



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 000 527 A1** 2009.10.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 000 527.7**

(22) Anmeldetag: **30.01.2009**

(43) Offenlegungstag: **08.10.2009**

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

H01G 9/08 (2006.01)

H01G 9/032 (2006.01)

H01G 9/042 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
12/060,354 **01.04.2008** **US**

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

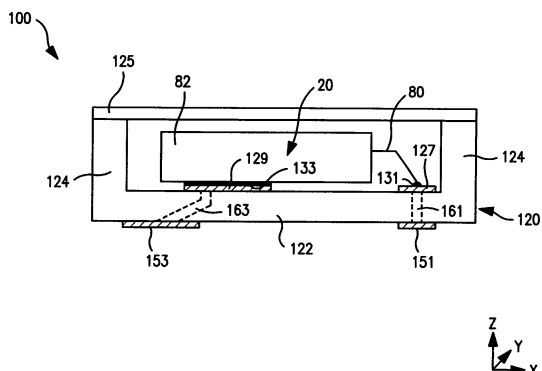
(74) Vertreter:
**Canzler & Bergmeier, Patentanwälte, 85055
Ingolstadt**

(72) Erfinder:
**Rawal, Bharat, Surfside Beach, S.C., US; Ning,
Gang, Myrtle Beach, S.C., US; Jones, Brady,
Carson, Nev., US; Sebald, Zebbie Lynn, Myrtle
Beach, S.C., US; Zednicek, Stanislav, Lanskrone,
CZ; Sita, Zdenek, Lanskrone, CZ**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Hermetisch abgedichtete Kondensatoranordnung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Kondensatoranordnung offengelegt, die einen Kondensator mit einem Elektrolyten aus einem leitfähigen Polymer umfasst, der in Gegenwart eines inerten Gases hermetisch in einem Keramikgehäuse eingeschlossen ist. Ohne sich durch Theorie einschränken zu wollen, nehmen die Erfinder der vorliegenden Anmeldung an, dass das Keramikgehäuse imstande ist, die Menge an Sauerstoff und Feuchtigkeit zu begrenzen, die zum leitfähigen Polymer des Kondensators gelangen kann. Auf diese Weise ist es weniger wahrscheinlich, dass das leitfähige Polymer in Umgebungen mit hohen Temperaturen oxidiert; infolgedessen wird die thermische Stabilität der Kondensatoranordnung erhöht.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Elektrolytkondensatoren (z. B. Tantalkondensatoren) werden zunehmend wegen ihres volumetrischen Wirkungsgrads, ihrer Zuverlässigkeit und Prozesskompatibilität bei der Entwicklung von Schaltkreisen eingesetzt. Zum Beispiel ist einer der entwickelten Kondensatortypen ein Kondensator mit festem Elektrolyten, der eine Anode (z. B. Tantal), eine auf der Anode gebildete dielektrische Oxidschicht (z. B. Tantalpentoxid, Ta_2O_5), eine Schicht eines festen Elektrolyten und eine Katode enthält. Die Schicht des festen Elektrolyten kann aus einem leitfähigen Polymer bestehen, wie in den US-Patenten 5,457,862 an Sakata et al., 5,473,503 an Sakata et al., 5,729,428 an Sakata et al., 5,812,367 an Kudoh et al. beschrieben. Leider ist jedoch die Stabilität des leitfähigen Polymers bei hohen Temperaturen gering wegen seiner Tendenz, sich von einem dotierten in einen undotierten Zustand oder umgekehrt umzuwandeln. Infolge der Umwandlung kann sich die Leitfähigkeit des Polymers verringern, was sich direkt auf die Kapazität und den ESR auswirkt und zur Verschlechterung der Leistungsfähigkeit führt.

[0002] Daher besteht zur Zeit Bedarf für einen Elektrolytkondensator, der eine verbesserte Leistungsfähigkeit in Umgebungen mit hohen Temperaturen aufweist.

Zusammenfassung der Erfindung

[0003] Gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung wird eine Kondensatoranordnung offengelegt, die ein Keramikgehäuse enthält, in dem ein Elektrolytkondensator eingeschlossen und hermetisch abgedichtet ist. Der Kondensator umfasst eine Anode, eine dielektrische Schicht, die die Anode überzieht, und eine Katode, die die dielektrische Schicht überzieht. Die Katode enthält ein leitfähiges Polymer. Das Keramikgehäuse bildet einen Hohlraum, der eine gasförmige Atmosphäre besitzt, die ein inertes Gas enthält. Die Anordnung umfasst weiter einen Katodenanschluss, der in elektrischer Verbindung mit der Katode steht und außerhalb des Keramikgehäuses angeordnet ist, und einen Anodenanschluss, der in elektrischer Verbindung mit der Anode steht und außerhalb des Keramikgehäuses angeordnet ist.

[0004] Gemäß einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung einer Kondensatoranordnung offen gelegt. Das Verfahren umfasst die Herstellung eines Elektrolytkondensators, der eine Anode, eine dielektrische Schicht, die die Anode überzieht, und eine Katode umfasst, die die dielektrische Schicht überzieht, wobei die Katode ein leitfähiges Polymer enthält und

sich ein Anoden-Anschlussdraht von der Anode erstreckt. Der Elektrolytkondensator wird innerhalb eines Keramikgehäuses angeordnet. Die Katode wird elektrisch mit einem Katodenanschluss und der Anodendraht mit einem Anodenanschluss verbunden. Ein Deckel wird auf das Keramikgehäuse gesetzt. Der Deckel wird in Gegenwart einer gasförmigen Atmosphäre, die ein inertes Gas enthält, zum Keramikgehäuse hermetisch abgedichtet.

[0005] Andere Eigenschaften und Aspekte der vorliegenden Erfindung werden nachstehend detaillierter dargelegt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0006] 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:

[0007] [Fig. 1](#) eine Schnittansicht einer Ausführung einer Elektrolytkondensatoranordnung der Anordnung der vorliegenden Erfindung ist;

[0008] [Fig. 2–Fig. 4](#) grafische Darstellungen von Leckstrom („DCL“), Kapazität und Reihenverlustwiderstand (ESR) der Teile von Beispiel 1 in verschiedenen Stadien der Lebensdauerprüfung bei Belastung sind;

[0009] [Fig. 5–Fig. 7](#) grafische Darstellungen von Leckstrom („DCL“), Kapazität und Reihenverlustwiderstand (ESR) der Teile von Beispiel 2 in verschiedenen Stadien der Lebensdauerprüfung bei Belastung sind;

[0010] [Fig. 8–Fig. 10](#) grafische Darstellungen von Leckstrom („DCL“), Kapazität und Reihenverlustwiderstand (ESR) der Teile von Beispiel 3 in verschiedenen Stadien der Lebensdauerprüfung bei Belastung sind;

[0011] [Fig. 11–Fig. 13](#) grafische Darstellungen von Leckstrom („DCL“), Kapazität und Reihenverlustwiderstand (ESR) der Teile von Beispiel 4 in verschiedenen Stadien der Lebensdauerprüfung bei Belastung sind und

[0012] [Fig. 14–Fig. 16](#) grafische Darstellungen von Leckstrom („DCL“), Kapazität und Reihenverlustwiderstand (ESR) der Teile des Vergleichsbeispiels in verschiedenen Stadien der Lebensdauerprüfung bei Belastung sind.

[0013] 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

[0014] 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.

[0015] Allgemein ausgedrückt, bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Kondensatoranordnung, die einen Kondensator mit einem Elektrolyten aus einem leitfähigen Polymer umfasst, der in Gegenwart eines inerten Gases hermetisch in einem Keramikgehäuse eingeschlossen ist. Ohne sich durch Theorie einschränken zu wollen, nehmen die Erfinder der vorliegenden Anmeldung an, dass das Keramikgehäuse imstande ist, die Menge an Sauerstoff und Feuchtigkeit zu begrenzen, die zum leitfähigen Polymer des Kondensators gelangt. Auf diese Weise ist es weniger wahrscheinlich, dass das leitfähige Polymer in Umgebungen mit hohen Temperaturen oxidiert; infolgedessen wird die thermische Stabilität der Kondensatoranordnung erhöht.

[0016] Der Elektrolytkondensator enthält allgemein eine Anode, die aus einer Ventilmetzalzusammensetzung ausgebildet ist. Die Ventilmetzalzusammensetzung kann eine hohe spezifische Ladung von ungefähr 5 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$ oder mehr, in manchen Ausführungen ungefähr 25 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$ oder mehr, in manchen Ausführungen ungefähr 40 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$ oder mehr und in manchen Ausführungen ungefähr 70 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$ bis ungefähr 200 000 $\mu\text{F}\cdot\text{V/g}$ oder mehr haben. Die Ventilmetzalzusammensetzung enthält ein Ventilmetzal (d. h. ein Metall, das oxidiert werden kann) oder eine auf einem Ventilmetzal basierende Verbindung, wie z. B. Tantal, Niob, Aluminium, Hafnium, Titan, Legierungen davon, Oxide davon, Nitride davon und so weiter. Zum Beispiel kann die Ventilmetzalzusammensetzung ein elektrisch leitfähiges Oxid von Niob, wie etwa Nioboxid, enthalten, das ein Atomverhältnis von Niob zu Sauerstoff von $1:1,0 \pm 1,0$, in einigen Ausführungen $1:1,0 \pm 0,3$, in einigen Ausführungen $1:1,0 \pm 0,1$ und in einigen Ausführungen $1:1,0 \pm 0,05$ besitzt. Zum Beispiel kann das Niobiumoxid $\text{NbO}_{0,7}$, $\text{NbO}_{1,0}$, $\text{NbO}_{1,1}$ 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 Ventilmetzaloxide sind in den US-Patenten Nr. 6,322,912 an Fife; 6,391,275 an Fife et al.; 6,416,730 an Fife et al.; 6,527,937 an Fife; 6,576,099 an Kimmel et al.; 6,592,740 an Fife et al.; 6,639,787 an Kimmel et al. und 7,220,397 an Kimmel et al. sowie den US-Paten-

tanmeldungen Nr. 2005/0019581 an Schnitter; 2005/0103638 an Schnitter et al. und 2005/0013765 an Thomas et al. beschrieben, die hier in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke als Referenz mit aufgenommen werden.

[0017] Zum Ausbilden der Anode können im Allgemeinen herkömmliche Herstellungsverfahren verwendet werden. In einer Ausführung wird zunächst ein Tantal- oder Nioboxid-Pulver ausgewählt, das eine bestimmte Teilchengröße hat. 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 dem Verfahren der physikalischen Gasadsorption (B. E. T.) nach Brauner, Emmet und Teller, Journal of American Chemical Society, Bd. 60, 1938, S. 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 4,0 g/cm^3 und in einigen Ausführungen zwischen etwa 0,5 und etwa 3,0 g/cm^3 .

[0018] Zur Erleichterung der Ausbildung der Anode können den elektrisch leitfähigen Teilchen andere Bestandteile zugefügt werden. Zum Beispiel können die elektrisch leitfähigen 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 können Kampfer, Stearin- und andere seifige Fettsäuren, Carbowax (Union Carbide), Glyptal (General Electric), Polyvinylalkohole, Naphthalin, Pflanzenwachs und Mikrowachse (aufgereinigte Paraffine) sein. Das Bindemittel kann in einem Lösungsmittel gelöst und verteilt sein. 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.

[0019] Das resultierende Pulver kann mit einer beliebigen herkömmlichen Pulver-Pressform verdichtet werden. Zum Beispiel kann die Pressform eine Verdichtungspressen 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-/Kurbel-Pressen mit unterschiedlichen Eigenschaften, wie einfach wirkend, doppelt wirkend, mit gleitender Pressform, beweglicher Platte, entgegengewirktem 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. ungefähr 150°C bis ungefähr 500°C). Alternativ können die 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 beschrieben, 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 und in einigen Ausführungen von ungefähr 1500°C bis ungefähr 1800°C im Vakuum oder in einer inerten Atmosphäre gesintert werden. Beim Sintern schrumpft der Pressling, weil Bindungen zwischen den Teilchen wachsen. Zusätzlich zu den oben beschriebenen Techniken kann auch 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.

[0020] Obwohl nicht erforderlich, kann die Dicke der Anode gewählt werden, um die elektrische Leistungsfähigkeit 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 eine 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 an Webber et al., 5,949,639 an Maeda et al. und 3,345,545 an Bourgault et al., sowie in der US-Patentanmeldung mit der Veröffentlichungs-Nr. 2005/0270725 an Hahn et al. beschrieben, die hier für alle Zwecke in ihrer Gesamtheit als Referenz mit aufgenommen werden.

[0021] Nach der Ausbildung 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 (Nb₂O₅) 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, Methylethylketon und Methylsobutylketon), 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 Benzonitril), 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 des angestrebten Oxids zu erleichtern. Tatsächlich kann Wasser etwa 50 Gew.-% oder mehr, in einigen Ausführungsformen etwa 70 Gew.-% oder mehr und in einigen Ausführungsformen zwischen etwa 90 Gew.-% und etwa 100 Gew.-% der (des) im Elektrolyten verwendeten Lösungsmittel(s) ausmachen.

[0022] Der Elektrolyt ist ionisch leitfähig und kann eine ionische 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, be-

stimmt bei einer Temperatur von 25°C. Um die ionische Leitfähigkeit des Elektrolyten zu erhöhen, kann eine Verbindung verwendet werden, die in der Lage ist, 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, Oxasäure, 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, 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 ionische 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.

[0023] Ein Strom wird durch den Elektrolyten geschickt, um die dielektrische Schicht zu bilden. Der Wert der Spannung bestimmt 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 Verfahren verwendet werden, wie etwa Pulsverfahren oder schrittweise potentiostatische Verfahren. 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 an-

odische Oxidation kann auch bei Raumtemperatur oder darunter erfolgen. Die resultierende dielektrische Schicht kann auf einer Oberfläche der Anode und in ihren Poren gebildet werden.

[0024] Sobald die dielektrische Schicht ausgebildet ist, kann optional eine Schutzschicht aufgebracht werden, wie z. B. aus einem relativ isolierenden harzartigen Material (natürlich oder synthetisch). Dieses Material kann einen spezifischen Widerstand von mehr als ungefähr 10 Ohm-cm, in manchen Ausführungen von mehr als ungefähr 100 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 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.

[0025] Das anodisch oxidierte Teil wird anschließend einem Schritt zur Herstellung einer Katode aus einem leitfähigen Polymer unterworfen. 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 Polymerschichten ausgebildet werden. Zum Beispiel kann in einer Ausführungsform die leitfähige Polymerkatode 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 Anodenteil 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, anfangs mit einem Polymerisations-Katalysator gemischt werden, um eine Lösung zu bilden. Ein geeigneter Polymerisations-Katalysator ist zum Beispiel 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 aufgebracht 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 in Kontakt mit der Oberfläche des Anodenteils kommt, 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 innerhalb 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 das 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 an Sakata et al., 5,473,503 an Sakata et al., 5,729,428 an Sakata et al. und 5,812,367 an Kudoh et al. beschrieben, die hier in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke als Referenz mit aufgenommen werden.

[0026] 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 Aus-

führungen 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 dazu beitragen, dass die Kapazität des resultierenden Kondensators erhöht und sein Verlustfaktor reduziert wird. 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.

[0027] Bei Bedarf kann auf dem Teil optional eine Kohlenstoffschicht (z. B. Graphit) bzw. eine Silberschicht aufgebracht werden. Die Silberbeschichtung kann zum Beispiel als lötlbarer Leiter, Kontaktschicht und/oder Ladungssammler für den Kondensator dienen, und die Kohlenstoffbeschichtung kann den Kontakt der Silberbeschichtung mit dem leitfähigen Polymer begrenzen. Diese Beschichtungen können das leitfähige Polymer teilweise oder ganz bedecken.

[0028] Unabhängig von der besonderen Weise, in der es geformt wird, wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein Keramikgehäuse bereitgestellt, um den Kondensator einzuschließen und hermetisch abzudichten. Allgemein ausgedrückt, geschieht das hermetisch dichte Einschließen des Kondensators innerhalb des Keramikgehäuses in Gegenwart einer gasförmigen Atmosphäre, die zumindest ein inertes Gas enthält, um die Oxidation der Katode aus leitfähigem Polymer während des Gebrauch zu verhindern. Das inerte Gas kann zum Beispiel Stickstoff, Helium, Argon, Xenon, Neon, Krypton, Radon und so weiter sowie Mischungen davon enthalten. Typischerweise bilden inerte Gase den größten Teil der Atmosphäre innerhalb des Keramikgehäuses, wie etwa von ungefähr 50 Gew.-% bis ungefähr 100 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen von ungefähr 75 Gew.-% bis ungefähr 100 Gew.-% und in einigen Ausführungsformen von ungefähr 90 Gew.-% bis ungefähr 99

Gew.-% der Atmosphäre. Bei Bedarf kann auch ein relativ kleiner Anteil an nicht-inerten Gasen verwendet werden, wie etwa Kohlendioxid, Sauerstoff, Wasserdampf usw. In solchen Fällen stellen die nicht-inerten Gase jedoch typischerweise 15 Gew.-% oder weniger, in einigen Ausführungsformen 10 Gew.-% oder weniger, in einigen Ausführungsformen etwa 5 Gew.-%, in einigen Ausführungsformen etwa 1 Gew.-% oder weniger und in einigen Ausführungsformen von etwa 0,01 Gew.-% bis etwa 1 Gew.-% der Atmosphäre innerhalb des Keramikgehäuses dar. Zum Beispiel kann der Feuchtigkeitsgehalt (ausgedrückt als relative Feuchtigkeit) etwa 10% oder weniger betragen, in einigen Ausführungsformen etwa 5% oder weniger, in einigen Ausführungsformen etwa 1% oder weniger und in einigen Ausführungsformen von etwa 0,01% bis etwa 5%.

[0029] Das Keramikgehäuse kann eine oder mehrere Schichten eines Keramikmaterials enthalten, wie etwa Aluminiumnitrid, Aluminiumoxid, Siliziumoxid, Magnesiumoxid, Calciumoxid und so weiter. Die Breite und Länge des Keramikgehäuses kann abhängig von der beabsichtigten Anwendung unterschiedlich sein. In einer Ausführung beträgt die Länge des Gehäuses (in [Fig. 1](#) die Richtung-y) zum Beispiel von ungefähr 2,0 bis ungefähr 10,0 Millimeter, in manchen Ausführungen von ungefähr 2,5 bis ungefähr 8,0 Millimeter und in manchen Ausführungen von ungefähr 3,0 bis ungefähr 6,5 Millimeter.

[0030] Die Breite des Gehäuses (in [Fig. 1](#) die Richtung-x) kann im Bereich von ungefähr 1,0 bis ungefähr 5 Millimeter liegen, in manchen Ausführungen von ungefähr 1,5 bis ungefähr 4,5 Millimeter und in manchen Ausführungen von ungefähr 2,0 bis ungefähr 3,5 Millimeter. Die Gesamthöhe des Gehäuses (in [Fig. 1](#) die Richtung-z) kann optional klein bleiben, so dass die resultierende Anordnung leicht in Produkte mit geringer Bauhöhe eingebaut werden kann. Zum Beispiel kann die Dicke des Gehäuses ungefähr 5,0 Millimeter oder weniger betragen, in manchen Ausführungen von ungefähr 0,4 bis ungefähr 3,5 Millimeter und in manchen Ausführungen von ungefähr 0,5 bis ungefähr 3,0 Millimeter.

[0031] Die Weise, wie der Kondensator elektrisch mit dem Keramikgehäuse verbunden wird, kann variieren, wie in der Technik bekannt ist. Zum Beispiel können eine oder mehrere Flächen des Gehäuses leitfähige Leiterbahnen enthalten, die elektrisch mit den Anoden- und Katodenanschlüssen des Kondensators verbunden sind. Zum Ausbilden der Leiterbahnen kann jedes leitfähige Material verwendet werden, wie etwa ein leitfähiges Metall (z. B. Kupfer, Nickel, Silber, Zink, Zinn, Palladium, Blei, Aluminium, Molybdän, Titan, Eisen, Zirkonium, Wolfram, Magnesium und Legierungen davon). Besonders geeignete leitfähige Metalle sind zum Beispiel Kupfer, Kupfer-Legierungen (z. B. Kupfer-Zirkonium, Kupfer-Magnesium,

Kupfer-Zink oder Kupfer-Eisen), Nickel und Nickel-Legierungen (z. B. Nickel-Eisen). Die Leiterbahnen können unter Verwendung einer beliebigen bekannten Technik ausgebildet werden, wie etwa Bedrucken oder Beschichten einer Fläche des Gehäuses mit einer Tinte, die das Metall enthält. Bei Bedarf können eine oder mehrere dünne äußere Metallschichten (z. B. Gold) auf einer Grundmetallschicht (z. B. Kupferlegierung) beschichtet oder abgelagert werden, um die Leitfähigkeit weiter zu erhöhen.

[0032] Diese Leiterbahnen werden elektrisch mit äußeren Anoden- und Katodenanschlüssen zur Montage der Kondensatoranordnung auf einer Oberfläche verbunden. Die Anschlüsse können einfach gebildet werden, indem die Leiterbahnen durch das Keramikgehäuse hindurch verlängert werden. Alternativ können die Anschlüsse die Form von Pins, Ballen, Platten usw. haben, die durch das Keramikgehäuse hindurch mit den Leiterbahnen verbunden sind. Auf jeden Fall wird die Dicke oder Höhe der Anschlüsse allgemein so gewählt, dass die Dicke der Kondensatoranordnung minimiert wird. Zum Beispiel kann die Dicke der Anschlüsse im Bereich von ungefähr 0,05 bis ungefähr 1 Millimeter, in manchen Ausführungen von ungefähr 0,05 bis ungefähr 0,5 Millimeter und von ungefähr 0,1 bis ungefähr 0,2 Millimeter liegen. Falls gewünscht, kann die Oberfläche der Anschlüsse galvanisch mit Nickel, Silber, Gold, Zinn usw. überzogen werden, wie in der Technik bekannt, um sicherzustellen, dass das fertige Bauteil auf eine Leiterplatte montiert werden kann. In einer speziellen Ausführung sind beide Oberflächen der Anschlüsse mit Nickel, bzw. Flash-Silber beschichtet, während die Montageoberfläche auch mit einer Lötzinn-Schicht beschichtet wird.

[0033] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) wird zum Beispiel eine Ausführungsform einer solchen Kondensatoranordnung **100** gezeigt, die ein Keramikgehäuse **120** und einen Elektrolytkondensator **20** enthält. Das Keramikgehäuse **120** umfasst eine untere Wand **122** und zwei gegenüberliegende Seitenwände **124**, zwischen denen ein Hohlraum **126** gebildet wird, der den Kondensator **20** aufnimmt. Die untere Wand **122** und die Seitenwände **124** werden aus einer oder mehreren Schichten eines Keramikmaterials gebildet, wie oben beschrieben. In dieser speziellen Ausführungsform enthält die untere Wand **122** auch Leiterbahnen **127** und **129**, die elektrisch mit einem Anodendraht **80** bzw. der Katode **82** des Kondensators **20** verbunden sind. Die Verbindung der Leiterbahnen **127** und **129** mit dem Draht **80** und der Katode **82** kann mit jeder bekannten Technik erfolgen, wie etwa Schweißen, Laserschweißen, leitfähigen Klebern usw. In einer speziellen Ausführung wird zum Beispiel ein leitfähiger Kleber **131** verwendet, um den Draht **80** mit der Leiterbahn **127** zu verbinden. Ebenso wird ein leitfähiger Kleber **133** verwendet, um die Katode **82** mit der Leiterbahn **129** zu verbinden. Die leitfähigen

Kleber können aus leitfähigen Metallteilchen gebildet werden, die in einer Kunstharz-Mischung eingebettet sind. Die Metallteilchen können aus Silber, Kupfer, Gold, Platin, Nickel, Zink, Wismut, usw. sein. Die Kunstharzmischung kann ein Duroplast-Kunstharz (z. B. Epoxidharz), einen Härter (z. B. Säureanhydrid) und einen Haftvermittler (z. B. Silan-Haftvermittler) enthalten. Geeignete leitfähige Kleber sind in der US-Patentanmeldung mit der Publikations-Nummer 2006/0038304 an Osako et al. beschrieben, die hier in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke als Referenz mit aufgenommen wird.

[0034] Die Leiterbahn **127** ist durch die Keramikwand **122** hindurch über eine Verbindung **161** mit einem äußeren Anodenanschluss **151** verbunden, während die Leiterbahn **129** über eine Verbindung **163** mit einem äußeren Katodenanschluss **153** verbunden ist. Die Verbindungen **161** und **163** können die Form eines Drahtes, Streifens, Blechs, Pfostens usw. haben und aus einem Metall gebildet sein. Alternativ können die Leiterbahnen einfach durch eine Durchkontaktierung der Keramikwand verlängert sein, um die äußeren Anschlüsse zu bilden. Verschiedene Techniken zum Ausbilden leitender Anschlüsse bei einem Keramikgehäuse sind detaillierter in den US-Patenten Nr. 5,314,606 an Irie et al. und 7,304,832 an Ushio et al. sowie den U.S.-Patent Patentanmeldungen mit der Publikations-Nr. 2005/0167789 an Zhuang und 2007/0138606 an Brailev beschrieben, die hier in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke als Referenz mit aufgenommen werden.

[0035] Sobald der Kondensator **20** in das Keramikgehäuse **120** gesetzt ist, wird ein Deckel **125** auf eine obere Fläche der Seitenwände **124** gesetzt. Der Deckel **125** kann aus einer Keramik, einem Metall (z. B. Eisen, Kupfer, Nickel, Kobalt usw. sowie deren Legierungen) und so weiter geformt werden. In einer Ausführungsform enthält der Deckel zum Beispiel eine Kovar[®]-Legierung (Carpenter Technology Corporation), bei der es sich um eine eisenhaltige Nickel-Kobalt-Legierung handelt. Die Größe des Gehäuses **120** ist allgemein so bemessen, dass der Deckel **125** keine Fläche des Kondensators **20** berührt, sodass dieser nicht verunreinigt wird. Nach dem Aufsetzen in der gewünschten Position wird der Deckel **125** unter Verwendung bekannter Techniken zu den Seitenwänden **124** hermetisch abgedichtet, wie etwa Schweißen (z. B.

[0036] Widerstandsschweißen, Laserschweißen usw.), Löten usw. Die hermetische Abdichtung geschieht, wie oben beschrieben, allgemein in Gegenwart eines inerten Gases, sodass die resultierende Anordnung im Wesentlichen frei von reaktiven Gasen, wie etwa Sauerstoff oder Wasserdampf, ist.

[0037] Obwohl nicht erforderlich, können beim Keramikgehäuse **120** auch andere Schichten und/oder

Materialien verwendet werden. Zum Beispiel können an der unteren Wand **122**, an den Seitenwänden **124** und/oder am Deckel **125** ein oder mehrere Sperrglieder (nicht gezeigt) geformt werden, um eine Beschädigung des Kondensators **20** während der hermetischen Abdichtung der Anordnung zu verhindern. Die Sperrglieder können aus jedem in der Technik bekannten Material geformt werden, wie etwa aus reflexionsarmen Materialien, die in der Lage sind, die Reflexion eines Laserstrahls zu verhindern. Zu Beispielen solcher Materialien gehören Polymere, wie etwa Epoxidharze, Polyimide, Polyolefine (z. B. Polyethylen oder Polypropylen), die optional Füllpartikel enthalten (z. B. schwarzes Pigment).

[0038] Als Ergebnis der vorliegenden Erfindung kann die Kondensatoranordnung ausgezeichnete elektrische Eigenschaften aufweisen, selbst wenn sie Umgebungen mit hohen Temperaturen ausgesetzt wird. Zum Beispiel kann die Kondensatoranordnung einen äquivalentem Serienwiderstand („ESR“) von weniger als ungefähr 50 Ohm, in einigen Ausführungen von weniger als ungefähr 25 Ohm, in einigen Anwendungen von ungefähr 0,01 bis ungefähr 10 Ohm und in einigen Anwendungen von ungefähr 0,1 bis ungefähr 5 Ohm haben, gemessen bei einer Betriebsfrequenz von 120 Hz. Darüber hinaus kann der 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 1 $\mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$, in einigen Ausführungen weniger als etwa 0,5 $\mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$ und in einigen Ausführungen weniger als etwa 0,1 $\mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$, wobei μA für Mikroampere steht und $\mu\text{F}\cdot\text{V}$ das Produkt der Kapazität und der Nennspannung ist. Solche Werte für ESR und normierten Leckstrom können sogar nach der Alterung über einen beträchtlichen Zeitraum bei hohen Temperaturen beibehalten werden. Zum Beispiel können die Werte über 100 Stunden oder mehr, in einigen Ausführungen zwischen etwa 300 Stunden und etwa 2500 Stunden und in einigen Ausführungen zwischen etwa 400 Stunden und etwa 1500 Stunden (z. B. 500 Stunden, 600 Stunden, 700 Stunden, 800 Stunden, 900 Stunden, 1000 Stunden, 1100 Stunden oder 1200 Stunden) bei Temperaturen im Bereich von etwa 100°C bis etwa 250°C und in einigen Ausführungen von etwa 100°C bis etwa 200°C (z. B. 100°C, 125°C, 150°C, 175°C oder 200°C) beibehalten werden.

[0039] Die vorliegende Erfindung kann besser verstanden werden, wenn auf die folgenden Beispiele Bezug genommen wird.

Testverfahren

Äquivalenter Serienwiderstand (ESR) und Kapazität:

[0040] Der äquivalente Serienwiderstand und die Kapazität wurden unter Verwendung eines LCR-Messgeräts Agilent 4284A mit 2 Volt Vorspannung und einem Wechselspannungssignal gemessen. Die Betriebsfrequenz betrug 120 Hz.

Leckstrom:

[0041] Der Leckstrom („DCL“) wurde mit einem Leckstrom-Testset MC 190 von Mantracourt Electronics LTD (UK) gemessen. Der Test mit dem MC 190 maß den Leckstrom bei einer Nennspannung von 10 V nach 30 Sekunden.

BEISPIEL 1

[0042] 70,000 µFV/g Tantalpulver (HC Starck) wurden zu Presslingen gepresst. Die anodische Oxidation wurde dann in einer wässrigen Lösung ausgeführt, die Phosphorsäure enthielt. Die Spannung wurde so gewählt, dass eine Kapazität von 33 µF bei einer Nennspannung von 10,0 V erzielt werden sollte. Nach der anodischen Oxidation wurden die Presslinge in herkömmlichen Verfahren, die in der Technik bekannt sind, mit einer leitfähigen Polymerschicht (PEDT), einer Graphitbeschichtung und einer Silberbeschichtung versehen. Der Kondensatorkörper hatte eine Größe von 2,44 mm × 1,78 mm × 0,68 mm.

[0043] Ein Keramikbehälter wurde auch bei Kyocera America, Inc. aus San Diego, Kalifornien unter der Bezeichnung „Cap Pak“ bezogen. Zum Befestigen des Tantalkondensators innerhalb des Keramikbehälters wurde ein mit Silber angereicherter Epoxidkleber (Thermoset K 611-14, Lord Corporation) verwendet. Zuerst wurde der Anschlussdraht (Tantal) des Kondensators an eine Leiterbahn innerhalb des Behälters geklebt; dann wurde ein Teil des Kondensators an eine weitere Leiterbahn geklebt. Die resultierende Anordnung wurde in einem auf 85°C eingestellten Umluftofen 45 Minuten lang erwärmt, um den Kleber auszuhärten. Um sicherzustellen, dass die Verklebungen fest waren, wurden auch 0,01 Gramm zusätzlichen Epoxidklebers (Henkel-Loctite) aufgebracht. Dieser zusätzliche Kleber wurde dann bei Raumtemperatur 60 Minuten lang ausgehärtet. Ein Metalldeckel aus Kovar® wurde bereitgestellt und so bearbeitet, dass er gut zur Größe des Keramikbehälters passte. Nach dem Aushärten der Kleber wurde der Deckel auf die Oberseite des Behälters gesetzt, sodass kein direkter Kontakt zwischen der Innenfläche des Deckels und der Außenfläche des befestigten Kondensators bestand. Die resultierende Anordnung wurde dann in eine Schweißkammer gesetzt und 120 Minuten lang mit Stickstoffgas gespült, bevor Nahtschweißen bei 60°C durchgeführt wurde. Nach

dem Nahtschweißen wurde kein Einbrennen oder Ausheilen durchgeführt.

[0044] Nach dem Formieren wurden die Teile einem Dauertest in Luft bei 150°C ausgesetzt. Wöchentlich wurden der Leckstrom (DCL), der äquivalente Serienwiderstand (ESR) und die Kapazität der Teile bei Raumtemperatur (23°C ± 2°C) bestimmt, um zu überprüfen, ob das Teil eine Verschlechterung aufwies. Die Ergebnisse sind in [Fig. 2–Fig. 4](#) dargestellt. Wie gezeigt, traten innerhalb der ersten 100 Stunden einige abrupte Veränderungen auf; dann stabilisierten sich die Leistungsdaten über fast 1200 Stunden. Die Veränderungen innerhalb der ersten 100 Stunden können möglicherweise auf thermisches Ausheilen des Tantalpentoxid-Dielektrikums zurückzuführen sein. Bemerkenswerterweise zeigt nur 1 von 9 Mustern einen irregulären ESR von etwa 6,0 Ω nach 1200 Stunden; es wird angenommen, dass dies auf schlechte Befestigung des Kondensators zurückzuführen war. Es wurde keine signifikante Veränderung der Kapazität festgestellt. Der Leckstrom („DCL“) zeigte ein sehr flaches Plateau und einen Bereich zwischen 3,0 und 16,0 µA nach 1200 Stunden, was normal war, weil der gemessene DCL nicht den eingeschwingenen Leckstrom erreicht hatte.

BEISPIEL 2

[0045] Es wurden Kondensatoranordnungen wie in Beispiel 1 beschrieben hergestellt, abgesehen davon, dass die Teile Luft bei 175°C ausgesetzt wurden. Das Prüfen wurde wöchentlich durchgeführt, wie in Beispiel 1 beschrieben. Die Ergebnisse sind in [Fig. 5–Fig. 7](#) gezeigt. Ähnlich wie bei Beispiel 1 wurde keine signifikante Verschlechterung gefunden.

BEISPIEL 3

[0046] Es wurden Kondensatoranordnungen wie in Beispiel 1 beschrieben hergestellt, abgesehen davon, dass die Teile Luft bei 200°C ausgesetzt wurden. Das Prüfen wurde wöchentlich durchgeführt, wie in Beispiel 1 beschrieben. Die Ergebnisse sind in [Fig. 8–Fig. 10](#) gezeigt. Ähnlich wie bei Beispiel 1 wurde keine signifikante Verschlechterung gefunden.

BEISPIEL 4

[0047] Es wurden Kondensatoranordnungen wie in Beispiel 1 beschrieben hergestellt, abgesehen davon, dass die Teile Luft bei 175°C und einer angelegten Spannung von 6,0 Volt ausgesetzt wurden. Das Prüfen wurde wöchentlich durchgeführt, wie in Beispiel 1 beschrieben. Die Ergebnisse sind in [Fig. 11–Fig. 13](#) dargestellt. [Fig. 11](#) zeigte eine Steigerung des DCL, was nicht überraschte, weil Tantalpentoxid ein immanentes thermisches Stabilitätsproblem aufgrund von Migration von Sauerstoff zum Tantalsubstrat hat. Im Ergebnis wird das Dielektrikum

dünnere, was die Migrationen von Punktdefekten innerhalb des Dielektrikums bei hoher Feldstärke erleichtert. Wie in [Fig. 13](#) gezeigt, wurde keine signifikante Erhöhung des ESR gefunden. Der ESR variierte während der ersten 900 Stunden um 2,0 Ω. Die Kapazität erhöhte sich anfangs um einen kleinen Betrag und verringerte sich mit einer geringen Tendenz. Bezüglich der Anfangskapazität veränderte sich die Kapazität nach 900 Stunden um -0,5%.

VERGLEICHBSBEISPIEL 1

[0048] Es wurden Tantalkondensatoren wie in Beispiel 1 getestet, ohne dass sie in einen Keramikbehälter gesetzt wurden. Die Ergebnisse sind in [Fig. 14–Fig. 16](#) dargestellt, die eine schnelle Verschlechterung des leitfähigen Polymers zeigen.

[0049] 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 Ausführungen 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, wie sie 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 5457862 [\[0001, 0025\]](#)
- US 5473503 [\[0001, 0025\]](#)
- US 5729428 [\[0001, 0025\]](#)
- US 5812367 [\[0001, 0025\]](#)
- US 6322912 [\[0016, 0019\]](#)
- US 6391275 [\[0016\]](#)
- US 6416730 [\[0016\]](#)
- US 6527937 [\[0016\]](#)
- US 6576099 [\[0016\]](#)
- US 6592740 [\[0016\]](#)
- US 6639787 [\[0016\]](#)
- US 7220397 [\[0016\]](#)
- US 6197252 [\[0019\]](#)
- US 4085435 [\[0019\]](#)
- US 4945452 [\[0019\]](#)
- US 5198968 [\[0019\]](#)
- US 5357399 [\[0019\]](#)
- US 5394295 [\[0019\]](#)
- US 5495386 [\[0019\]](#)
- US 6191936 [\[0020\]](#)
- US 5949639 [\[0020\]](#)
- US 3345545 [\[0020\]](#)
- US 6674635 [\[0024\]](#)
- US 5314606 [\[0034\]](#)
- US 7304832 [\[0034\]](#)

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- (B. E. T.) nach Braunauer, Emmet und Teller, Journal of American Chemical Society, Bd. 60, 1938, S. 309 [\[0017\]](#)

Patentansprüche

1. Kondensatoranordnung, die folgendes umfasst:

einen Elektrolytkondensator, der eine Anode, eine dielektrische Schicht, die die Anode überzieht, sowie eine Katode umfasst, die die dielektrische Schicht überzieht, wobei die Katode ein leitfähiges Polymer enthält;
ein Keramikgehäuse, in dem der Elektrolytkondensator eingeschlossen und hermetisch abgedichtet ist, wobei das Keramikgehäuse einen inneren Hohlraum bildet, der eine gasförmige Atmosphäre besitzt, die ein inertes Gas enthält;
einen Kathodenanschluss, der elektrisch mit der Katode verbunden und außerhalb des Keramikgehäuses angeordnet ist; und
einen Anodenanschluss, der elektrisch mit der Anode verbunden und außerhalb des Keramikgehäuses angeordnet ist.

2. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei die Anode aus einer Ventilmetalzzusammensetzung ausgebildet ist.

3. Kondensatoranordnung nach Anspruch 2, wobei die Ventilmetalzzusammensetzung Tantal enthält.

4. Kondensatoranordnung nach Anspruch 2, wobei die Ventilmetalzzusammensetzung Niobiumoxid enthält.

5. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei ein Anodenleitungsdraht von der Anode ausgeht und der Anodenleitungsdraht elektrisch mit dem Anodenanschluss verbunden ist.

6. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei das leitfähige Polymer Poly(3,4-Ethylendioxid-Thiophen) oder ein Derivat davon enthält.

7. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei das inerte Gas Stickstoff, Helium, Argon, Xenon, Neon, Krypton, Radon oder Kombinationen davon enthält.

8. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei inerte Gase ungefähr 50 Gew.-% bis 100 Gew.-% der gasförmigen Atmosphäre ausmachen.

9. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei inerte Gase ungefähr 75 Gew.-% bis 100 Gew.-% der gasförmigen Atmosphäre ausmachen.

10. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei Sauerstoff weniger als ungefähr 1 Gew.-% der gasförmigen Atmosphäre ausmacht.

11. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei eine erste Leiterbahn und eine zweite Leiter-

bahn auf einer Innenfläche des Keramikgehäuses und in elektrischem Kontakt mit dem Anodenanschluss bzw. dem Katodenanschluss ausgebildet werden, wobei die Anode in elektrischem Kontakt mit der ersten Leiterbahn und die Katode in elektrischem Kontakt mit der zweiten Leiterbahn ist.

12. Kondensatoranordnung nach Anspruch 11, wobei ein leitfähiger Kleber die erste Leiterbahn mit der Anode elektrisch verbindet.

13. Kondensatoranordnung nach Anspruch 11, wobei ein leitfähiger Kleber die zweite Leiterbahn mit der Katode elektrisch verbindet.

14. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei das Keramikgehäuse ein Sperrglied enthält, das ein reflexionsarmes Material enthält.

15. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei die Anordnung nach der Alterung bei 150°C über 1000 Stunden einen äquivalenten Serienwiderstand von ungefähr 50 Ohm oder weniger aufweist, gemessen bei einer Betriebsfrequenz von 120 Hz.

16. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei die Anordnung nach der Alterung bei 150°C über 1000 Stunden einen äquivalenten Serienwiderstand von ungefähr 0,01 Ohm bis ungefähr 10 Ohm aufweist, gemessen bei einer Betriebsfrequenz von 120 Hz.

17. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei die Anordnung nach der Alterung bei 175°C über 700 Stunden einen äquivalenten Serienwiderstand von ungefähr 50 Ohm oder weniger aufweist, gemessen bei einer Betriebsfrequenz von 120 Hz.

18. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei die Anordnung nach der Alterung bei 150°C über 1000 Stunden einen normierten Leckstrom von ungefähr 0,1 $\mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$ oder weniger aufweist.

19. Kondensatoranordnung nach Anspruch 1, wobei die Anordnung nach der Alterung bei 175°C über 700 Stunden einen normierten Leckstrom von ungefähr 0,1 $\mu\text{A}/\mu\text{F}\cdot\text{V}$ oder weniger aufweist.

20. Verfahren zur Herstellung einer Kondensatoranordnung, wobei das Verfahren folgendes umfasst:

Bereitstellung eines Elektrolytkondensators, der eine Anode, eine dielektrische Schicht, die die Anode überzieht, und eine Katode umfasst, die die dielektrische Schicht überzieht, wobei die Katode ein leitfähiges Polymer enthält und sich ein Anoden-Anschlussdraht von der Anode erstreckt;
Positionierung des Elektrolytkondensators innerhalb eines Keramikgehäuses;
elektrisches Verbinden der Katode mit einem Katho-

denanschluss;
elektrisches Verbinden des Anodendrahtes mit einem Anodenanschluss;
Setzen eines Deckels auf das Keramikgehäuse; und hermetisches Abdichten des Deckels gegenüber dem Keramikgehäuse in Gegenwart einer gasförmigen Atmosphäre, die ein inertes Gas enthält.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die Anode Tantal oder Niobiumoxid enthält.

22. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das leitfähige Polymer Poly(3,4-Ethylendioxyd-Thiophen) oder ein Derivat davon enthält.

23. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das inerte Gas Stickstoff, Helium, Argon, Xenon, Neon, Krypton, Radon oder Kombinationen davon enthält.

24. Verfahren nach Anspruch 20, wobei inerte Gase ungefähr 50 Gew.-% bis 100 Gew.-% der gasförmigen Atmosphäre ausmachen.

25. Verfahren nach Anspruch 20, wobei inerte Gase ungefähr 75 Gew.-% bis 100 Gew.-% der gasförmigen Atmosphäre ausmachen.

26. Verfahren nach Anspruch 20, wobei eine erste Leiterbahn und eine zweite Leiterbahn auf einer Innenfläche des Keramikgehäuses und in elektrischem Kontakt mit dem Anodenanschluss bzw. dem Katenanschluss angebracht werden, wobei die Anode elektrisch mit der ersten Leiterbahn und die Katode elektrisch mit der zweiten Leiterbahn verbunden wird.

27. Verfahren nach Anspruch 26, wobei ein leitfähiger Kleber die erste Leiterbahn mit der Anode elektrisch verbindet.

28. Verfahren nach Anspruch 20, wobei ein leitfähiger Kleber die zweite Leiterbahn mit der Katode elektrisch verbindet.

29. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Deckel an das Keramikgehäuse geschweißt oder gelötet wird.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

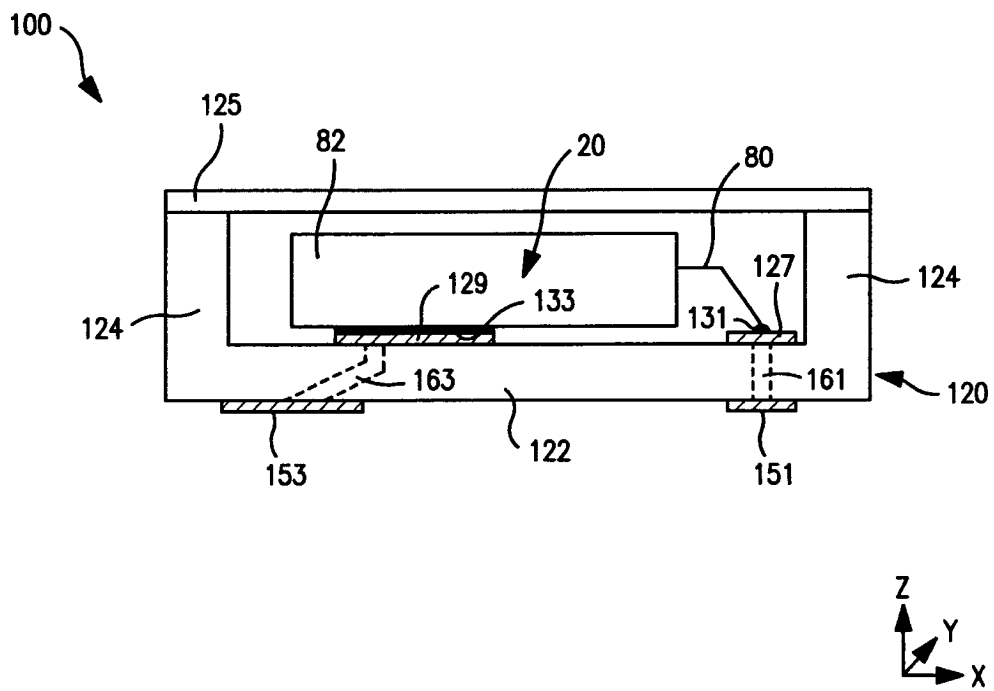


FIG. 1

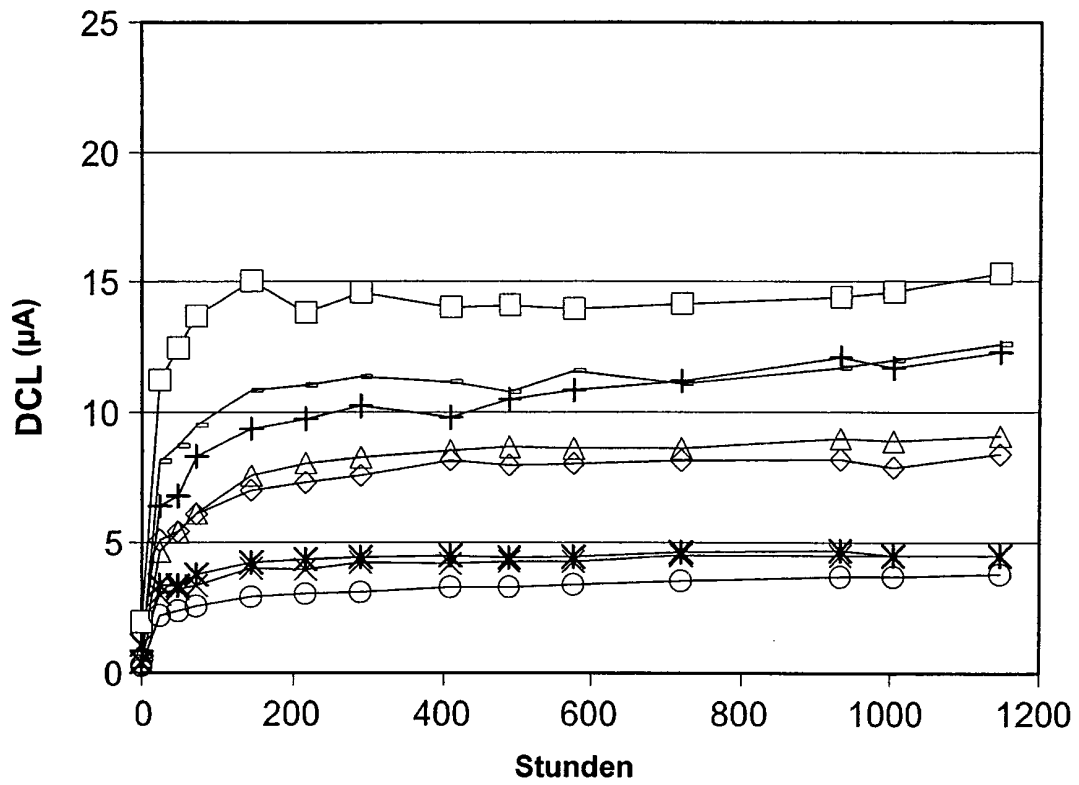


FIG. 2

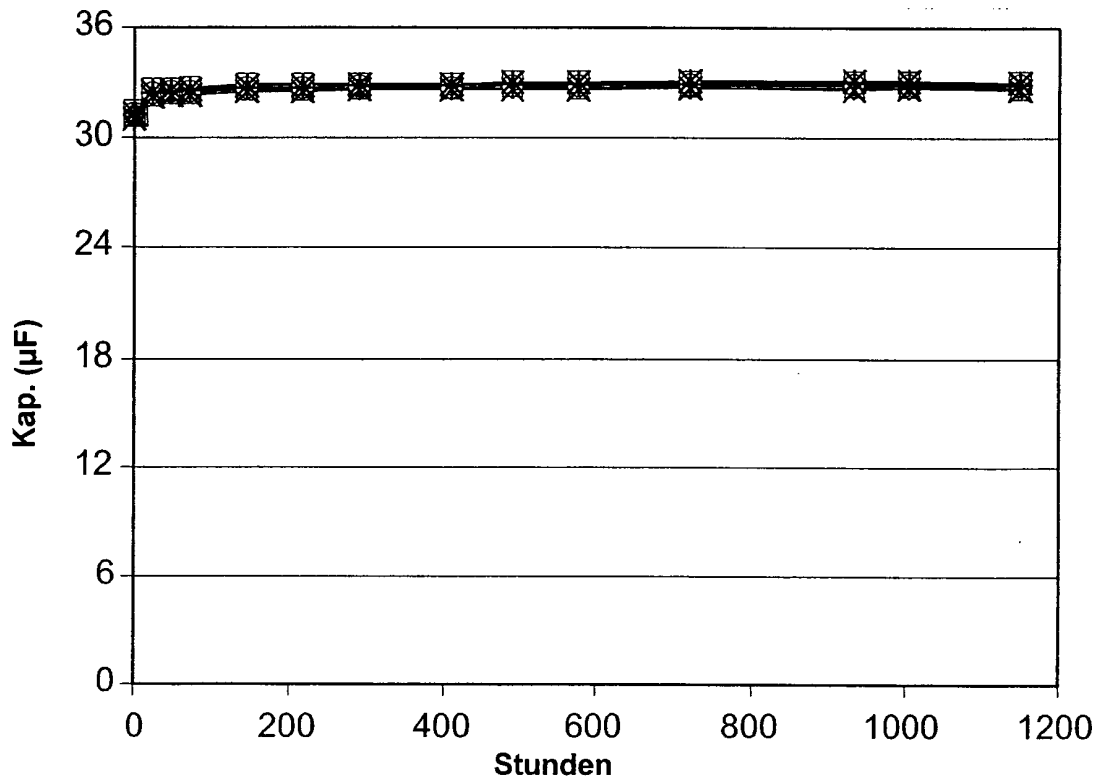


FIG. 3

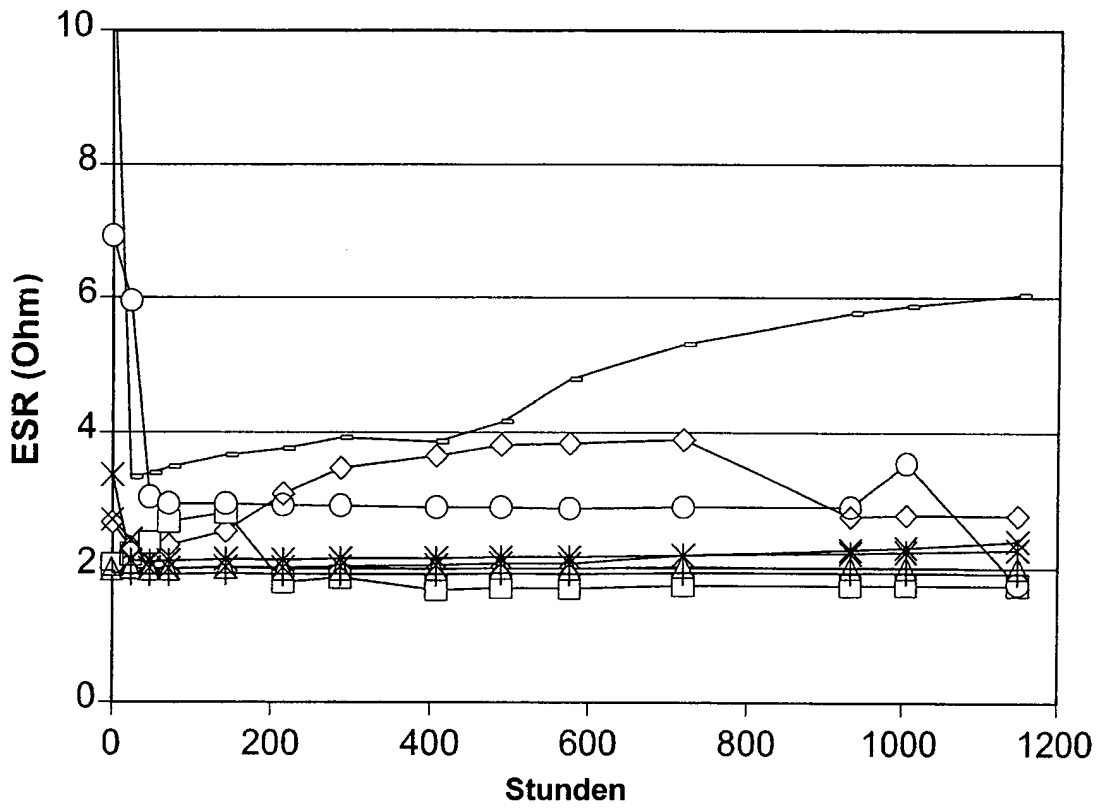


FIG. 4

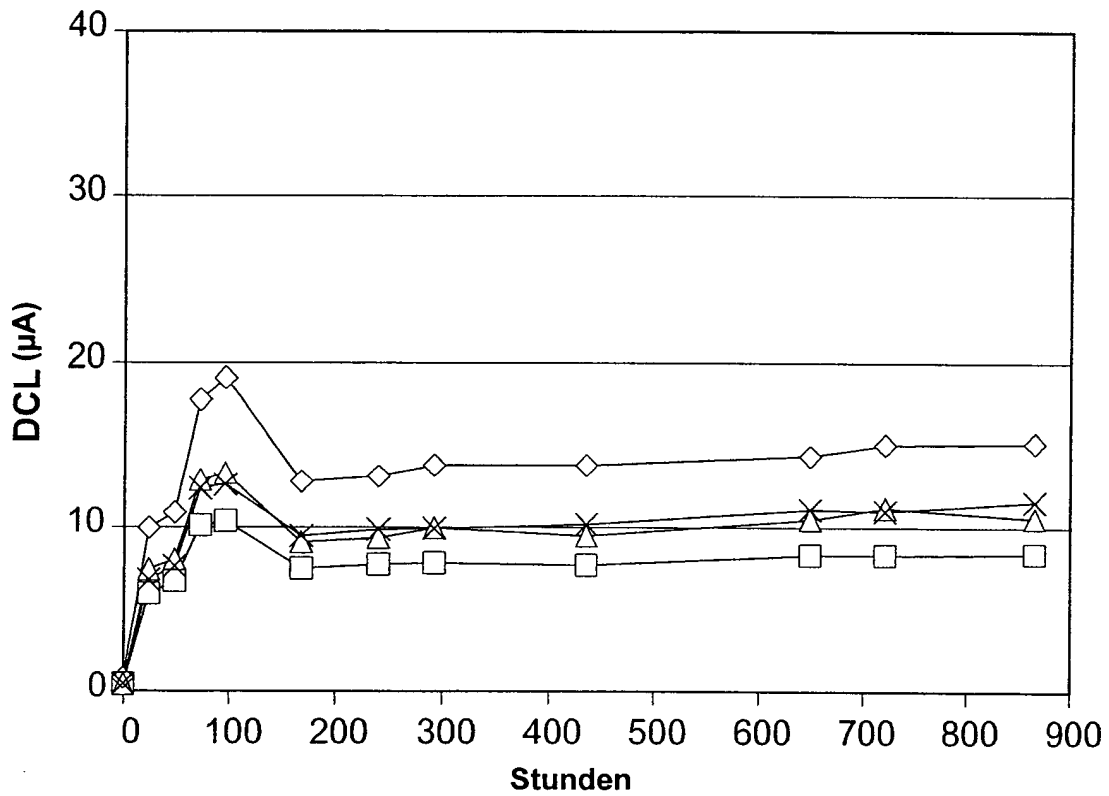


FIG. 5

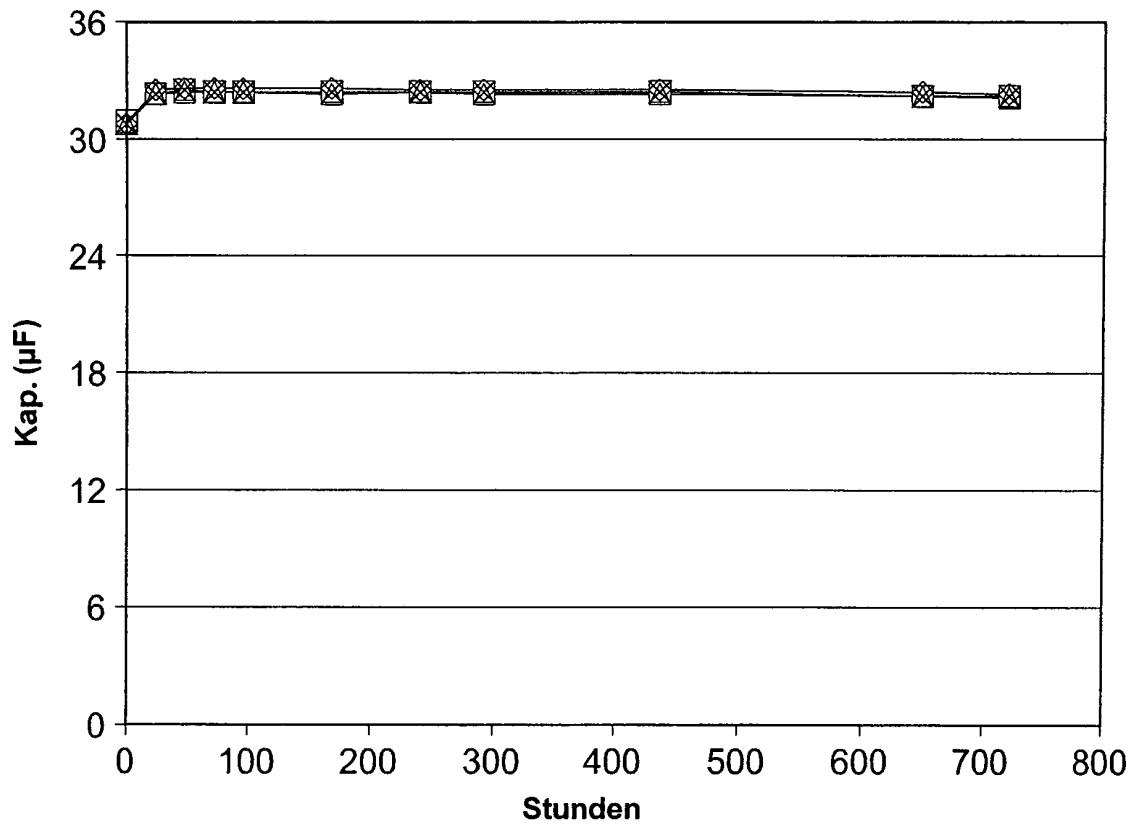


FIG. 6

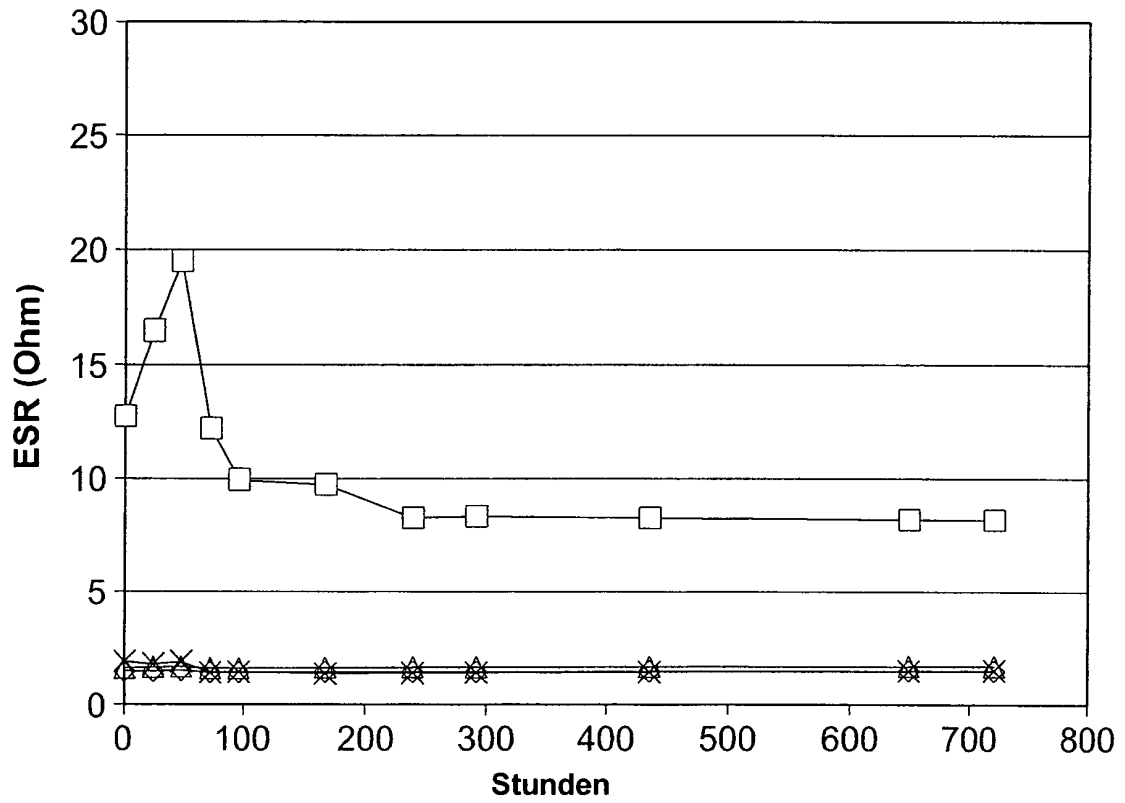


FIG. 7

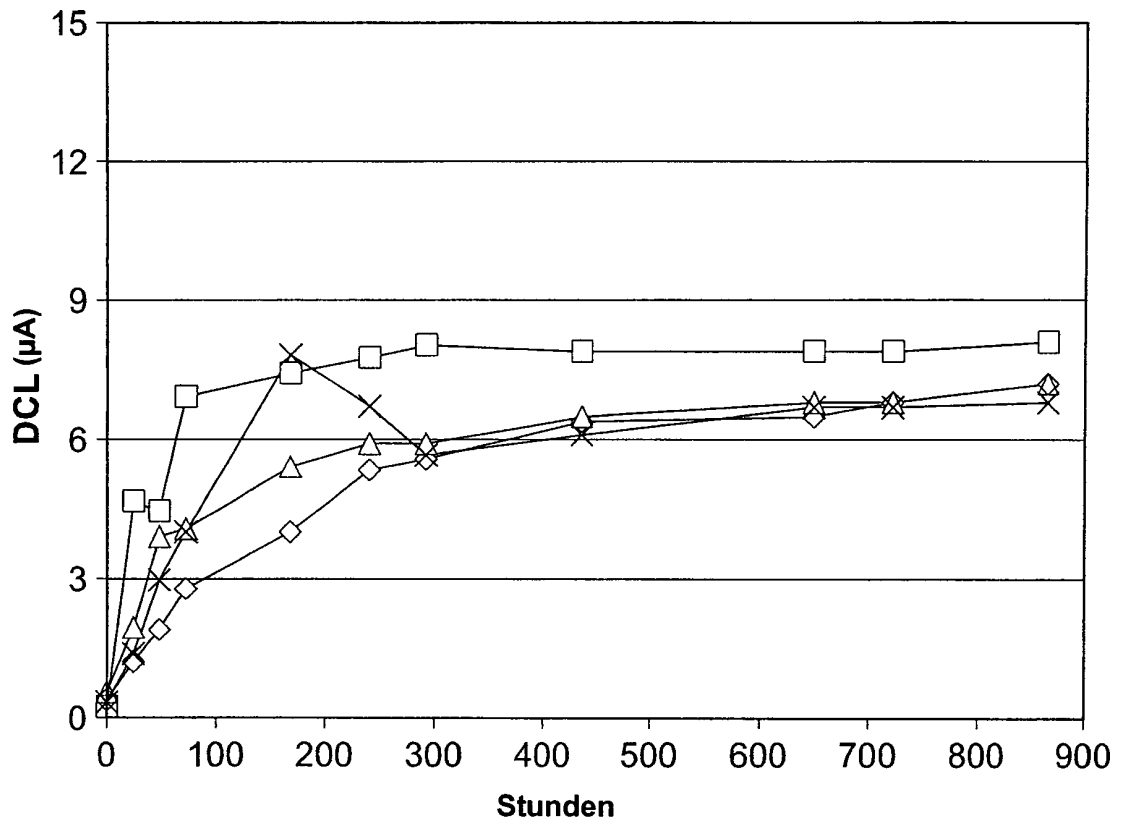


FIG. 8

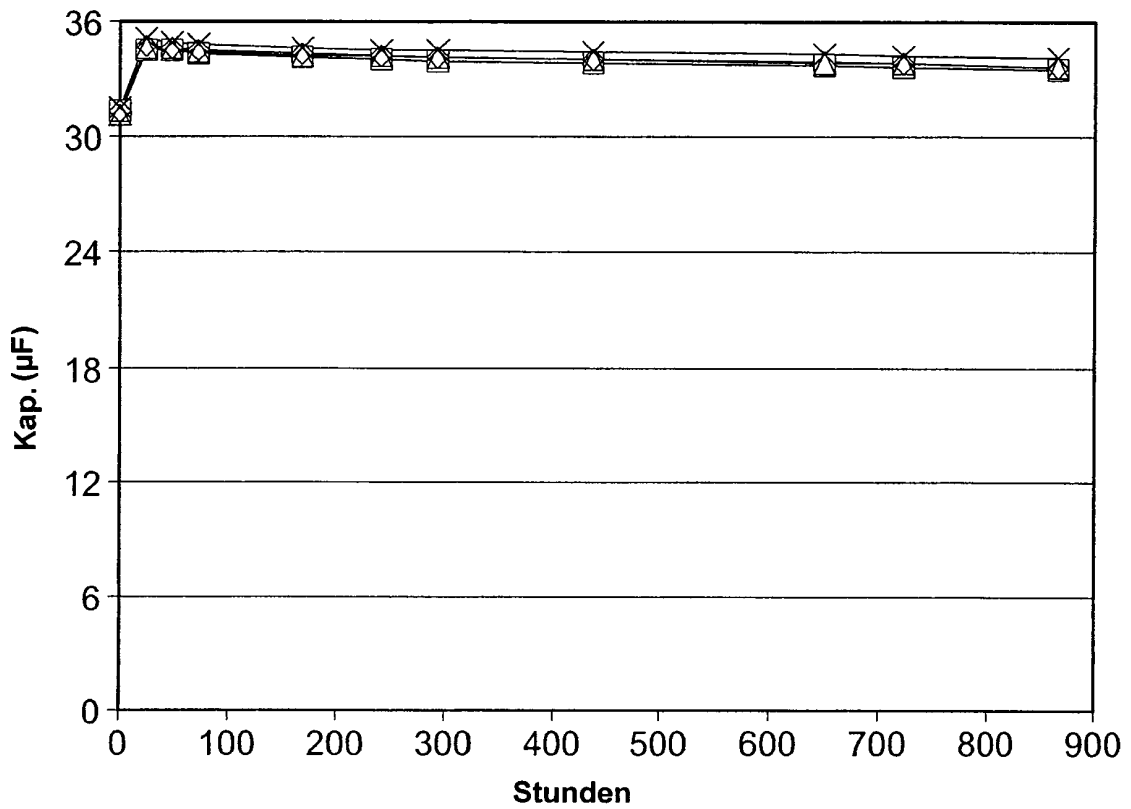


FIG. 9

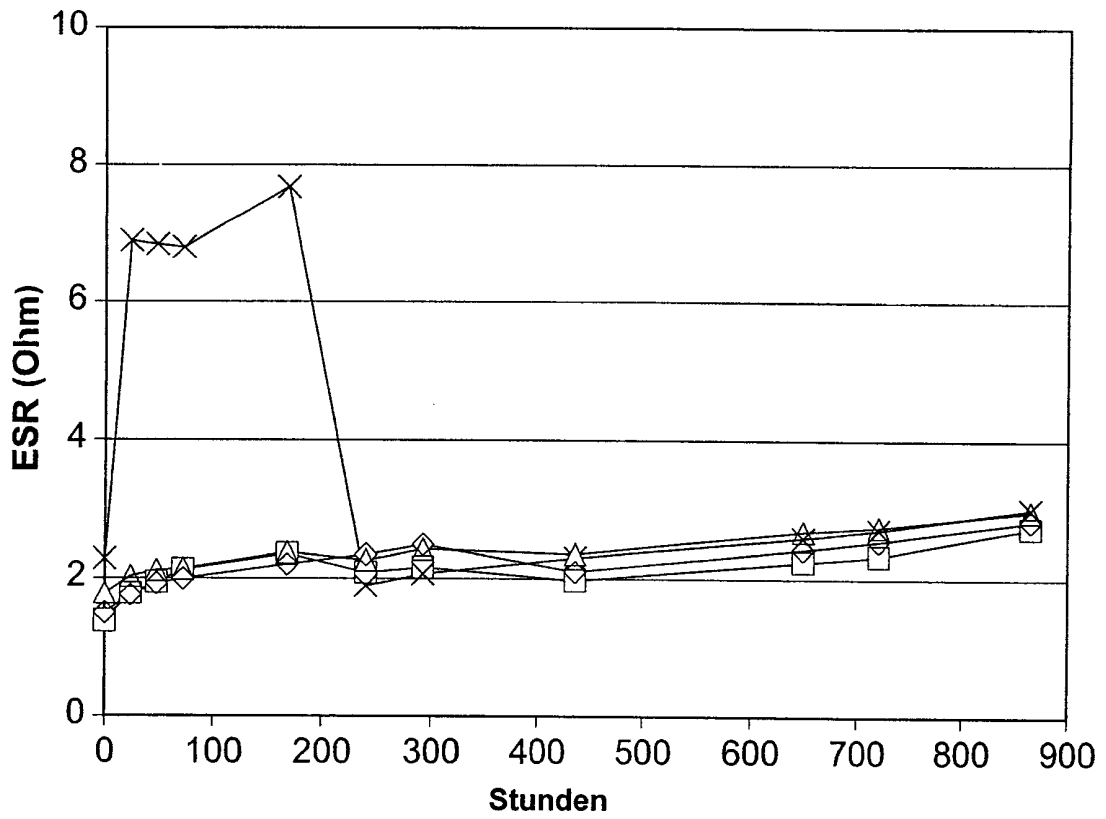


FIG. 10

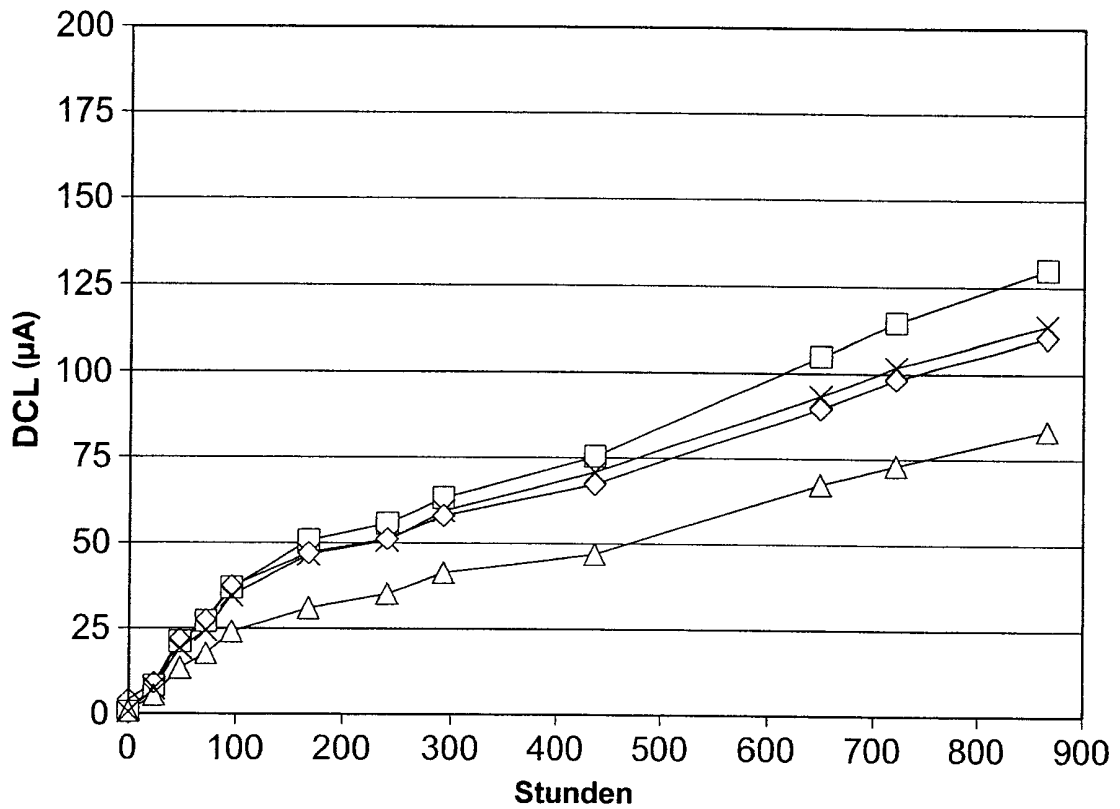


FIG. 11

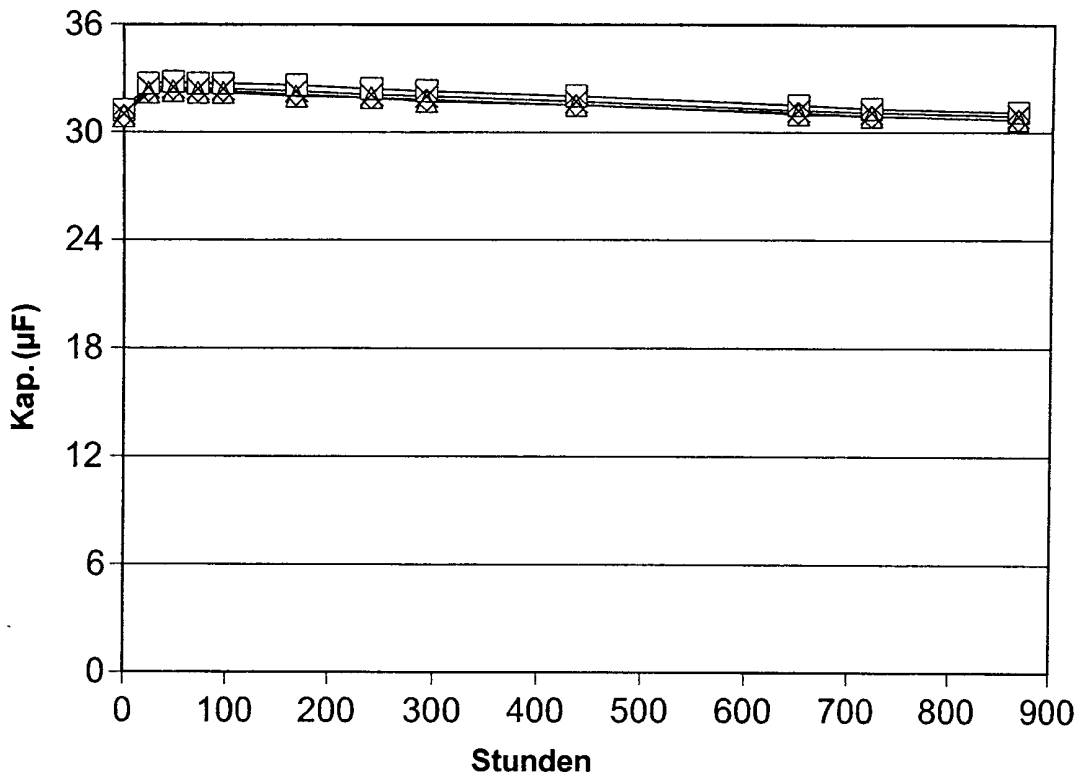


FIG. 12

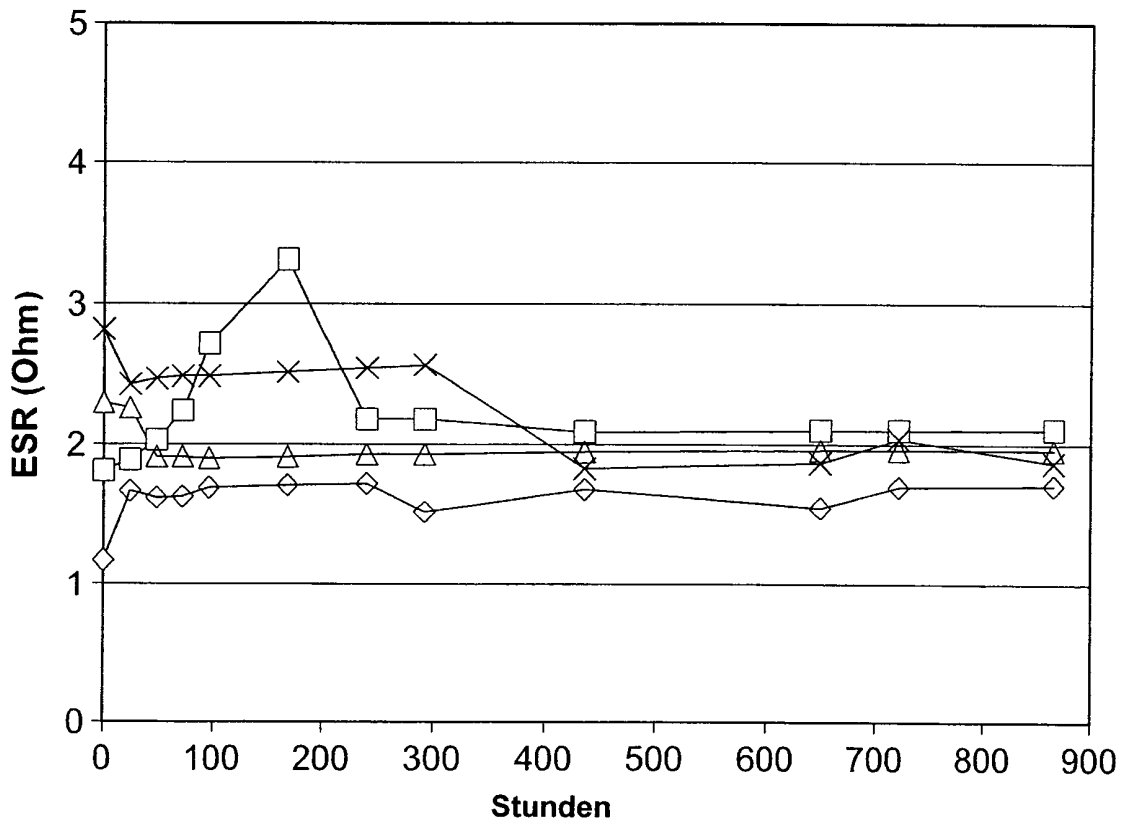


FIG. 13

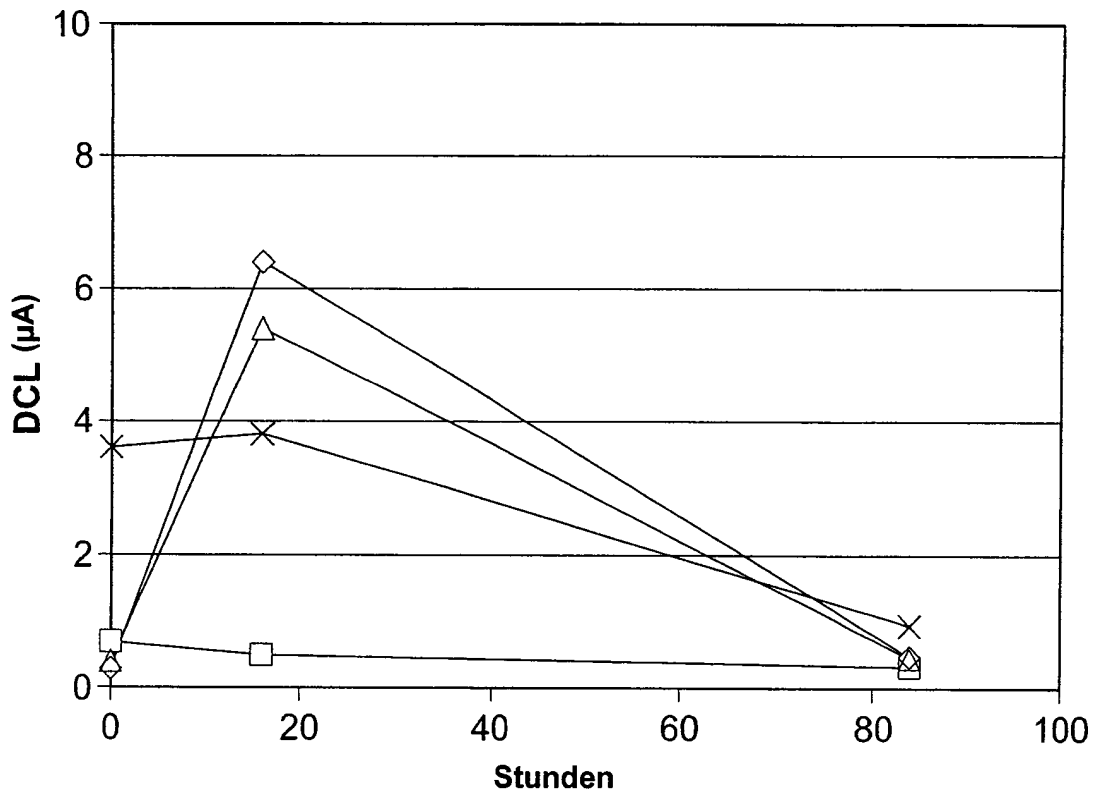


FIG. 14

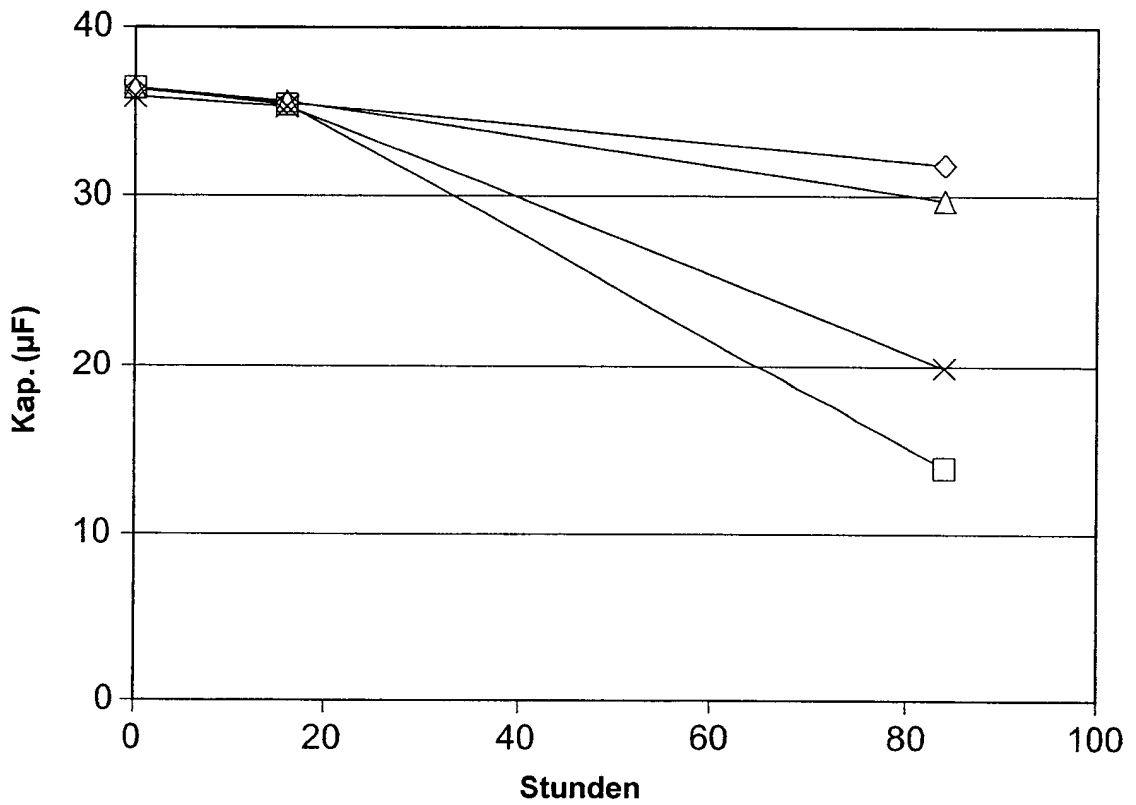


FIG. 15

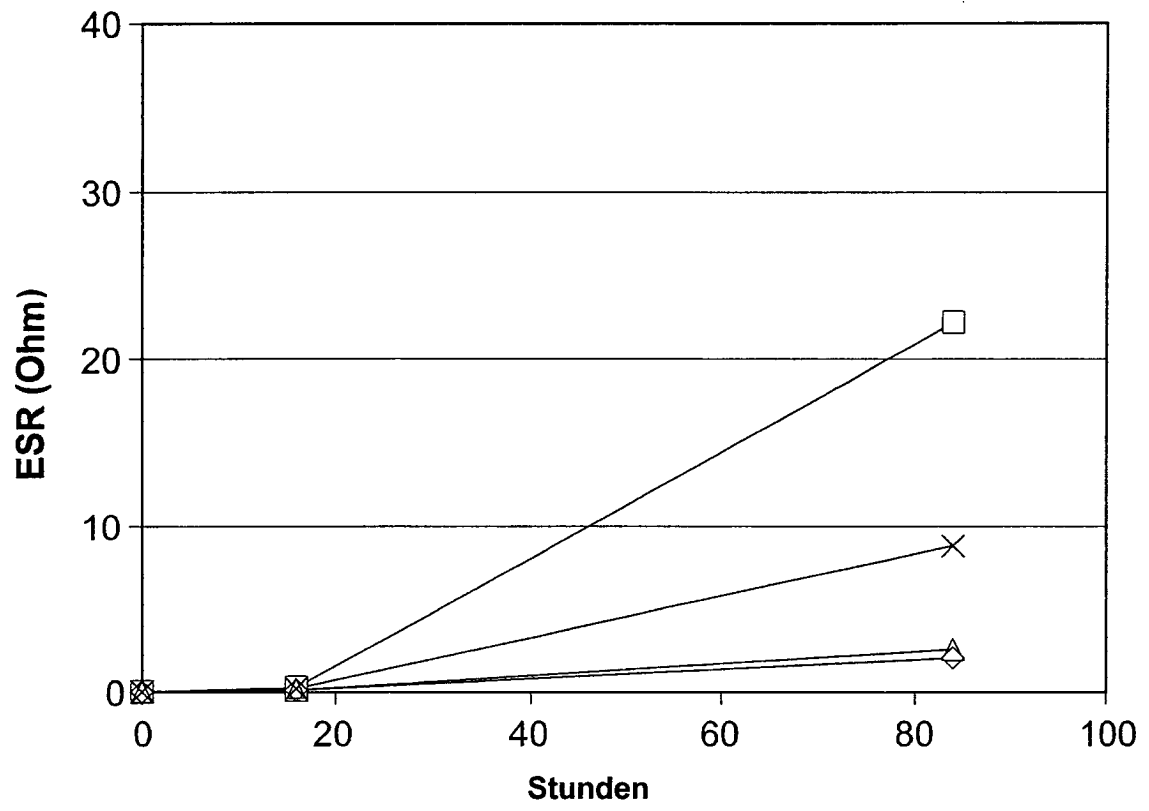


FIG. 16