 7](#) gezeigt.

BEISPIEL 4

[0040] Es wurden Anodenpresslinge wie in Beispiel 1 beschrieben geformt, außer dass die anodische Oxidation in einer Lösung erfolgte, die Phosphorsäure und entweder 1% Tetra(tri)alkoxysilan, 1% Tetraalkoxytitanat oder 1% Trialkoxyaluminat in Butanol enthielt. Die U/I-Kennlinie ist in [Fig. 8](#) gezeigt.

[0041] Diese und weitere Modifikationen und Abwandlungen der vorliegenden Erfindung können von einem Fachmann durchgeführt werden, ohne dass vom Sinn und Umfang der vorliegenden Erfindung abgewichen wird. Zusätzlich dazu muss verstanden werden, dass Aspekte der verschiedenen Ausführun-

gen ganz oder teilweise ausgetauscht werden können. Weiterhin wird ein Fachmann erkennen, dass die oben angegebene Beschreibung nur ein Beispiel ist und nicht mit der Absicht angegeben wurde, die Erfindung einzuschränken, die in den beigefügten Ansprüchen weiter beschrieben wird.

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 6322912 [\[0018, 0021\]](#)
- US 6391275 [\[0018\]](#)
- US 6416730 [\[0018\]](#)
- US 6527937 [\[0018\]](#)
- US 6576099 [\[0018\]](#)
- US 6592740 [\[0018\]](#)
- US 6639787 [\[0018\]](#)
- US 7220397 [\[0018\]](#)
- US 6197252 [\[0021\]](#)
- US 4085435 [\[0021\]](#)
- US 4945452 [\[0021, 0028\]](#)
- US 5198968 [\[0021\]](#)
- US 5357399 [\[0021\]](#)
- US 5394295 [\[0021\]](#)
- US 5495386 [\[0021\]](#)
- US 6191936 [\[0022\]](#)
- US 5949639 [\[0022\]](#)
- US 3345545 [\[0022\]](#)
- US 6674635 [\[0027\]](#)
- US 5457862 [\[0028\]](#)
- US 5473503 [\[0028\]](#)
- US 5729428 [\[0028\]](#)
- US 5812367 [\[0028\]](#)

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Braunquer, Emmet und Teller, Journal of American Chemical Society, Vol. 60, 1938, p. 309 [\[0019\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildung einer Kondensatoranode, wobei das Verfahren umfasst: das Bilden eines Anodenkörpers, der eine Ventilmetallzusammensetzung enthält und das anodische Oxidieren des Anodenkörpers in Gegenwart eines Elektrolyten zum Ausbilden einer dielektrischen Schicht, wobei der Elektrolyt eine metallorganische Verbindung in einer Menge von ungefähr 0,1 Gew.-% bis ungefähr 20 Gew.-% enthält.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die metallorganische Verbindung mindestens eine reaktive funktionale Gruppe enthält, die an ein Metallatom gebunden ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Metallatom Silizium, Titan, Aluminium, Vanadium, Niob, Mangan, Magnesium oder eine Kombination davon ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die metallorganische Verbindung ein Organosilan enthält.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Organosilan ein Alkoxysilan ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Alkoxysilan ein Epoxyalkoxysilan ist.
7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die metallorganische Verbindung ungefähr 0,5 bis ungefähr 10 Gew.-% des Elektrolyten ausmacht.
8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Elektrolyt weiter eine Säure enthält.
9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Anodenkörper durch Verdichten eines Pulvers um einen Pressling zu bilden und Sintern des Presslings gebildet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Anodenkörper in den Elektrolyten getaucht wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ventilmetallzusammensetzung Tantal, Niob oder ein elektrisch leitfähiges Oxid davon enthält.
12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ventilmetallzusammensetzung ein Oxid von Niob enthält, das ein Atomverhältnis von Niob zu Sauerstoff von $1:1,0 \pm 0,3$ aufweist.
13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ventilmetallzusammensetzung ein Oxid von Niob enthält, das ein Atomverhältnis von Niob zu Sauerstoff von $1:1,0 \pm 0,1$ aufweist.
14. Eine nach dem Verfahren nach Anspruch 1 gebildete Kondensatoranode.
15. Ein Elektrolytkondensator, der die Kondensatoranode nach Anspruch 14 und weiter eine Elektrolytschicht umfasst, die über der dielektrischen Schicht liegt.
16. Ein Elektrolytkondensator, umfassend: einen Anodenkörper, der Tantal, Niob oder ein elektrisch leitfähiges Oxid davon enthält; eine dielektrische Schicht, die über dem Anodenkörper liegt, wobei die dielektrische Schicht ein metallisches Element enthält, das von einer metallorganischen Verbindung abgeleitet wird, wobei das metallische Element Silizium einschließt, sowie eine Elektrolytschicht, die über der dielektrischen Schicht liegt.
17. Elektrolytkondensator nach Anspruch 16, wobei das metallische Element ungefähr 100 ppm oder mehr der dielektrischen Schicht ausmacht.
18. Elektrolytkondensator nach Anspruch 16, wobei das metallische Element ungefähr 200 bis ungefähr 500 000 ppm der dielektrischen Schicht ausmacht.
19. Elektrolytkondensator nach Anspruch 16, wobei der Anodenkörper ein Oxid von Niob enthält, das ein Atomverhältnis von Niob zu Sauerstoff von $1:1,0 \pm 0,3$ aufweist.
20. Elektrolytkondensator nach Anspruch 16, wobei der Anodenkörper ein Oxid von Niob enthält, das ein Atomverhältnis von Niob zu Sauerstoff von $1:1,0 \pm 0,1$ aufweist.
21. Elektrolytkondensator nach Anspruch 16, der weiter mindestens eine zusätzliche Schicht enthält, welche über der Elektrolytschicht liegt, wobei die zusätzliche Schicht eine Kohleschicht, eine Silberschicht oder eine Kombination davon umfasst.
22. Elektrolytkondensator nach Anspruch 16, der weiter einen Anodenleitungsdraht enthält, der vom Anodenkörper ausgeht.
23. Elektrolytkondensator nach Anspruch 22, der weiter enthält: einen Katodenanschluss, der elektrisch mit der Elektrolytschicht verbunden ist; einen Anodenanschluss, der elektrisch mit dem Anodenkörper verbunden ist; sowie ein Gehäuse, das den Kondensator einkapselt und mindestens einen Teil der Anoden- und Katoden-Anschlüsse freiliegend lässt.
24. Elektrolytkondensator nach Anspruch 16, wobei die Elektrolytschicht ein leitfähiges Polymer ent-

hält.

25. Elektrolytkondensator nach Anspruch 16, wobei die Elektrolytschicht Mangandioxid enthält.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

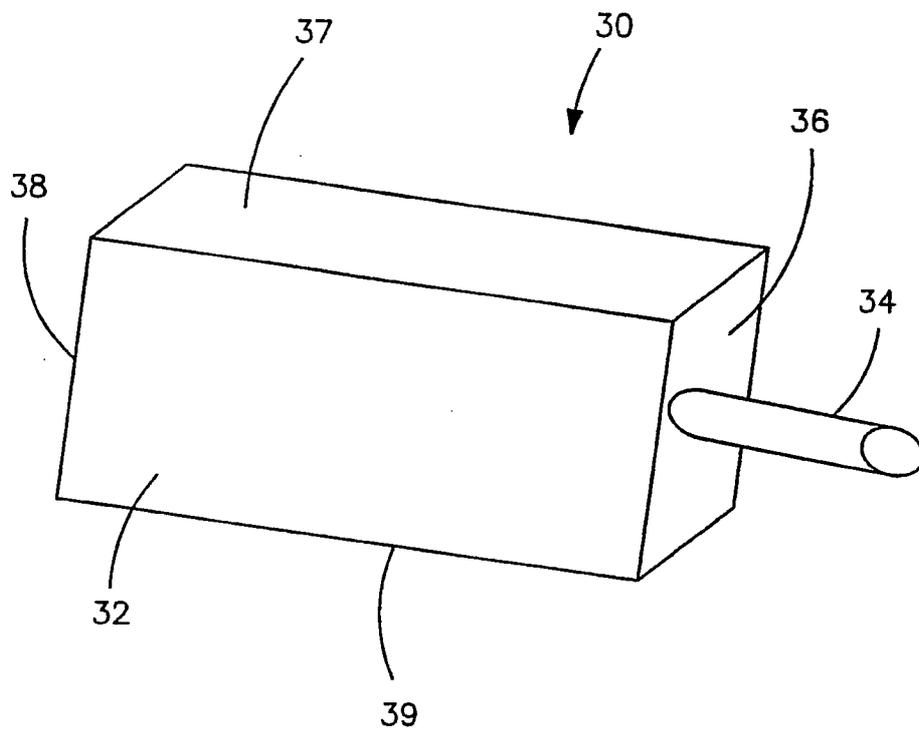


FIG. 1

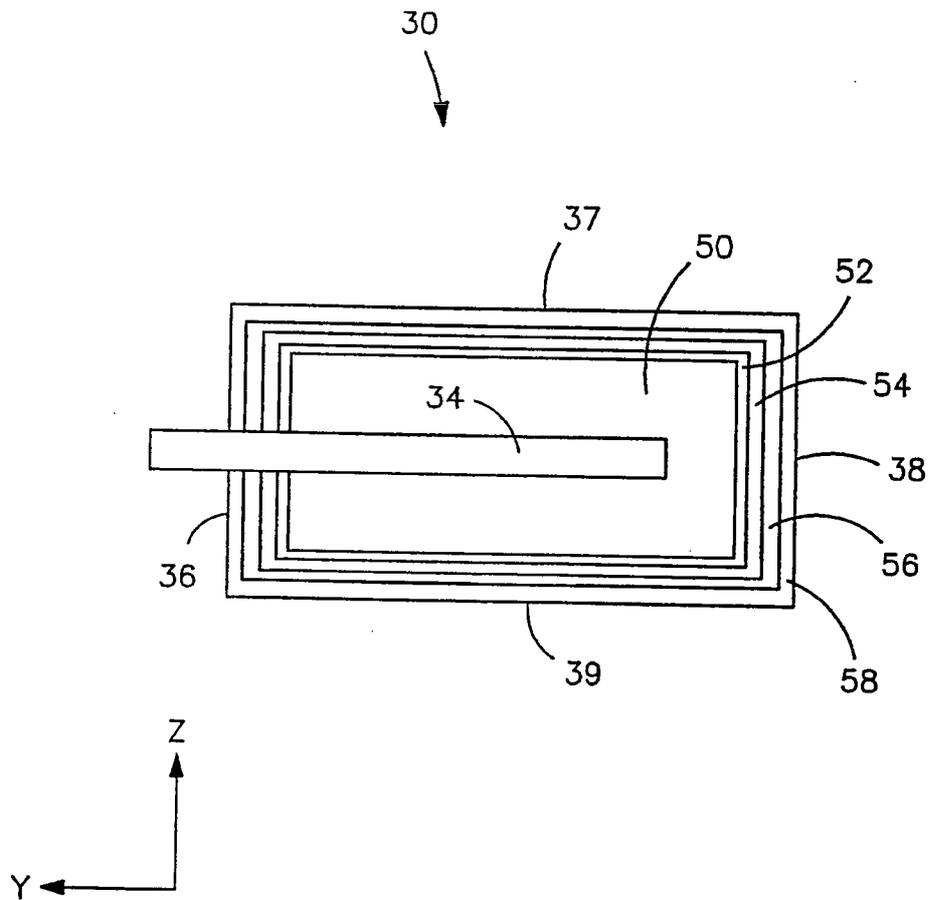


FIG. 2

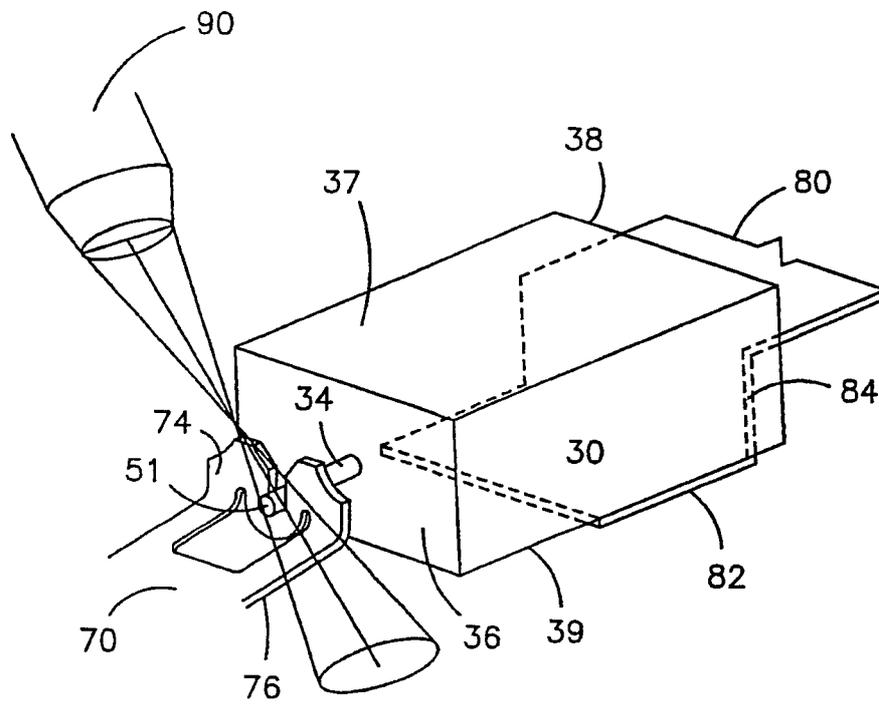


FIG. 3

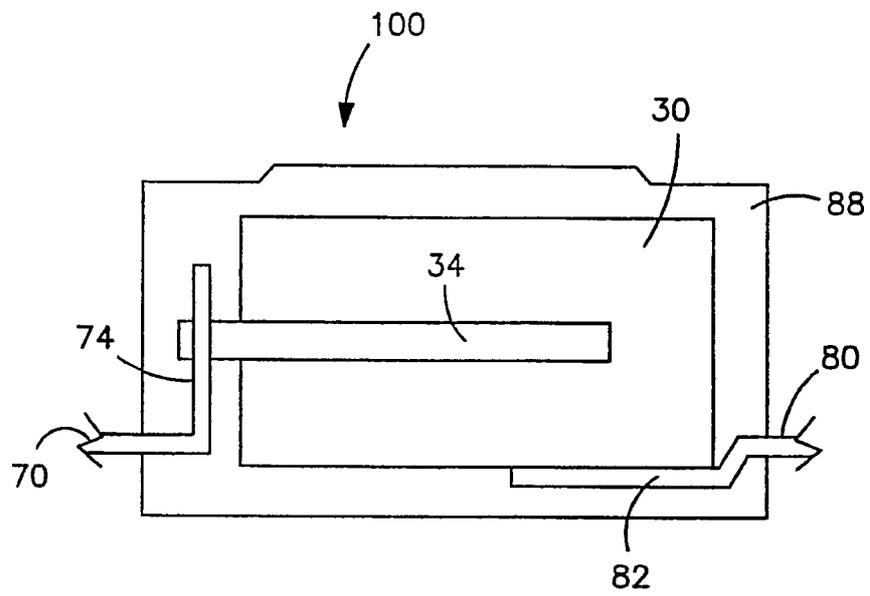


FIG. 4

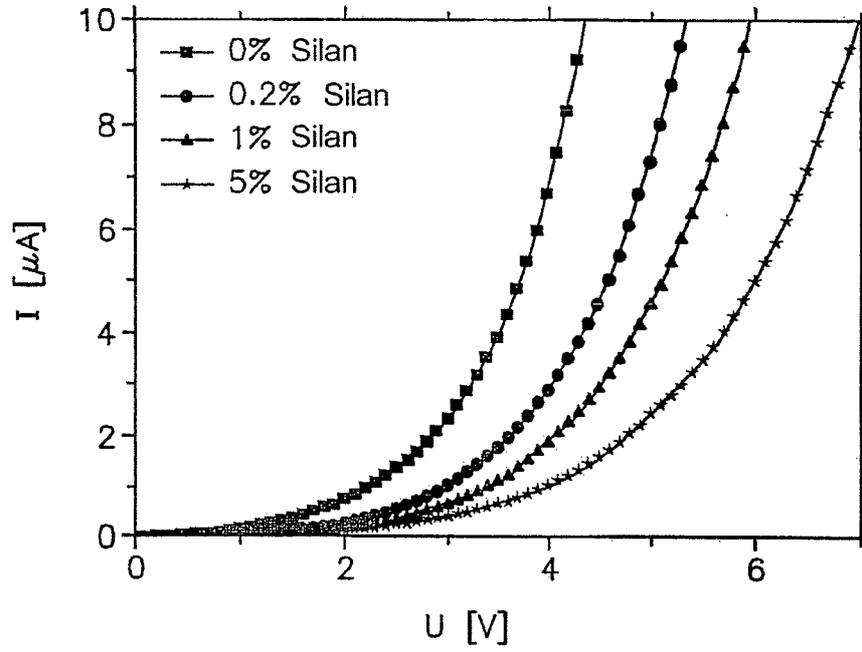


FIG. 5

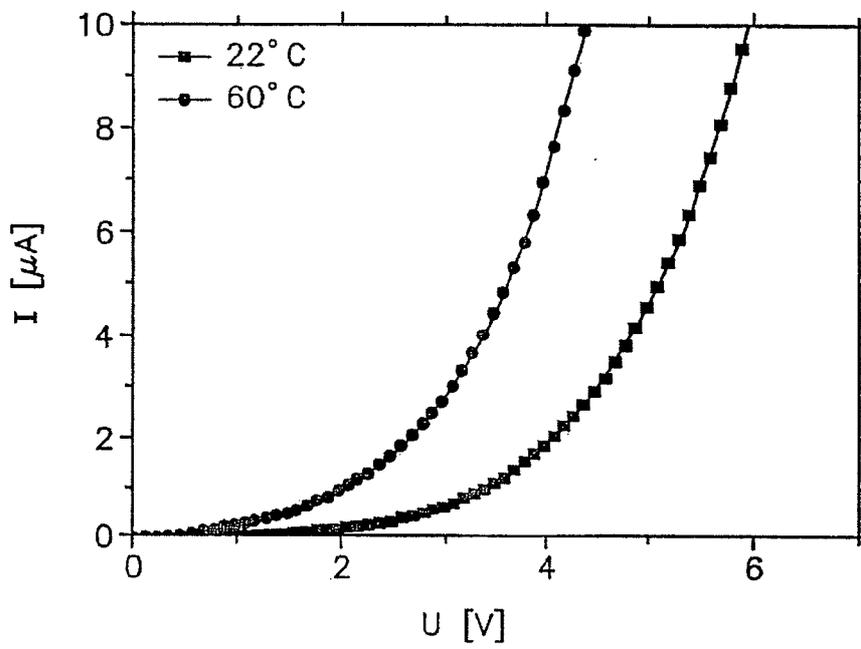


FIG. 6

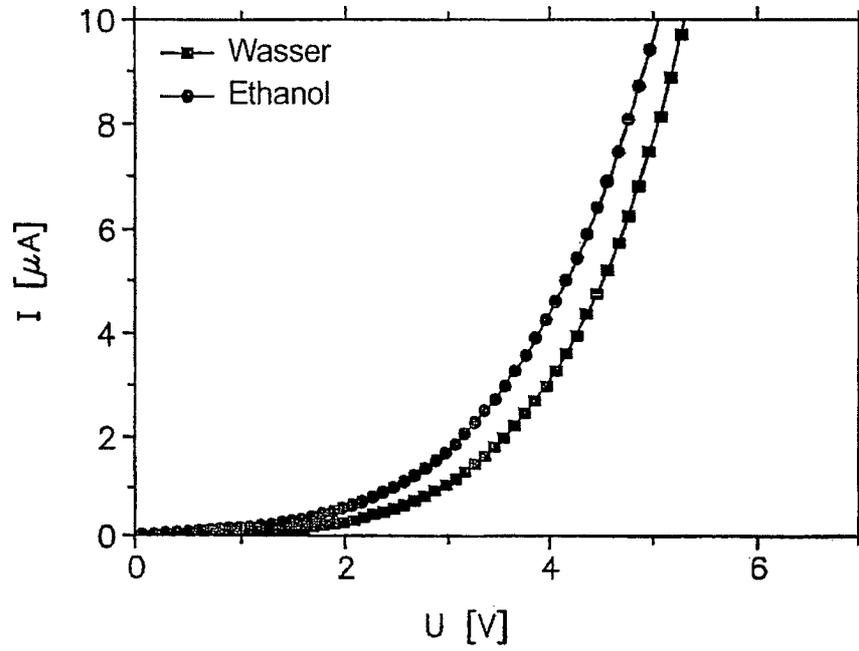


FIG. 7

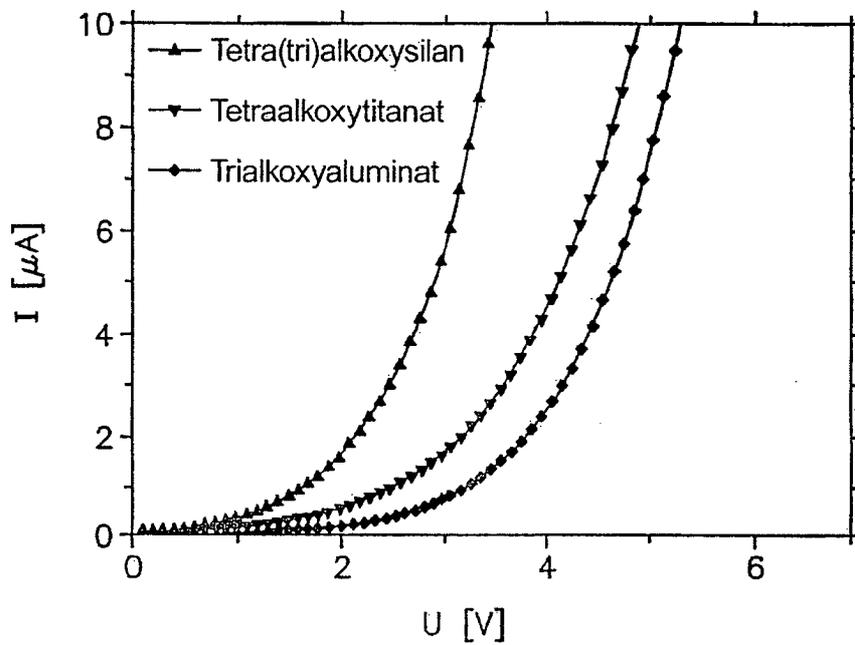


FIG. 8