



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 28 362 T2 2008.01.10

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 307 893 B1

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01G 9/055 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 28 362.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/19732**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 946 590.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/003404**

(86) PCT-Anmeldetag: **21.06.2001**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **10.01.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.05.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **09.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.01.2008**

(30) Unionspriorität:

**607830 30.06.2000 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

**Metronic, Inc., Minneapolis, Minn., US**

(72) Erfinder:

**YAN, Jenn-Feng, Maple Grove, MN 55311, US; UNTEREKER, Darrel F., Cedar, MN 55011, US**

(74) Vertreter:

**Hössle Kudlek & Partner, Patentanwälte, 70173 Stuttgart**

(54) Bezeichnung: **Implantierbare medizinische Vorrichtung mit spezialisierten Anodenlagen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung****GEBIET DER ERFINDUNG**

**[0001]** Diese Erfindung betrifft implantierbare medizinische Vorrichtungen (IMD) und ihre verschiedenen Komponenten, einschließlich flacher Elektrolytkondensatoren für diese, und Verfahren zur Herstellung und Verwendung von diesen, insbesondere solcher Kondensatoren, die aus mehreren gestapelten Kondensatorschichten bestehen, die jeweils Anoden schichten aufweisen, die aus einer oder mehreren teilweise durchgeätzten und mit Durchgangslöchern punktierten Anodenlagen gebildet sind.

**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0002]** Wie in dem auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragenen US-Patent US-A-6 006 133 beschrieben ist, ist eine große Vielzahl von IMD auf dem Fachgebiet bekannt. Von besonderem Interesse sind implantierbare Kardioverter-Defibrillatoren (ICD), die verhältnismäßig hochenergetische Kardioversions- und/oder Defibrillationsschocks an das Herz eines Patienten abgeben, wenn eine maligne Tachyarrhythmie, beispielsweise eine atriale oder ventrikuläre Fibrillation, erkannt wurde. Gegenwärtige ICD besitzen typischerweise Einzel- oder Doppelkammer-Stimulationsfähigkeiten zur Behandlung einer spezifizierten chronischen oder episodischen atrialen und/oder ventrikulären Bradykardie und Tachykardie, und sie wurden bisher als Schrittmacher/Kardioverter/Defibrillatoren (PCD) bezeichnet. Früher entwickelte automatische implantierbare Defibrillatoren (AID) wiesen keine Kardioversions- oder Stimulationsfähigkeiten auf. Für die Zwecke der vorliegenden Erfindung sollen ICD alle IMD einschließen, die zumindest Hochspannungs-Kardioversions- und/oder Defibrillationsfähigkeiten aufweisen.

**[0003]** Energie, Volumen, Dicke und Masse sind kritische Merkmale beim Entwurf von implantierbaren ICD-Impulsgeneratoren (IPG), die mit den ICD-Leistungen gekoppelt sind. Die Batterie bzw. die Batterien und der Hochspannungskondensator bzw. die Hochspannungskondensatoren, die zum Bereitstellen und Ansammeln der für die Kardioversions-/Defibrillationsschocks erforderlichen Energie verwendet werden, waren bisher verhältnismäßig sperrig und kostspielig. Gegenwärtig haben ICD-IPG typischerweise ein Volumen von etwa 40 bis etwa 60 cm<sup>3</sup>, eine Dicke von etwa 13 mm bis etwa 16 mm und eine Masse von etwa 100 Gramm.

**[0004]** Es ist wünschenswert, das Volumen, die Dicke und die Masse dieser Kondensatoren und ICD-IPG zu verringern, ohne die abgabare Energie zu verringern. Dies ist vorteilhaft für den Komfort des Patienten und minimiert Komplikationen infolge einer Gewebeerosion um den ICD-IPG. Größenverring-

ungen der Kondensatoren können auch das ausgeglichene Hinzufügen von Volumen zur Batterie, wodurch die Langlebigkeit des ICD-IPGs erhöht wird, oder das ausgeglichene Hinzufügen neuer Komponenten, wodurch die Funktionalität des ICD-IPGs erweitert wird, ermöglichen. Es ist auch wünschenswert, solche ICD-IPG zu niedrigen Kosten bereitzustellen, während das höchste Niveau an Funktionsfähigkeit aufrechterhalten wird. Gleichzeitig kann die Zuverlässigkeit der Kondensatoren nicht aufs Spiel gesetzt werden.

**[0005]** Verschiedene Typen flacher und spiralförmig gewickelter Kondensatoren sind auf dem Fachgebiet bekannt, wobei einige Beispiele von diesen nachfolgend beschrieben werden und/oder den Patenten entnommen werden können, die in Tabelle 1 des vorstehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragenen Patents mit der Endnummer 133 aufgelistet sind. Typischerweise wird ein Elektrolytkondensator mit einem Kondensatorgehäuse gebildet, das eine geätzte Aluminiumanoden schicht (oder "Elektrode"), eine Aluminiumkathoden schicht (oder "Elektrode") und ein Kraftpapier oder einen Trenner aus Kraftpapier oder Stoffgaze, das oder der mit einem lösungsmittelbasierten flüssigen Elektrolyten imprägniert ist, zwischenstehend einschließt. Eine Schicht aus Aluminiumoxid, die als eine dielektrische Schicht wirkt, wird, vorzugsweise während des Durchgangs elektrischen Stroms durch die Anoden schicht, auf der geätzten Aluminiumanode gebildet. Der Elektrolyt weist ein Ionen erzeugendes Salz auf, das in einem Lösungsmittel gelöst ist und eine elek trische Ionenleitfähigkeit zwischen der Kathoden schicht und der dielektrischen Aluminiumoxidschicht bereitstellt. Die Energie des Kondensators wird in dem durch entgegengesetzte elektrische Ladungen, die durch die an der Oberfläche der Anoden schicht angeordnete Aluminiumoxidschicht getrennt werden, erzeugten elektromagnetischen Feld gespeichert und ist proportional zur Oberfläche der geätzten Alu minumanodenschicht. Zum Minimieren des Gesamt volumens des Kondensators muss demgemäß die Anodenoberfläche je Volumeneinheit maximiert werden, ohne die Gesamtabmessungen (d.h. die äußeren Abmessungen) des Kondensators zu erhöhen. Das Trennmateriel, die Anoden- und Kathoden schichtanschlüsse, die innere Verpackung, die elek trischen Verbindungen und Ausrichtungsmerkmale und das Kathodenmaterial erhöhen weiter die Dicke und das Volumen eines Kondensators. Folglich begrenzen diese und andere Bauteile in einem Konden sator und die gewünschte Kapazitätsgrenze das Ausmaß, bis zu dem seine physikalischen Abmessungen verringert werden können.

**[0006]** Einige ICD-IPG verwenden im Handel erhältliche Photoblitzkondensatoren ähnlich jenen, die von Troup in "Implantable Cardioverters and Defibrilla tors", Current Problems in Cardiology, Band XIV,

Nummer 12, Dezember 1989, Year Book Medical Publishers, Chicago beschrieben sind, und wie in US-A-4 254 775 beschrieben ist. Die Elektroden oder die Anode und die Kathoden werden zu Anoden- und Kathodenschichten gewickelt, die durch Trennschichten der Spirale getrennt sind. Die meisten im Handel erhältlichen Photoblitzkondensatoren enthalten einen Kern aus Trennpapier, der dafür vorgesehen ist, das Brechen spröder, stark geätzter Aluminiumanodenfolien während des Wickelns der Anoden-, der Kathoden- und der Trennschichten zu einer spulenförmigen Konfiguration zu verhindern. Die zylindrische Form und der Papierkern im Handel erhältlicher Photoblitzkondensatoren begrenzen die volumetrische Packungswirksamkeit und die Dicke eines unter ihrer Verwendung hergestellten ICD-IPG-Gehäuses.

**[0007]** Flache Elektrolytkondensatoren wurden im Stand der Technik auch für allgemeine Anwendungen sowie für die Verwendung in ICD offenbart. Später entwickelte ICD-IPG verwenden einen oder mehrere flache Hochspannungskondensatoren, um einige der Packungs- und Volumennachteile, die mit zylindrischen Photoblitzkondensatoren verbunden sind, zu überwinden. Beispielsweise ist in US-A-5 131 388 ein flacher Kondensator mit mehreren gestapelten Kondensatorschichten, die jeweils eine "Elektrodenstapelanordnung" aufweisen, offenbart. Jede Kondensatorschicht enthält eine oder mehrere Anodenlagen, welche eine Anodenschicht mit einem Anodenansatz, eine Kathodenlage oder -schicht mit einem Kathodenansatz und einen Trenner zum Trennen der Anodenschicht von der Kathodenschicht aufweisen. Im Patent mit der Endnummer 388 ist die Elektrodenstapelanordnung gestapelter Kondensatorschichten in eine nicht leitende Polymerummantelung eingeschlossen, die an ihren Nähten gedichtet ist und in eine Kammer aus einem leitfähigen Metall, ein Kondensatorgehäuse oder ein Fach des ICD-IPG-Gehäuses eingepasst ist, und elektrische Verbindungen mit der Anode bzw. den Anoden und der Kathode bzw. den Kathoden des Kondensators sind durch Durchführungen gebildet, die sich durch die Wand des Gehäuses oder Fachs erstrecken. Die Ansätze der Anodenschichten und der Kathodenschichten aller Kondensatorschichten des Stapels sind elektrisch parallel geschaltet, um einen einzigen Kondensator zu bilden, oder zur Bildung einer Anzahl von Kondensatoren gruppiert. Die Ansätze der Aluminiumanodenschicht sind zusammengefasst und elektrisch mit einem Durchführungsstift einer Anodendurchführung verbunden, die sich durch die Wand des Gehäuses oder Fachs erstreckt. Die Ansätze der Aluminiumkathodenschicht sind zusammengefasst und elektrisch mit einem Durchführungsstift einer Kathodendurchführung verbunden, die sich durch die Wand des Gehäuses oder Fachs erstreckt, oder sie sind mit der elektrisch leitenden Kondensatorgehäusewand verbunden.

**[0008]** Es wurden viele Verbesserungen am Entwurf flacher Aluminiumelektrolytkondensatoren für die Verwendung in ICD-IPG offenbart, beispielsweise jene Verbesserungen, die in "High Energy Density Capacitors for Implantable Defibrillators", vorgestellt von P. Lunsmann und D. MacFarlane in CARTS 96:16th Capacitor and Resistor Technology Symposium, 11.-15. März 1996 und CARTS-EUROPE 96:10th European Passive Components Symposium, 7.-11. Oktober 1996, S. 35-39, beschrieben wurden. Weitere Merkmale flacher Elektrolytkondensatoren zur Verwendung in ICD-IPG sind in US-A-4 942 501, US-A-5 086 374, US-A-5 146 391, US-A-5 153 820, US-A-5 562 801, US-A-5 584 890, US-A-5 628 801 und US-A-5 748 439 offenbart, die alle MacFarlane u.a. erteilt wurden.

**[0009]** Typischerweise wird die Anodenschicht jeder Kondensatorschicht unter Verwendung einer einzigen stark geätzten Anodenlage oder mehrerer solcher aus einer stark geätzten Metallfolie ausgeschnittener Anodenlagen gebildet. Eine stark geätzte Aluminiumfolie hat eine mikroskopisch konturierte, geätzte Oberfläche mit einer hohen Konzentration von Poren, die sich teilweise durch die Anodenfolie erstrecken, zusammen mit Tunneln, die sich vollständig durch die Anodenfolie erstrecken (durchgeätzt oder tunnelgeätzt) oder nur mit einer hohen Konzentration von Poren, die sich teilweise durch die Anodenfolie erstrecken (nicht durchgeätzt). In jedem Fall weist eine solche durchgeätzte oder nicht durchgeätzte Anodenlage, die aus einer solchen stark geätzten Folie ausgeschnitten ist, eine Gesamtoberfläche auf, die viel größer ist als ihre Nennoberfläche (Lange mal Breite). Ein Oberflächenkoeffizient, das Verhältnis zwischen der wahren mikroskopischen Oberfläche und der makroskopischen Nennfläche, kann einen hohen Wert von 100:1 annehmen, wodurch die Kapazität vorteilhaft erhöht wird. Durchgeätzte oder tunnelgeätzte Anodenlagen weisen infolge des Nichtvorhandenseins einer Gewebe- oder Begrenzungsfäche, die den Tunnel schließt, wie es bei nicht durchgeätzten Anodenlagen der Fall ist, ein etwas niedrigeres Verhältnis auf.

**[0010]** Nachdem die Aluminiumfolie geätzt wurde, wird die Aluminiumoxidschicht auf der geätzten Oberfläche durch Anlegen von Spannung an die Folie durch einen Elektrolyten, wie Borsäure oder Zitronensäure und Wasser oder andere Lösungen, die Fachleuten bekannt sind, geformt. Typischerweise werden einzelne Anodenlagen gestanzt, gestempelt oder auf andere Weise in einer Form aus der Folie geschnitten, bei der eine Übereinstimmung mit dem Kondensatorgehäuse nach der Bildung des Aluminiumoxids auf der Folie erzielt wird. Die Schneidkanten um die Peripherie der Anodenlagen werden sorgfältig gereinigt, um Teilchen des Anodenmaterials zu entfernen, die zwischen den Kondensatorschichten in der Elektrodenstapelanordnung eingefangen werden

können, was zu einem hohen Leckstrom oder einem Ausfall des Kondensators führen kann. Die Anoden-schichten werden entweder aus einer einzigen Anodenlage oder aus mehreren Anodenlagen gebildet. Die Kondensatorsschichten werden durch Stapeln der Anodenschicht, der Trennschichten und der Kathodenschicht zusammengesetzt, und Elektrodenstapel-anordnungen werden durch Stapeln einer Mehrzahl von Kondensatorsschichten, die durch Trennschichten getrennt sind, zusammengesetzt. Die Schneidkanten der Anoden- und Kathodenschichten und alles andre freiliegende Aluminium werden dann während des Alterungsprozesses in dem Kondensator umgeformt, um den Leckstrom zu verringern.

**[0011]** Nicht durchgeätzte Anodenlagen werden verwendet, wenn nur eine Anodenlage als die Anodenschicht verwendet wird. Zum Erhöhen der Kapazität (und der Energiedichte) werden mehrere Anodenlagen gestapelt, um die mehrlagige Anodenschicht zu bilden, wie vorstehend beschrieben wurde. Durchgeätzte oder tunnelgeätzte Anodenlagen müssen bei solchen mehrlagigen Anodenschichten verwendet werden, um zu gewährleisten, dass der Elektrolyt über alle Aluminiumoxidschichten der sandwichförmig angeordneten inneren Anodenlagen verteilt wird und um einen Weg zur ionischen Kom-munikation bereitzustellen. Der Gewinn an Oberflä-  
che ist dann jedoch nicht so hoch wie derjenige, der mit einer gleichen Anzahl gestapelter nicht durchge-ätzter Anodenlagen erreicht werden kann, die in ihrer Mitte einen restlichen festen Abschnitt aufweisen.

**[0012]** Beispielsweise ist im Patent mit der Endnum-  
mer 890 die Verwendung einer Anodenschicht offen-  
bart, die aus drei Anodenlagen gebildet ist, welche  
eine stark geätzte Lage mit einem festen Kern in der  
Mitte und zwei tunnelgeätzte Anodenlagen, welche  
die mittlere Lage sandwichförmig einschließen, um-  
fassen. Diese Anordnung soll es dem Elektrolyten  
und damit den leitenden Ionen ermöglichen, den gesamten Oberflächenbereich der Anodenschicht, so-  
gar Poren, welche von der inneren Schicht der Folie  
ausgehen, zu erreichen, wobei die Ionen jedoch gleichzeitig nicht in der Lage sind, die Anodenschicht ganz zu durchdringen. Weitere tunnelgeätzte Ano-  
denlagen können, abhängig von der gewünschten elektrischen Funktionsweise, in der sandwichförmig eingeschlossenen Anodenschicht verwendet wer-  
den.

**[0013]** Die elektrische Funktionsweise solcher Elek-  
trolytkondensatoren wird durch die Oberfläche der Anoden- und Kathodenschichten und auch durch den Widerstand, der dem Elektrolytkondensator selbst zugeordnet ist, welcher als äquivalenter Reihenwid-  
erstand (ESR) bezeichnet wird, beeinflusst. Der ESR ist ein "hypothetischer" Reihenwiderstand, der alle Energieverluste eines Elektrolytkondensators, unabhängig von der Quelle, darstellt. Der ESR führt

zu einer längeren Ladezeit (oder zu einem größeren Aufbaufaktor) und einer geringeren Entladewirksam-  
keit. Es ist daher wünschenswert, den ESR auf ein Minimum zu verringern.

**[0014]** Eines der Elemente des ESR ist der Lö-  
sungswiderstand innerhalb der Poren oder Tunnel der Anodenlagen, die während des elektrochemi-  
schen Ätzens gebildet werden, um die Kapazität der Anodenoberfläche zu vergrößern. Die Größe und die Tiefe einer Pore und die Größe eines Tunnels durch die Anodenlage hängen von dem Ätzprozess sowie dem Oxidbildungsprozess ab. Zum Minimieren des ESR sollten die Tunnel groß genug sein, damit Oxid wachsen kann, und lang genug sein, damit Ionen durch die Anodenlagen der Anodenschicht wandern können. Mit anderen Worten sollte die ideale Anodenlage Poren oder Tunnel aufweisen, welche die Di-  
cke der Lage durchsetzen und groß genug sind, da-  
mit der Elektrolyt dadurch fließen kann. In der Realität variieren die Größen der Poren und Tunnel. Schmale Tunnel können die Ionenübertragung verzögern, und die Poren, die keine durchgeätzten Tunnel sind, blockieren die Wege für die Ionenmigration.

**[0015]** Wie vorstehend erwähnt wurde, verringern die durchgeätzten Tunnel jedoch die Anodenschichtoberfläche und die Kapazität einer mit solchen Anodenschichten gebildeten Kondensatorsschicht, verglichen mit der Kapazität einer unter Verwendung einer nicht durchgeätzten Anodenschicht gebildeten äquivalenten Kondensatorsschicht. Es ist schwierig, die Ätzparameter zu steuern, um zu gewährleisten, dass eine minimale Anzahl von Tunnels mit einem ausreichend großen Querschnitt zum Minimieren des ESR erzeugt wird, um die Kapazität zu maximieren.

**[0016]** Eine große Oberfläche wird während des elektrochemischen Ätzprozesses durch Lösen von Aluminium und Bilden von Tunneln oder Löchern er-  
zeugt. Das elektrochemische Tunnelätzen ist jedoch ein "stochastischer" Prozess, der zu einer nicht kon-  
trollierbaren Tunnelstellenverteilung und verschiede-  
nen Tunnelgrößen und -längen führt. Dadurch ist die Kapazität kommerzieller Aluminiumfolien viel kleiner als jene der idealen Folie, die Tunnel, deren Lage steuerbar ist und die die gleiche Größe und Länge aufweisen, hat.

**[0017]** Zur Verwendung mehrerer Anodenfolienla-  
gen in einer "Mehranodenlagenkonfiguration" wer-  
den einige der Tunnel durchgeätzt, wodurch eine Elektrolytkommunikation auf beiden Seiten der Folie ermögli-  
cht wird. Tatsächlich ist die Dichte der durchge-ätzten Tunnel in der Praxis begrenzt, weil eine hohe Dichte durchgeätzter Tunnel bewirkt, dass die Anodenfolie oder die Anodenlagen, die aus der Folie ausgeschnitten werden, sehr brüchig sind. Die brü-  
chige Folie oder die brüchigen Lagen lassen sich bei weiteren Prozessen zur Bildung von Elektrolytkon-

densatoren nur sehr schwierig handhaben. Daher wird der ESR wegen der begrenzten Anzahl, Größe und Dichte durchgeätzter Tunnel, die sich zwischen den Folien- oder Lagenseiten erstrecken, in der Praxis nicht ausreichend verringert.

**[0018]** In WO 0019470 ist ein Prozess zur Herstellung einer Anodenschicht offenbart, bei dem beispielsweise drei Anodenfolien zusammengesetzt werden, wobei die Kernfolie geätzt wird, um entweder eine tunnelgeätzte Folie oder eine porengeätzte Folie bereitzustellen. Die Kernfolie wird sandwichförmig zwischen zwei Anodenfolien angeordnet, welche gestapelt werden, um sowohl Poren als auch Tunnel zu bilden, wobei weiter eine Mehrzahl von Durchgangslöchern durch die Foliendicke gebildet wird.

**[0019]** Es ist wünschenswert, diese Probleme zu lösen, indem eine Ionenkommunikation durch Anodenlagen bereitgestellt wird, um den ESR zu minimieren und die Oberfläche zu maximieren.

**[0020]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Prozess nach Anspruch 1 vorgesehen. Überdies ist ein Kondensator nach Anspruch 2 vorgesehen.

**[0021]** Die vorliegende Erfindung sieht Anodenschichten von Elektrolytkondensatoren vor, welche den ESR minimieren und die Oberfläche maximieren, wobei diese Kondensatoren aus einer oder mehreren gestapelten Kondensatorschichten gebildet sind, die jeweils Anodenschichten aufweisen, die aus einer oder mehreren teilweise durchgeätzten und mit Durchgangslöchern punktierten Anodenlagen gebildet sind.

**[0022]** Diese Erfindung sieht Wege für die Elektrolytübertragung durch die Bildung kleiner Durchgangslöcher durch "teilweise" durchgeätzte Anoden vor, damit der ESR verringert wird und es mehr Wege für die Migration der Ionen gibt. Die Anzahl und die Größe dieser Durchgangslöcher werden gewählt, um den ESR auf ein Minimum zu verringern, während die Oberfläche nicht unnötig verringert wird. Im Allgemeinen wird eine minimale Anzahl und Größe der Durchgangslöcher gewählt, so dass der fertige Kondensator noch die Anforderungen der Anwendung erfüllt. Die Durchgangslöcher brauchen nicht rund zu sein, dies ist jedoch eine zweckmäßige Form für die Verwendung.

**[0023]** Gemäß einer Ausführungsform, bei der mehrere Anodenlagen verwendet werden, die sandwichförmig angeordnet sind, so dass eine Anodenschicht gebildet ist, wird die innerste Anodenlage nicht durchgeätzt und nicht punktiert, um eine Barriere für die Ionenmigration oder -kommunikation durch die innerste Anodenlage zu bilden, während die äußeren Anodenlagen punktiert werden, um eine Ionenmigration und Elektrolytverteilung zu allen Anodenlagenober-

flächen zu ermöglichen.

**[0024]** Gemäß einer Ausführungsform beinhaltet ein gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellter als Beispiel dienender Elektrolytkondensator eine Elektrodenstapelanordnung und einen Elektrolyten innerhalb der inneren Gehäusekammer eines hermetisch gedichteten Kondensatorgehäuses. Die Elektrodenstapelanordnung beinhaltet eine Mehrzahl von Kondensatorschichten, die in Lageübereinstimmung aufeinander gestapelt sind, wobei jede Kondensatorschicht eine Kathodenschicht mit einem Kathodenansatz, eine Anodenschicht mit mindestens einer Anodenlage mit einem Anodenansatz und eine sich zwischen benachbarten Anoden- und Kathodenschichten befindende Trennschicht aufweist, wobei alle benachbarten Kathoden- und Anodenschichten des Stapsels durch eine Trennschicht elektrisch voneinander isoliert sind. Anodenanschlussmittel erstrecken sich zur elektrischen Verbindung einer Mehrzahl der Anodenansätze miteinander und zum Bereitstellen eines Anodenverbindungsanschlusses am Äußeren des Gehäuses durch die Seitenwand des Kondensatorgehäuses. Kathodenanschlussmittel erstrecken sich durch einen Verkapselungsbereich der Seitenwand des Kondensatorgehäuses oder zu diesem, um eine Mehrzahl von Kathodenansätzen miteinander zu verbinden und einen Kathodenverbindungsanschluss am Äußeren des Gehäuses bereitzustellen. Eine Verbinderanordnung ist elektrisch mit dem Anodenverbindungsanschluss verbunden, um eine elektrische Verbindung mit den Anodenansätzen herzustellen, und mit dem Kathodenverbindungsanschluss verbunden, um eine elektrische Verbindung mit den Kathodenansätzen herzustellen.

**[0025]** Die vorliegende Erfindung sieht ein besser steuerbares Verfahren zur Bildung von Durchgangslöchern in teilweise mit Durchgangslöchern versehenen Aluminiumlagen oder -folien, die zur Bildung von Anodenschichten verwendet werden, vor. Der ESR wird dadurch verringert, während die Aluminiumoberfläche und die Kapazität aufrechterhalten werden.

**[0026]** Das Punktierungsverfahren erzeugt mehr Tunnel in Aluminiumfolien, die bei der Herstellung von Aluminiumanodenlagen für Anodenschichten verwendet werden. Es entfernt jedoch auch die existierenden Tunnel, die während des elektrochemischen Ätzens erzeugt werden. Weil die existierende Technologie keine Tunnel erzeugen kann, die kleiner sind als jene, die während des Ätzprozesses erzeugt werden, ist das Nettoergebnis eine Verkleinerung der Oberfläche und damit ein Kapazitätsverlust. Der Grad des Kapazitätsverlusts hängt von der Lochgröße und -dichte ab. Weil jedoch mehr Durchgangslöcher erzeugt werden, ist der ESR kleiner.

**[0027]** Weil der Punktierungsprozess die Folienkapazität verringert, sollte er nicht in zu hohem Maße

eingesetzt werden. Die Lochgröße und -dichte muss gesteuert werden, so dass der ESR verringert wird, jedoch die Kapazität nicht zu sehr verringert wird.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0028] Diese und andere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden verständlich werden, wenn diese anhand der folgenden detaillierten Beschreibung der nur als Beispiel gegebenen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in Zusammenhang mit der anliegenden Zeichnung, in der gleiche Bezugszahlen in den verschiedenen Figuren gleiche Teile bezeichnen, besser verstanden werden.

[0029] Es zeigen:

[0030] [Fig. 1](#) die physikalischen Bestandteile einer als Beispiel dienenden Ausführungsform eines ICD-IPGs- und Leitungssystems, worin die vorliegende Erfindung vorteilhaft aufgenommen werden kann,

[0031] [Fig. 2](#) ein vereinfachtes Funktionsblockdiagramm, in dem die Verbindung der Spannungswandler-Schaltungsanordnung mit den Hochspannungskondensatoren gemäß der vorliegenden Erfindung zusammen mit den primären Funktionsbestandteilen eines ICD-Typs dargestellt ist,

[0032] die [Fig. 3\(a\)-Fig. 3\(g\)](#) perspektivische Einzelteilansichten der Art, in der die verschiedenen Bestandteile des als Beispiel dienenden ICD-IPGs aus den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#), einschließlich der Elektrolytkondensatoren gemäß der vorliegenden Erfindung, innerhalb des Gehäuses des ICD-IPGs angeordnet sind,

[0033] [Fig. 4](#) eine Einzelteilansicht einer Ausführungsform einer einzelnen Kondensatorschicht eines Elektrolytkondensators gemäß der vorliegenden Erfindung,

[0034] [Fig. 5](#) ein Flussdiagramm, in dem die Schritte zur Herstellung eines Elektrolytkondensators gemäß der Erfindung dargestellt sind,

[0035] [Fig. 6\(a\)](#) eine seitliche Schnittansicht einer teilweise durchgeätzten Anodenlage vor der Punktierung gemäß der vorliegenden Erfindung,

[0036] [Fig. 6\(b\)](#) eine seitliche Schnittansicht der teilweise durchgeätzten Anodenlage aus [Fig. 6\(a\)](#) nach der Punktierung gemäß der vorliegenden Erfindung für die Verwendung in der Kondensatorschicht aus den [Fig. 4](#) und [Fig. 6\(c\)](#),

[0037] [Fig. 6\(c\)](#) eine seitliche Schnittansicht einer speziellen Ausführungsform einer einzigen Kondensatorschicht eines Elektrolytkondensators, die die teilweise durchgeätzte Anodenlage aus [Fig. 6\(a\)](#) in

Zusammenhang mit mit Durchgangslöchern punktierten, teilweise durchgeätzten Anodenlagen aus [Fig. 6\(b\)](#) aufweist,

[0038] [Fig. 6\(d\)](#) eine seitliche Schnittansicht eines für das Verständnis der Erfindung nützlichen Beispiels einer einzigen Kondensatorschicht eines Elektrolytkondensators, die eine nicht durchgeätzte Anodenlage in Zusammenhang mit mit Durchgangslöchern punktierten, teilweise durchgeätzten Anodenlagen aus [Fig. 6\(b\)](#) aufweist,

[0039] [Fig. 7](#) eine perspektivische Einzelteilansicht von oben einer Ausführungsform einer Reihe von Kondensatorschichten gemäß der vorliegenden Erfindung, die zu einer Elektrodenstapelanordnung eines Elektrolytkondensators zusammengesetzt sind, und

[0040] [Fig. 8](#) eine perspektivische Einzelteilansicht von oben der Komponenten einer Ausführungsform eines gemäß dem letzten Schritt aus [Fig. 5](#) hergestellten Elektrolytkondensators gemäß der vorliegenden Erfindung.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVOR-ZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0041] [Fig. 1](#) zeigt eine Ausführungsform eines ICD-IPGs **10**, in den der Kondensator gemäß der vorliegenden Erfindung vorteilhaft aufgenommen ist, die zugeordneten elektrischen ICD-Leitungen **14**, **16** und **18** und ihre Beziehung zu einem menschlichen Herzen **12**. Die Leitungen sind durch einen Verbinderblock **20** mit mehreren Anschlüssen, der getrennte Anschlüsse für jede der drei dargestellten Leitungen aufweist, mit dem ICD-IPG **10** verbunden. Die Leitung **14** ist mit einer subkutanen Elektrode **30** verbunden, die dafür vorgesehen ist, im Bereich des linken Brustkorbs subkutan angebracht zu werden. Die Leitung **16** ist eine Koronarsinusleitung, bei der eine lang gestreckte Spulenelektrode verwendet wird, die sich im Koronarsinus und im Bereich der großen Vene des Herzens befindet. Der Ort der Elektrode ist in unterbrochenen Linien bei **32** dargestellt und verläuft von einem Punkt innerhalb der Öffnung des Koronarsinus bis zu einem Punkt in der Nähe des linken Herzohrs um das Herz.

[0042] Die Leitung **18** ist mit einer lang gestreckten Elektrodenspule **28** versehen, die sich im rechten Ventrikel des Herzens befindet. Die Leitung **18** weist auch eine Stimulationselektrode **34** auf, die die Form einer spiralförmigen Spule annimmt, die in das Myokardgewebe des rechten Ventrikels geschraubt ist. Die Leitung **18** kann auch eine oder mehrere zusätzliche Elektroden zur Nah- und Fernfeld-Elektrogrammmessung aufweisen.

[0043] Bei dem dargestellten System werden Herz-

stimulationsimpulse zwischen der spiralförmigen Elektrode **34** und der lang gestreckten Elektrode **28** abgegeben. Die Elektroden **28** und **34** werden auch verwendet, um ventrikuläre Kontraktionen angebende elektrische Signale zu erfassen. Wie dargestellt ist, wird davon ausgegangen, dass die Elektrode **28** im rechten Ventrikel während sequenzieller und gleichzeitiger Defibrillationsimpulsbehandlungen mit mehreren Elektroden als die gemeinsame Elektrode dient. Beispielsweise werden während einer gleichzeitigen Defibrillationsimpulsbehandlung Impulse gleichzeitig zwischen der Elektrode **28** und der Elektrode **30** und zwischen der Elektrode **28** und der Elektrode **32** abgegeben. Während einer sequenziellen Impulsdefibrillation ist vorgesehen, dass Impulse sequenziell zwischen der subkutanen Elektrode **30** und der Elektrode **28** und zwischen der Koronarsinuselektrode **32** und der Elektrode **28** im rechten Ventrikel abgegeben werden. Einzelimpuls-Zweielektroden-Defibrillationsschockbehandlungen können auch bereitgestellt werden, typischerweise zwischen der Elektrode **28** und der Koronarsinuselektrode **32**. Alternativ können einzelne Impulse zwischen den Elektroden **28** und **30** abgegeben werden. Die bestimmte Verbindung der Elektroden mit einem ICD hängt in gewissem Maße davon ab, welche spezifische Einzelelektrodenpaar-Defibrillationsschockbehandlung als am wahrscheinlichsten eingesetzt angesehen wird.

**[0044]** [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm, in dem die Verbindung einer Hochspannungs-Ausgabeschaltung **40**, einer Hochspannungs-Ladeschaltung **64** und von Kondensatoren **265** gemäß einem Beispiel des mikrocomputerbasierten Betriebssystems des ICD-IPGs aus [Fig. 1](#) dargestellt ist. Wie dargestellt ist, werden die ICD-Operationen durch ein im Mikroprozessor **42** gespeichertes Programm gesteuert, wobei der Mikroprozessor **42** alle erforderlichen Rechenfunktionen innerhalb des ICDs ausführt. Der Mikroprozessor **42** ist durch einen bidirektionalen Daten-/Steuerbus **46** mit einer Steuerschaltungsanordnung **44** verbunden und steuert dabei den Betrieb der Ausgabeschaltungsanordnung **40** und der Hochspannungs-Ladeschaltungsanordnung **64**. Eine Stimulations-/Erfassungsschaltungsanordnung **78** weckt den Mikroprozessor **42**, um alle erforderlichen mathematischen Berechnungen auszuführen, Tachykardie- und Fibrillationserfassungsprozeduren auszuführen und die von den Zeitgebern in der Stimulations-/Erfassungsschaltungsanordnung **78** gesteuerten Zeitintervalle beim Reprogrammieren der ICD-Betriebsmodi oder -Parameterwerte oder beim Auftreten von Signalen, welche die Abgabe von Herzstimulationsimpulsen oder das Auftreten von Herzkontraktionen angeben, zu aktualisieren.

**[0045]** Der Grundbetrieb und der bestimmte Aufbau oder die Bestandteile des als Beispiel dienenden ICDs aus den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) können beliebigen

der auf dem Fachgebiet bekannten Systeme entsprechen, und die vorliegende Erfindung hängt nicht von einer bestimmten Konfiguration davon ab. Der flache Aluminium-Elektrolytkondensator gemäß der vorliegenden Erfindung kann allgemein in Zusammenhang mit den verschiedenen im vorstehend erwähnten Patent mit der Endnummer 209 erläuterten Systemen oder in Zusammenhang mit den verschiedenen Systemen oder Bestandteilen, die in den verschiedenen Patenten offenbart sind, die im vorstehend erwähnten Patent mit der Endnummer 133 aufgelistet sind, verwendet werden.

**[0046]** Die Steuerschaltungsanordnung **44** stellt der Ausgabeschaltungsanordnung **40** drei Signale von großer Wichtigkeit bereit. Diese Signale umfassen das erste und das zweite Steuersignal, die vorstehend erörtert wurden, welche als ENAB auf einer Leitung **48** und ENBA auf einer Leitung **50** bezeichnet sind. Weiterhin wichtig ist die DUMP-Leitung **52**, die das Entladen der Ausgangskondensatoren einleitet, und die VCAP-Leitung **54**, die der Steuerschaltungsanordnung **44** ein Signal zuführt, welches die auf den Ausgangskondensatoren C1, C2 gespeicherte Spannung angibt. Vorstehend in [Fig. 1](#) dargestellte Defibrillationselektroden **28**, **30** und **32** sind als durch die Leiter **22**, **24** und **26** mit der Ausgabeschaltungsanordnung **40** gekoppelt dargestellt. Zum Erleichtern des Verständnisses sind diese Leiter auch mit "COMMON", "HVA" und "HVB" bezeichnet. Es sind jedoch auch andere Konfigurationen möglich. Beispielsweise kann die subkutane Elektrode **30** mit dem HVB-Leiter **26** gekoppelt sein, um das Abgeben einer Einzelimpulsbehandlung zwischen den Elektroden **28** und **30** zu ermöglichen. Während eines Logiksignals bei ENAB auf der Leitung **48** wird ein Kardioversions-/Defibrillationsschock zwischen der Elektrode **30** und der Elektrode **28** abgegeben. Während eines Logiksignals bei ENBA auf der Leitung **50** wird ein Kardioversions-/Defibrillationsschock zwischen der Elektrode **32** und der Elektrode **28** abgegeben.

**[0047]** Die Ausgabeschaltungsanordnung beinhaltet eine Kondensatorbank mit Kondensatoren C1 und C2 und Dioden **121** und **123**, die zum Abgeben von Defibrillationsschocks an die Elektroden verwendet werden. Alternativ kann die Kondensatorbank einen weiteren Satz von Kondensatoren aufweisen, wie in der vorstehend erwähnten Anmeldung mit der Endnummer 758 dargestellt ist. In [Fig. 2](#) sind die Kondensatoren **265** in Zusammenhang mit der Hochspannungs-Ladeschaltungsanordnung **64** dargestellt, welche durch die Steuer-/Zeitgeberschaltungsanordnung **44** über eine CHDR-Leitung **66** gesteuert wird. Wie dargestellt ist, werden die Kondensatoren **265** durch einen Hochspannungstransformator **65** mit hoher Frequenz geladen. Geeignete Ladepolaritäten werden durch die Dioden **121** und **123** aufrechterhalten. Die VCAP-Leitung **54** liefert ein Signal, das die Spannung an der Kondensatorbank angibt, und

ermöglicht das Steuern der Hochspannungs-Ladeschaltungsanordnung und das Beenden der Ladefunktion, wenn die gemessene Spannung dem programmierten Ladepegel gleicht.

**[0048]** Die Stimulations-/Erfassungsschaltungsanordnung **78** beinhaltet einen R-Zacken-Messverstärker und einen Impulsgenerator für das Erzeugen von Herzstimulationsimpulsen, welche auch jeder beliebigen bekannten Herzschrittmacher-Ausgabeschaltungsanordnung entsprechen können, und beinhaltet eine Zeitgeber-Schaltungsanordnung zum Definieren ventrikulärer Stimulationsintervalle, Refraktärintervalle und Austastintervalle über einen Steuer-/Datenbus **80**, wobei dies durch den Mikroprozessor **42** gesteuert geschieht.

**[0049]** Steuersignale, welche die Erzeugung von Herzstimulationsimpulsen durch die Stimulations-/Erfassungsschaltungsanordnung **78** auslösen, und Signale von der Stimulations-/Erfassungsschaltungsanordnung **78**, welche das Auftreten von R-Zacken angeben, werden durch einen bidirektionalen Datenbus **81** zur Steuerschaltungsanordnung **44** übermittelt. Die Stimulations-/Erfassungsschaltungsanordnung **78** ist mit der in [Fig. 1](#) dargestellten spiralförmigen Elektrode **34** durch einen Leiter **36** gekoppelt. Die Stimulations-/Erfassungsschaltungsanordnung **78** ist auch mit der in [Fig. 1](#) dargestellten ventrikulären Elektrode **28** durch einen Leiter **82** gekoppelt, wodurch das bipolare Erfassen von R-Zacken zwischen den Elektroden **34** und **28** und die Abgabe bipolarer Stimulationsimpulse zwischen den Elektroden **34** und **28** möglich ist, wie vorstehend erörtert wurde.

**[0050]** Die [Fig. 3\(a\)](#) bis [Fig. 3\(g\)](#) zeigen perspektivische Ansichten von verschiedenen Bestandteilen des ICD-IPGs **10**, einschließlich einer Ausführungsform des Kondensators gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei diese Bestandteile nacheinander in das Gehäuse des ICD-IPGs **10** eingebracht werden, welches durch rechte und linke Abschirmungen **240** und **350** hergestellt ist.

**[0051]** In [Fig. 3\(a\)](#) wird das Elektronikmodul **360** in die rechte Abschirmung **340** des ICD-IPGs **10** eingesetzt. [Fig. 3\(b\)](#) zeigt den ICD-IPG **10**, sobald das Elektronikmodul **360** in die rechte Abschirmung **340** eingesetzt worden ist.

**[0052]** [Fig. 3\(c\)](#) zeigt ein Paar von Kondensatoren **265**, die, wie hier beschrieben, vor dem Einsetzen in die rechte Abschirmung **340** hergestellt worden sind, wobei die Kondensatoren **265** durch Zwischenverbindungen im Elektronikmodul **340** elektrisch in Reihe geschaltet sind. [Fig. 3\(d\)](#) zeigt den ICD-IPG **10**, sobald das Paar der Kondensatoren **265** in die rechte Abschirmung **340** eingesetzt worden ist. Es ist zu verstehen, dass auch andere Formen der Kondensatoren **265** in der gleichen oder einer ähnlichen Weise

wie hier beschrieben wurde, in das Gehäuse des ICD-IPGs **10** eingesetzt werden können.

**[0053]** [Fig. 3\(e\)](#) zeigt eine Isolatorabdeckung **370** vor ihrer Anordnung über Kondensatoren **265** in der rechten Abschirmung **340**. [Fig. 3\(f\)](#) zeigt eine elektrochemische Zelle oder Batterie **380** mit einem Isolator **382**, der vor dem Einsetzen in die Abschirmung **340** um die Batterie **380** herum angeordnet wird. Die Batterie **380** liefert die zum Laden und Entladen der Kondensatoren **265** erforderliche elektrische Energie und versorgt auch das Elektronikmodul **360** mit Leistung. Die Batterie **380** kann beliebige der im Stand der Technik verwendeten Formen zum Bereitstellen von Kardioversions-/Defibrillationsenergie annehmen, von denen einige in dem vorstehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Erfindung übertragenen Patent mit der Endnummer 133 angegeben sind.

**[0054]** [Fig. 3\(h\)](#) zeigt den ICD-IPG **10**, bei dem die linke Abschirmung **350** mit der rechten Abschirmung **340** verbunden ist, wobei die Durchführung **390** von beiden Abschirmungshälften nach oben vorsteht. Ein Aktivitätssensor **400** und eine Patientenwarnvorrichtung **410** sind wie dargestellt am unteren Seitenabschnitt der linken Abschirmung **350** angeordnet. Die linke Abschirmung **350** und die rechte Abschirmung **340** werden anschließend geschlossen und hermetisch gedichtet (in den Figuren nicht dargestellt).

**[0055]** [Fig. 4](#) zeigt eine Einzelansicht einer Ausführungsform einer Anoden-Kathoden-Teilanordnung oder Kondensatorsschicht **227** des Kondensators **265**. Bei dem hier beschriebenen Kondensatorentwurf wird eine gestapelte Konfiguration mehrerer Kondensatorsschichten **227** verwendet, wie nachstehend weiter mit Bezug auf [Fig. 5](#) beschrieben wird. Jede Kondensatorsschicht **227** weist alternierende im Wesentlichen rechteckige Anodenschichten **170** und Kathodenschichten **175** auf, wobei eine im Wesentlichen rechteckige Trennschicht **180** dazwischen angeordnet ist. Die Formen der Anodenschichten **170**, der Kathodenschichten **175** und der Trennschichten **180** sind in erster Linie eine Frage der Entwurfsauswahl, und sie werden in hohem Maße durch die Form oder Konfiguration eines Gehäuses **90** vorgeschrieben, innerhalb dessen diese Schichten schließlich angeordnet werden. Die Anodenschichten **170**, die Kathodenschichten **175** und die Trennschichten **180** können jede beliebige Form annehmen, um die Packungswirksamkeit zu optimieren.

**[0056]** Die als Beispiel dienende Anodenschicht **170d** weist bevorzugt eine Anzahl nicht gekerbter Anodenlagen **185**, die mit **185a**, **185b**, **185c** bezeichnet sind, eine gekerbte Anodenlage **190** mit einer Anoden-Ansatzkerbe **200** und einen mit der Anodenlage **185a** gekoppelten Anodenansatz **195** auf. Es sei bemerkt, dass die in [Fig. 4](#) dargestellte Anodenschicht

**170d** nur eine mögliche Ausführungsform einer Anodenschicht **170** ist. Die als Beispiel dienende Kathodenschicht **175d** ist am bevorzugtesten aus einer Einzellage einer Aluminiumfolie hergestellt und weist einen Kathodenansatz **176** auf, der integral damit hergestellt ist und von seinem Umfangsbereich vorsteht.

**[0057]** Die individuellen Anodenlagen **185/190** sind typischerweise etwas steif und aus hochreinem Aluminium gebildet, das durch Ätzen bearbeitet ist, um eine hohe Kapazität je Flächeneinheit zu erreichen. Dünne Anodenfolien sind bevorzugt, insbesondere wenn sie die spezifische Kapazität im Wesentlichen beibehalten oder erhöhen, während sie die Dicke der Elektrodenstapelanordnung **225** verringern oder diese Dicke beibehalten, während die Gesamtkapazität erhöht wird. Beispielsweise wird erwogen, dass einzelne Anodenlagen **185/190** eine Dicke zwischen etwa 10 Mikrometern und etwa 500 Mikrometern aufweisen.

**[0058]** Die Kathodenschichten **175** sind vorzugsweise aus einer einzigen Lage gebildet, die aus einer hochreinen, flexiblen Aluminiumfolie ausgeschnitten ist. Die Kathodenschichten **175** sind am bevorzugtesten aus einer Kathodenfolie mit einer hohen Oberfläche (d.h. einer stark geätzten Kathodenfolie), einer hohen spezifischen Kapazität (vorzugsweise mindestens 200 Mikrofarad/cm<sup>2</sup> und mindestens 250 Mikrofarad/cm<sup>2</sup>, wenn frisch), einer Dicke von etwa 30 Mikrometern, einer Reinheit von etwa 1,0 mg/m<sup>2</sup>, wobei die maximale Chloridkontamination der projizierten Fläche berücksichtigt wird, und einer Reinheit, die kleiner sein kann als diejenige, die dem Ausgangsfolienmaterial entspricht, aus dem die Anodenfolie hergestellt ist, gebildet. Die Kathodenfolie hat vorzugsweise eine anfängliche Reinheit von mindestens 99 Aluminium und bevorzugter von etwa 99,4 Aluminium, eine endgültige Dicke von etwa 30 Mikrometern und eine anfängliche spezifische Kapazität von etwa 250 Mikrofarad je Quadratzentimeter. Gemäß anderen Ausführungsformen hat die Kathodenfolie eine spezifische Kapazität, die zwischen etwa 100 und etwa 500 Mikrofarad/cm<sup>2</sup> liegt, und eine Dicke, die zwischen etwa 10 und etwa 150 Mikrometern liegt.

**[0059]** Es ist im Allgemeinen bevorzugt, dass die spezifische Kapazität der Kathodenfolie so hoch wie möglich ist und dass die Kathodenschicht **175** so dünn wie möglich ist. Beispielsweise wird erwogen, dass die einzelnen Kathodenschichten **175** eine spezifische Kapazität von etwa 100-1000 Mikrofarad/cm<sup>2</sup> aufweisen. Geeignete Kathodenfolien sind im Handel weit verbreitet erhältlich. Gemäß anderen Ausführungsformen ist die Kathodenfolie aus Materialien oder Metallen, zusätzlich zu Aluminium, Aluminiumlegierungen und "reinem" Aluminium, gebildet.

**[0060]** Trennschichtlagen **180a** und **180b** und äuße-

re Trennschichten der Elektrodenstapelanordnung **225** ([Fig. 8](#)), die aus mehreren gestapelten Kondensatorschichten **227** zusammengesetzt sind, werden am bevorzugtesten aus einer Rolle oder Lage des Trennmaterials hergestellt. Die Trennschichten **180** werden vorzugsweise etwas größer ausgeschnitten als die Anodenschichten **170** und die Kathodenschichten **175**, um einer Fehlausrichtung während des Stapelns der Schichten Rechnung zu tragen und dadurch nachfolgende Kurzschlüsse zwischen den Anoden- und Kathodenschichten zu verhindern und andererseits zu gewährleisten, dass sich eine physikalische Barriere zwischen den Anoden und den Kathoden des fertigen Kondensators befindet.

**[0061]** Gemäß einer in [Fig. 4](#) dargestellten bevorzugten Ausführungsform der Kondensatorschicht **227** bilden zwei einzelne Trennschichtlagen **180a** und **180b** die Trennschicht **180**, die zwischen allen Anodenschichten **170** und Kathodenschichten **175** angeordnet ist. Weitere einzelne Trennschichtlagen **180a** und **180b** sind an die Außenflächen der Anodenlage **185c** und der Kathodenschicht **175d** angrenzend angeordnet. Wenn die Teilanordnungen gestapelt sind, liegen die äußersten einzelnen Trennschichtlagen **180a** und **180b** an jeweilige benachbarte einzelne Trennschichtlagen **180b** und **180a** benachbarter Kondensatorschichten an, so dass zweilagige Trennschichten **180** alle benachbarten Kathoden- und Anodenschichten einer Elektrodenstapelanordnung **225** trennen.

**[0062]** Es ist bevorzugt, dass die Trennschichtlagen **180a** und **180b** und die äußeren Trennschichten zwischen der Elektrodenstapelanordnung und dem Gehäuse und der Abdeckung aus einem Material bestehen, das (a) chemisch reaktionsträge ist, (b) chemisch mit dem ausgewählten Elektrolyten verträglich ist, (c) mit dem Elektrolyten imprägniert werden kann, um einen Weg geringen Widerstands zwischen benachbarten Anoden- und Kathodenschichten zu erzeugen, und (d) benachbarte Anoden- und Kathodenschichten physikalisch trennt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das Trennmaterial reine Cellulose, Kraftpapier mit einem sehr geringen Halogenid- oder Chloridgehalt mit einer Dicke von etwa 0,0005 Zoll, einer Dichte von etwa 1,06 Gramm/cm<sup>3</sup>, einer dielektrischen Stärke von 1400 Volt Wechselspannung je 0,001 Zoll Dicke und einer geringen Anzahl von Leitungswegen (etwa 0,4/ft<sup>2</sup> oder weniger). Die Trennschichtlagen **180a** und **180b** und die äußeren Trennschichten **165a** und **165b** können auch aus anderen Materialien als Kraftpapier, wie Manila-Papier, porösen Polymermaterialien oder Fasergazematerialien, hergestellt werden. Bei solchen aus mehreren Kondensatorschichten zusammengesetzten Kondensatorstapeln sättigt oder befeuchtet ein flüssiges Elektrolyt die Trennschichten **180** und ist innerhalb der inneren Gehäusekammer des Kondensators angeordnet.

**[0063]** Fachleute werden verstehen, dass die genaue Anzahl der für die Verwendung in einer Elektrodenstapelanordnung **225** ausgewählten Kondensatororschichten **227** von der Energiedichte, vom Volumen, von der Spannung, vom Strom, von der Energieausgabe und anderen Anforderungen, die dem Kondensator **265** auferlegt wurden, abhängt. Ähnlich werden Fachleute verstehen, dass die genaue Anzahl der gekerbten Anodenlagen **190** und der nicht gekerbten Anodenlagen **185**, der Anodenansätze **195**, der Anodenschichten **170**, der Kathodenschichten **175** und der Trennschichten **180**, die zur Verwendung bei einer gegebenen Ausführungsform der Kondensatororschicht **227** ausgewählt wurden, von der Energiedichte, vom Volumen, von der Spannung, vom Strom, von der Energieausgabe und von anderen Anforderungen, die dem Kondensator **265** auferlegt wurden, abhängt. Es wird nun verständlich werden, dass eine praktisch unbegrenzte Anzahl von Kombinationen und Permutationen in Bezug auf die Anzahl der Kondensatororschichten **227** und die Anzahl der gekerbten Anodenlagen **190** und nicht gekerbten Anodenlagen **185**, welche die Anodenschicht **170** bilden, der Anodenschichten **170**, der Anoden-Ansätze **195**, der Kathodenschichten **175** und der innerhalb jeder Kondensatororschicht **227** angeordneten Trennschichten **180**, entsprechend der bestimmten Anforderung an den Kondensator **265** ausgewählt werden kann.

**[0064]** [Fig. 5](#) zeigt das Verfahren zum Bilden von Anodenlagen mit Durchgangslöchern und zum anschließenden Verwenden der Anodenlagen zur Herstellung eines Elektrolytkondensators. Die erste dünne Aluminiumfolie des vorstehend beschriebenen Typs wird in Schritt S100 bereitgestellt, in Schritt S102 geätzt und in Schritt S104 zu den in [Fig. 6\(a\)](#) dargestellten Anodenlagen **185/190** geschnitten. Die Anodenfolie wird in Schritt S102 zumindest teilweise durchgeätzt, sie hat eine hohe spezifische Kapazität (mindestens etwa 0,3, mindestens etwa 0,5 oder am bevorzugtesten mindestens etwa 0,8 Mikrofarad/cm<sup>2</sup>), einen dielektrischen Spannungsfestigkeitsparameter von mindestens 425 Volt DC, eine Dicke zwischen etwa 50 und etwa 200 Mikrometer und eine Reinheit von etwa 1,0 mg/m<sup>2</sup>, wobei die maximale Chloridverunreinigung der projizierten Fläche berücksichtigt wird. Die Anodenfolie hat vorzugsweise eine Nenn-Stoßspannung von 390 Volt, eine anfängliche Reinheit von etwa 99,99 % Aluminium, eine endgültige Dicke von etwa 104 Mikrometer plus minus etwa fünf Mikrometer und eine spezifische Kapazität von etwa 0,8 Mikrofarad je Quadratzentimeter. Auf Spezifikation geätzte geeignete Anodenfolien sind im Handel weit verbreitet erhältlich.

**[0065]** Die Anoden- und Kathodenlagen werden am bevorzugtesten unter Verwendung von Unterstempeln mit einem geringen Zwischenraum von Wand zu Wand auf Form geschnitten, wobei der Zwischen-

wandabstand zwischen den im Wesentlichen vertikal orientierten entsprechenden Wänden des Oberstempels und des Unterstempels am bevorzugtesten in der Größenordnung von etwa 6 Millionstel Zoll je Seite beträgt. Größere und kleinere Zwischenwandabstände zwischen den im Wesentlichen vertikal orientierten entsprechenden Wänden des Oberstempels und des Hohlraums, wie etwa 2-12 Millionstel Zoll, können auch verwendet werden, sind jedoch weniger bevorzugt. Die Ansätze **176** und **195** und die Trennschichten **180** sind vorzugsweise jeweils in der gleichen Weise aus einer Aluminiumfolie bzw. Kraftpapier ausgeschnitten.

**[0066]** Ein so kleiner Zwischenraum führt dazu, dass glatte, gratfreie Kanten entlang den Umfängen der Anodenlagen **185** und **190**, der Ansätze **176** und **195**, der Kathodenschichten **175** und der Trennschichten **180** gebildet werden. Glatte, gratfreie Kanten an den Wänden der Stempel wurden als entscheidend für eine zuverlässige Funktionsweise eines Kondensators entdeckt. Das Vorhandensein von Graten entlang den Umfängen der Anodenlagen **185** und **190**, der Anodenansätze **195**, der Kathodenschichten **175** und der Trennschichten **180** kann zu Kurzschlüssen und einem Ausfall des Kondensators führen. Das Mittel, mit dem die Anodenfolie, die Kathodenfolie und die Trennmaterialien geschnitten oder gebildet werden, kann einen erheblichen Einfluss auf das Fehlen oder das Vorhandensein von Graten und anderen Schneidrückständen, die um den Umfang der gebildeten oder geschnittenen Elemente abgelagert werden, haben. Die Verwendung von Stempeln mit einem kleinen Zwischenraum erzeugt eine Kante, die der durch andere Schneidverfahren, wie Stahllinealstempel, erzeugten Kante überlegen ist. Es wurde entdeckt, dass die Form, die Flexibilität und die Geschwindigkeit eines Stempels mit einem geringen Zwischenraum jenen überlegen sind, die durch Laser- oder Messerschneiden erreicht werden. Andere Verfahren zum Schneiden oder Formen von Anodenlagen **185** und **190**, Anoden-Ansätzen **195**, Kathodenschichten **175** und Trennschichten **180** umfassen Stahllinealstempel-Schneiden, Laserschneiden, Wasserstrahlschneiden und Messerschneiden, sind jedoch nicht darauf beschränkt. Weitere Einzelheiten in Bezug auf bevorzugte Verfahren zum Schneiden der Anodenfolie zum Formen von Anodenlagen und zum sandwichförmigen Aneinanderlegen von Anodenlagen zur Bildung einer Anodenschicht **170** sind im auf den Erwerber der vorliegenden Erfindung übertragenen vorstehend erwähnten Patent mit der Endnummer 133 dargelegt.

**[0067]** In [Fig. 6\(a\)](#) hat die teilweise durchgeätzte Anodenlage **185/190** entgegengesetzte Hauptanodenlagenflächen **186** und **188**, die stark geätzt sind, um bestimmte Poren **192**, **194**, die sich teilweise durch die Dicke der Anodenlage **185/190** zu einem Lagengewebe oder Kern **184** erstrecken, und be-

stimmte durchgeätzte Tunnel **196**, **198**, die sich durch die ganze Dicke des Lagengewebes und des Kerns **184** erstrecken, zu bilden. Die großen Poren **192**, die kleinen Poren **194**, die Tunnel **196** mit großen Querschnitten und die Tunnel **198** mit kleinen Querschnitten stellen, verglichen mit den planaren Lagenflächen **186**, **188** vor dem Ätzen, eine vergrößerte Oberfläche bereit. Einiges Oberflächenpotential geht jedoch infolge zu großer Poren **192** und Tunnel **196** verloren. Umgekehrt wird der ESR durch kleine Tunnel **198** erhöht, die das Hindurchtreten von Elektrolyten und Ionen behindern.

**[0068]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Durchätzen der Aluminiumfolie in Schritt S102 mit einem Grad ausgeführt, wodurch eine große Zahl kleiner Poren **194** und kleiner Tunnel **198** bereitgestellt wird, so dass die Oberfläche und die entsprechende Kapazität maximiert werden, und die großen Poren **192** und Tunnel **196** werden minimiert, wodurch der ESR nicht optimal sein kann. Gemäß Schritt S106 werden dann mehrere in **Fig. 6(b)** dargestellte Durchgangslöcher **202** gebildet, welche sich zwischen der ersten und der zweiten entgegengesetzten Hauptfläche **186** und **188** und durch die Anodenlagendicke und den Kern **184** erstrecken. Vorzugsweise weisen die Durchgangslöcher **202** eine gleichmäßige Größe auf und sind gleichmäßig beabstandet. Die Anzahl je Flächeneinheit und die Größe dieser Durchgangslöcher **202** werden gewählt, um den ESR auf ein Minimum zu verringern, während die Oberfläche nicht unnötig reduziert wird. Im Allgemeinen werden eine minimale Anzahl, ein minimaler Abstand und eine minimale Größe der Durchgangslöcher gewählt, so dass der fertige Kondensator noch die Anforderungen der Anwendung erfüllt.

**[0069]** Die Durchgangslöcher werden vorzugsweise durch einen Punktierungsprozess, beispielsweise durch Stanzen, mechanisches Bohren, Laserbohren usw. gebildet. Die Durchgangslöcher brauchen nicht rund zu sein, dies ist jedoch eine zweckmäßige Form für die Verwendung.

**[0070]** Dann wird in Schritt S108 die dielektrische Aluminiumoxidschicht über den Poren **192**, **194**, den Tunneln **196**, **198**, den Durchgangslöchern **202** und den Schnittkanten der Anodenlagen in einer auf dem Fachgebiet bekannten Weise gezüchtet. Die Anodenlagen **185/190** werden in Schritt S110 zusammengesetzt, um die Anodenschichten **170** zu bilden, wobei dem Prozess gefolgt wird und die Geräte verwendet werden, die im vorstehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragenen Patent mit der Endnummer 133 beschrieben sind.

**[0071]** Bei einem Herstellungsverfahren, bei dem diesen Schritten gefolgt wird, werden alle teilweise durchgeätzten Anodenlagen **185a-185c** und **190**,

welche die Anodenschicht **170d** der in **Fig. 4** dargestellten Kondensatorschicht **227d** bilden, gemäß Schritt S106 mit Durchgangslöchern punktiert. **Fig. 6(c)** zeigt eine in den Schritten S100-S110 gebildete Variation einer Kondensatorschicht **227'**, bei der in **Fig. 6(b)** dargestellte mit Durchgangslöchern punktierte Anodenlagen **190a** und **190b** verwendet werden, die sandwichförmig oder gestapelt auf beiden Seiten einer in **Fig. 6(a)** dargestellten teilweise durchgeätzten Anodenlage **185'** angebracht werden. Die teilweise durchgeätzte Anodenlage **185'** wird nicht entsprechend Schritt S106 punktiert. Die Durchgangslöcher in den äußeren mit Durchgangslöchern punktierten Anodenlagen **190a** und **190b** gewährleisten, dass der Elektrolyt die entgegengesetzten Hauptflächen der innersten teilweise durchgeätzten Anodenlage **185'** erreicht.

**[0072]** Bei diesem erläuterten Beispiel aus **Fig. 6(c)** ist ein Ansatz (nicht dargestellt) an der zentral angeordneten teilweise durchgeätzten Anodenlage **185'** angebracht, und die mit Durchgangslöchern punktierten Anodenlagen **190a** und **190b** werden als gekerbte Anodenlagen identifiziert, um den Ansatz aufzunehmen. Andere Auswahlen mit Ansätzen versehener und gekerbter Anodenlagen **185/190** können die dargestellte Auswahl ersetzen.

**[0073]** Weiterhin kann eine beliebige Anzahl der äußeren mit Durchgangslöchern punktierten Anodenlagen **185/190** aus **Fig. 6(b)** in gleichen oder ungleichen Anzahlen auf beiden Seiten der zentral angeordneten, teilweise durchgeätzten Anodenlage **185'** gestapelt werden, um eine Anodenschicht **170** zu bilden.

**[0074]** Bei einem Beispiel, das für das Verständnis der Erfindung nützlich ist, jedoch keine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, wird eine innere Anodenlage **185''** gebildet, die nicht mit Durchgangslöchern geätzt ist, wie in **Fig. 6(d)** dargestellt ist. In diesem Beispiel wird in Schritt S100 eine zweite Aluminiumfolie bereitgestellt und in zu den Schritten S102-S106 aus **Fig. 5** parallelen Schritten nicht mit Durchgangslöchern geätzt und geschnitten.

**[0075]** **Fig. 7** zeigt die Bildung der Elektrodenstapelanordnung **225** entsprechend Schritt S112 in Bezug auf eine Kondensatorgehäuseabdeckung **110** für ein in **Fig. 8** dargestelltes Kondensatorgehäuse **90**. Die Elektrodenstapelanordnung **225** beinhaltet mehrere Kondensatorschichten **227a-227h**, die wie vorstehend beschrieben gebildet sind und Anodenansätze **195a-195h** und Kathodenansätze **176a-176h** aufweisen. Die an jeder Kondensatorschicht innerhalb der Elektrodenstapelanordnung **225** entwickelte Spannung reicht am bevorzugtesten von etwa 360 bis etwa 390 Volt Gleichspannung. Wie nachstehend beschrieben wird, sind die verschiedenen Anodenteilnordnungen der Elektrodenstapelanordnung **225** ty-

pischerweise elektrisch parallel geschaltet, und sie sind die verschiedenen Kathodenschichten der Elektrodenstapelanordnung **225**. Die in [Fig. 7](#) dargestellte Elektrodenstapelanordnung **225** dient lediglich der Veranschaulichung und schränkt den Schutzmfang der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Anzahl oder Kombination der Anodenschichten **170**, der Kathodenschichten **175**, der Trennschichten **180**, der Anodenansätze **195**, der Kathodenansätze **176** usw. in keiner Weise ein. Die Anzahl der Elektrodenbestandteile wird stattdessen entsprechend der erforderlichen Gesamtkapazität, der Gesamtfläche jeder Schicht, der spezifischen Kapazität der verwendeten Folie und anderen Faktoren bestimmt.

**[0076]** Die Verwendung der Durchgangslöcher gemäß der vorliegenden Erfindung erleichtert die Verwendung einer Mehrzahl in jeder Anodenschicht **170** verwendet Anodenlagen **185/190**, wodurch die Herstellung von Kondensatoren ermöglicht wird, die die gleiche Schichtfläche, jedoch nahezu kontinuierlich veränderliche verschiedene und wählbare Gesamtkapazitäten aufweisen, die ein Benutzer festlegen kann, indem er die Anzahl der in den ausgewählten Anodenschichten **170** enthaltenen Anodenlagen **185/190** vergrößert oder verkleinert (im Gegensatz zum Hinzufügen ganzer Kondensatorsschichten **227** zu der Elektrodenstapelanordnung **225** oder zum Fortnehmen von diesen, um dadurch die Gesamtkapazität zu ändern).

**[0077]** Die Kondensatorsschichten **227a-227h** und die äußeren Papierschichten **165a** und **165b** werden gestapelt, und eine äußere Umhüllung **115** wird in Schritt S112 über den oberen Teil der Elektrodenstapelanordnung **225** gefaltet. Ein Umhüllungsband **245** hält dann die äußere Umhüllung **115** an ihrem Ort, und es hält die verschiedenen Bestandteile der Elektrodenstapelanordnung **225** zusammen. Die äußere Umhüllung **115** wird am bevorzugtesten aus dem vorstehend beschriebenen Trennmaterial ausgestanzt, sie kann jedoch auch aus einer großen Vielzahl anderer geeigneter Materialien, wie Polymermaterialien, Aluminium, geeigneten Wärmeschrumpfmaterialien, geeigneten gummierten Materialien und künstlichen Entsprechungen oder Derivaten davon und dergleichen gebildet werden. Das Umhüllungsband **245** wird am bevorzugtesten aus einem mit Polypropylen hinterlegten Acrylklebeband ausgeschnitten, es kann jedoch auch durch eine Heftklammer, eine Ultraschall-Papierverbindung oder -schweißung, andere geeignete Klebstoffe als Acrylklebstoff, ein anderes geeignetes Band als mit Polypropylen hinterlegtes Band, einen Haken und eine entsprechende Klemme usw. ersetzt werden. Verwendbare Alternativen zur äußeren Umhüllung **115** und zum Umhüllungsband **245** und verschiedene Stapelungs- und Lagegenauigkeitsprozesse, aus denen die Elektrodenstapelanordnung **225** am bevorzugtesten hergestellt wird, sind nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung

und sind in dem vorstehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Erfindung übertragenen Patent mit der Endnummer 133 offenbart.

**[0078]** [Fig. 8](#) zeigt eine perspektivische Einzelteil-Draufsicht einer Ausführungsform eines als Beispiel dienenden gehäuseneutralen Elektrolytkondensators **265**, worin die Elektrodenstapelanordnung **225** aus [Fig. 7](#) verwendet wird, und die elektrischen Verbindungen, die zu den zusammengeführten Anoden- und Kathodenansätzen **232** und **233** gebildet sind. Diese Ausführungsform beinhaltet eine Anodendurchführung **120** und eine Kathodendurchführung **125**, die am bevorzugtesten spulenförmige Basisabschnitte **121** bzw. **126** aufweisen. Die Durchführungen **120** und **125** stellen elektrische Durchführungsanschlüsse für den Kondensator **265** bereit und führen die zusammengeführten Anodenansätze **232** und die zusammengeführten Kathodenansätze **233** innerhalb der Basisabschnitte **121** und **126** für elektrische und mechanische Verbindungen zusammen.

**[0079]** Der Durchführungsdräht wird zur Herstellung der Durchführungen **120** und **125** zuerst bereitgestellt und auf Länge geschnitten. Ein Ende des auf Länge geschnittenen Drahts wird so gewickelt, dass sein Innendurchmesser oder seine innere Abmessung etwas größer ist als der Durchmesser oder die Abmessung, die für das Einkreisen der zusammengeführten Anodenansätze **232** oder der zusammengeführten Kathodenansätze **233** erforderlich ist. Die zusammengeführten Anodenansätze **232** werden als nächstes durch Falzen zu einem Bündel zusammengeführt, und der Innendurchmesser **131** der Anoden-durchführungs-Spulen-anordnung **120** wird über den zusammengeführten Anodenansätzen **232** angeordnet, so dass sich der Anoden-Durchführungsstift **130** von der Basis der zusammengeführten Anodenansätze **232** nach außen erstreckt. Ähnlich werden die zusammengeführten Kathodenansätze **233** zusammengeführt, und der Innendurchmesser **136** der Kathodendurchführungs-Spulen-anordnung **125** über den zusammengeführten Kathodenansätzen **233** angeordnet, so dass sich der Kathodendurchführungsstift **135** von der Basis des Kathodenansatzes **233** nach außen erstreckt. Die spulenförmigen Basisabschnitte **121** und **126** der Anodendurchführung **120** und der Kathodendurchführung **125** werden dann am bevorzugtesten auf die Anoden- und Kathodenansätze **232** und **233** gefalzt, woraufhin ihre distalen Enden auf Länge geschnitten werden, wobei dies am bevorzugtesten so geschieht, dass die so gebildeten Falze im Wesentlichen senkrecht zu gedachten Achsen **234** und **235** der zusammengeführten Anoden- und Kathodenansätze **232** und **233** orientiert werden. Das Schneiden der distalen Enden auf Länge kann weniger bevorzugt auch bei anderen nicht senkrechten Winkeln zu den gedachten Achsen **234** und **235** geschehen.

**[0080]** Bei manchen bevorzugten Verfahren wird eine Falzkraft auf die Durchführungsspulse **121** und **126** und die Ansätze **232** und **233** während eines nachfolgenden bevorzugten Schweißschritts ausgeübt. Bei einem Verfahren ist es bevorzugt, dass die gefalzten Anoden- und Kathodendurchführungen durch Laser oder Ultraschalleinwirkung entlang dem oberen Abschnitt der auf Länge geschnittenen Kante der distalen Enden an die Anoden- und Kathodenansätze **232** und **233** geschweißt werden. Nach dem Schweißen der Durchführungen **120** und **125** an die zusammengeführten Anodenansätze **232** bzw. die zusammengeführten Kathodenansätze **233** werden die Stifte **130** und **135** zur Einführung durch Durchführungslöcher **142** und **143** des Gehäuses **90** gebogen.

**[0081]** Es existieren viele andere Ausführungsformen der Durchführungen und Mittel zum Verbinden der Durchführungsstifte mit Anoden- und Kathodenansätzen als jene, die in den Figuren explizit dargestellt sind und in dem vorstehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragenen Patent mit der Endnummer 133 beschrieben sind.

**[0082]** Eine Gehäuseunteranordnung wird auch aus dem Gehäuse **90**, einer Anoden-Quetschhülse **95**, einer Kathoden-Quetschhülse **100** und einer Füllanschluss-Quetschhülse **105** erzeugt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind der Kondensator **265**, das Gehäuse **90** und die Abdeckung **110** aus Aluminium hergestellt. Bei anderen Ausführungsformen können das Gehäuse **90** oder die Abdeckung **110** aus einem anderen geeigneten korrosionsbeständigen Metall, wie Titan oder Edelstahl oder alternativ einem geeigneten Kunststoff, Polymermaterial oder einer geeigneten Keramik hergestellt werden. Die Anoden-Quetschhülse **95** und die Kathoden-Quetschhülse **100** werden an die Seitenwand des Aluminiumgehäuses angeschweißt, so dass sie um die Anoden- und Kathoden-Durchführungs-Quetschhülsenlöcher **142** und **143** passen, und eine Füllanschluss-Quetschhülse wird um ein Füllanschlussloch **139** herum an die Gehäuseseitenwand geschweißt. Die Schweißschritte sind nicht Teil der vorliegenden Erfindung, und verschiedene Arten zu ihrer Ausführung sind detailliert im vorstehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragenen Patent mit der Endnummer 133 offenbart.

**[0083]** Drahtführungen **140** und **141** passen in mittlere Löcher der Quetschhülsen **95** bzw. **100** und nehmen Anoden- und Kathodenanschlussstifte **130** und **135** auf, zentrieren sie und isolieren sie elektrisch gegen das Gehäuse **90**, die Anoden-Quetschhülse **95** und die Kathoden-Quetschhülse **100**. Die Bildung und das Zusammensetzen der Führungsdrähte **140**, **141** mit den Quetschhülsen **95**, **100** und den Kathodenstiften **130**, **135** sind nicht Teil der vorliegenden Erfindung, und Beispiele davon sind detailliert im vor-

stehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragenen Patent mit der Endnummer 133 offenbart. Ähnlich sind das Einführen der Kathodenstifte **130**, **135** durch die Drahtführungen **140**, **141** und das Einsetzen der damit gekoppelten Elektrodenstapelanordnung **225** in die innere Kammer des Gehäuses **90** nicht Teil der vorliegenden Erfindung, und Beispiele davon sind detailliert im vorstehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragenen Patent mit der Endnummer 133 offenbart.

**[0084]** Dann wird die Abdeckung **110** über der Oberkante **92** der Seitenwand des Gehäuses angeordnet, wird die Oberkante **92** über die Abdeckungskante gefalzt und wird die Verbindung dazwischen lasergeschweißt, wobei all dies in einer Art geschieht, die nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist. Eine Verbindungsanordnung wird auch mit den freiliegenden, nach außen vorstehenden Stiften **130** und **135** gekoppelt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Verbinderblock **145** oberhalb des Gehäuses **90** und/oder der Abdeckung **110** angeordnet oder auf andere Weise damit verbunden, und es wird eine Stammverdrahtung **155** daran und Vergussklebstoff darin angeordnet. Die spezielle Konfiguration des Verbinderblocks **145** und das Verfahren zu seiner Herstellung spielen jedoch keine Rolle bei der Verwirklichung der vorliegenden Erfindung. Beispiele davon sind detailliert im vorstehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragenen Patent mit der Endnummer 133 offenbart.

**[0085]** Bei der dargestellten Ausführungsform wird ein vorgeformter Kunststoffverbinderblock **145** durch Führen des Anodendurchführungsstifts **130** durch das Verbinderblock-Anodendurchführungsloch **300** und anschließendes Führen des Kathodendurchführungsstifts **135** durch das Verbinderblock-Kathoden-durchführungsloch **305** an der Anoden-Quetschhülse **95** und der Kathoden-Quetschhülse **100** angeordnet. Der Verbinderblock **145** wird als nächstes abschließend an die Außenfläche des Gehäuses **90** angelegt. Der Anodendurchführungsstift **130** wird dann in eine Anodenfalzhülse **150b** der Stammverdrahtung **155** eingeführt. Der Kathodendurchführungsstift **135** wird dann in eine Kathodenfalzhülse **150a** der Stammverdrahtung **155** eingeführt. Die Falzhülsen **150a** und **150b** werden dann an Durchführungsstifte **130** und **135** gefalzt. Die distalen oder Basisabschnitte der Falzhülsen **150a** und **150b** werden auf eine isolierte Anodenleitung **151** bzw. eine isolierte Kathodenleitung **152** gefalzt. Ein Epoxidklebstoff wird dann in Zwischenräumen im Verbinderblock **145** eingebracht, um die gefalzten Verbindungen zu isolieren, die Drahtführungen **140** und **141**, das Gehäuse **90** und die Quetschhülsen **95** und **100** zu dichten und eine Spannungsentlastung für die Durchführungsstifte **130** und **135** und die Durchführungs-Drahtfalzverbindungen bereitzustellen. Die isolierten Leitungen **151**

und **152** werden ebenso mit dem Anschlussverbinder **153** verbunden, der das weibliche Ende eines Gleitkontakts bildet und dafür ausgelegt ist, mit dem Elektronikmodul **360** in [Fig. 3\(d\)](#) verbunden zu werden.

**[0086]** Die Lebensdauer des Kondensators **265** kann erheblich verkürzt werden, falls Lösungsmitteldampf oder Elektrolytfluid aus dem Inneren des Kondensators **265** entweicht. Weiterhin kann, falls Elektrolyt aus dem Kondensator **265** leckt, der Elektrolyt die Schaltungen angreifen, mit denen der Kondensator **265** verbunden ist, oder er kann sogar einen Leitungsweg zwischen Abschnitten dieser Schaltung bereitstellen. Die vorliegende Erfindung stellt ein vorteilhaftes Mittel zum Verhindern des Entweichens von Lösungsmitteln und Lösungsmitteldämpfen aus dem Kondensator **265** bereit. Insbesondere weist der Kondensator **265** am bevorzugtesten hermetische lasergeschweißte Nähte zwischen dem verbundenen Gehäuse **90** und der Abdeckung **110** und zwischen den Quetschhülsen **95**, **100** und **105** und dem Gehäuse **90** auf. Zusätzlich ist im Anodendurchführungsabschnitt **236** und im Kathodendurchführungsabschnitt **240** am bevorzugtesten eine Klebedichtung angeordnet, um die Quetschhülsenwände und die Durchführungsdrähte zu dichten.

**[0087]** Das Innere des Kondensators **265**, das nicht von der Elektrodenstapelanordnung **225** belegt ist, wird durch den Füllanschluss **107**, der an der Füllanschluss-Quetschhülse **105** in das Loch **139** geschweißt ist, mit Elektrolyt gefüllt, es werden Alterungszyklen ausgeführt, und der Füllanschluss wird dann geschlossen. Das Füllen und Altern werden in mehreren Vakuumimprägnierzyklen ausgeführt, und die Alterungszyklen sind nicht Teil der vorliegenden Erfindung, und Beispiele davon sind detailliert im vorstehend erwähnten, auf den Erwerber der vorliegenden Anmeldung übertragenen Patent mit der Endnummer 133 offenbart. Der Elektrolyt kann ein beliebiger geeigneter flüssiger Elektrolyt für Hochspannungs-Elektrolytkondensatoren sein. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Elektrolyt ein Elektrolyt auf Ethylenglykolbasis mit einer Adipinsäurelösung. Es wird erworben, dass auch andere flüssige Elektrolyte, die zur Verwendung in Hochspannungskondensatoren geeignet sind, verwendet werden können.

**[0088]** Während des Ladens des Kondensators gibt der Elektrolyt auf Ethylenglykolbasis Wasserstoffgas ab, das sich innerhalb der inneren Kondensatorkammer ansammelt und schließlich bewirken kann, dass sich die Basis und die Abdeckung nach außen vorwölben. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird Wasserstoffgas durch das Lumen des Füllanschlusses **107** abgegeben, während ein Verlust an Flüssigkeit oder verdampftem Elektrolyt verhindert wird.

**[0089]** Es sei bemerkt, dass der Kondensator **265** alternativ als ein gehäusenegativer Kondensator hergestellt werden kann, wobei das Gehäuse **90** und die Abdeckung **110** elektrisch mit den Kathodenschichten verbunden sind und daher auf dem gleichen elektrischen Potential wie die Kathodenschichten, d.h. auf einem negativen Potential, liegen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Anodenschicht (**170**) für die Verwendung in einem Elektrolytkondensator (**265**) mit folgenden Schritten:

Bereitstellen einer dünnen metallischen Anodenfolie, gekennzeichnet durch:  
Ätzen der dünnen metallischen Anodenfolie, um bestimmte Poren (**192**, **194**), die sich über einen Teil des Weges durch die dünnen metallischen Anodenfolien erstrecken, und weiter durchgeätzte Tunnel (**198**), die sich durch die gesamte dünne metallische Anodenfolie erstrecken, zu bilden, um dadurch eine geätzte Anodenfolie zu bilden, die eine vergrößerte Oberfläche bereitstellt,  
nach dem Ätzschritt, Schneiden einer Form in die geätzte Anodenfolie, um eine erste, eine zweite und eine dritte geätzte Anodenlage (**185'**, **190a**, **190b**) bereitzustellen, die jeweils eine erste und eine zweite einander entgegengesetzte Hauptflächen (**186**, **188**), die durch eine Anodenlagenkante und eine Anodenlagendicke begrenzt sind, aufweisen,  
Bilden einer Mehrzahl von Durchgangslöchern (**202**), die sich zwischen der ersten und der zweiten einander entgegengesetzten Hauptflächen (**186**, **188**) und durch die Anodenlagendicke der ersten (**190a**) und der zweiten (**190b**) geätzten Anodenlage erstrecken, nach dem Schneidschritt, Bilden einer Oxidschicht, die die Poren-(**190**), die durchgeätzte Tunnel-(**192**) und die Durchgangsloch-(**202**)Flächen der ersten (**190a**) und der zweiten (**190b**) geätzten Anodenlage sowie die Poren-(**190**) und die durchgeätzte Tunnel-Fläche der dritten Anodenlage (**185'**) überzieht, und  
Zusammensetzen der ersten (**190a**), der zweiten (**190b**) und der dritten (**185'**) geätzten Anodenlage (**185/190**) zu der Anodenschicht (**170**), dadurch gekennzeichnet, dass die dritte geätzte Anodenlage (**185'**) zwischen der ersten und der zweiten geätzten Anodenlage (**190a**, **190b**) angeordnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bereitstellens einer metallischen Anodenfolie das Bereitstellen einer Aluminiumfolie aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Schritt des Bildens von Durchgangslöchern weiter das Bilden der Mehrzahl von Durchgangslöchern aufweist, die in einem verhältnismäßig gleichmäßigen Abstand voneinander angeordnet sind.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden An-

sprüche, wobei der Schritt des Bildens einer Mehrzahl von Durchgangslöchern weiter eines aus der Gruppe aufweist, die aus Stanzen, mechanischem Drillen und Laserbohren ausgewählt ist.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Durchgangslöcher eine gleichmäßige Größe aufweisen und gleichmäßig beabstandet sind, um den äquivalenten Reihenwiderstand zu minimieren und die Kapazität zu maximieren.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei:  
der Schneidschritt weiter das Schneiden der vierten und der fünften geätzten Anodenlage von der geätzten Anodenfolie aufweist,  
der Bildungsschritt weiter das Bilden einer Mehrzahl von Durchgangslöchern aufweist, die sich zwischen der ersten und der zweiten einander entgegengesetzten Hauptflächen und durch die Anodenlagendicke der vierten und der fünften geätzten Anodenlage erstrecken,  
der Bildungsschritt das Bilden einer Oxidschicht aufweist, die über den Flächen der Pore und Durchgangslöcher der vierten und der fünften geätzten Anodenlage liegt, und  
der Zusammensetzungsschritt das Anordnen der ersten Hauptflächen der vierten und der fünften geätzten Anodenlage an den zweiten Hauptflächen der ersten und der zweiten geätzten Anodenlage zu einer Anodenschicht aufweist, wobei die dritte geätzte Anodenlage zwischen der ersten und der vierten geätzten Anodenlage und der zweiten und der fünften geätzten Anodenlage angeordnet wird.

7. Verfahren zum Herstellen eines Elektrolytkondensators (265) mit den folgenden Schritten:  
Herstellen einer Anodenschicht nach einem der voranstehenden Ansprüche und  
Bereitstellen einer Trennschicht (170) und einer Kathodenlage (175),  
Anordnen der Trennschicht (180) zwischen einer ersten Hauptfläche der Anodenschicht (170) und einer Hauptfläche der Kathodenlage (175), um eine Kondensatorschicht (225) zu bilden, welche exponierte bzw. ungeschützte zweite Hauptflächen der Anodenschicht (170) und der Kathodenlage (175) aufweist, Bereitstellen eines Kondensatorgehäuses (90) mit einer Kondensatorinnenkammer, die bemessen ist, um die Kondensatorschicht (225) aufzunehmen, Einfügen der Kondensatorschicht (225) in die Kondensatorinnenkammer und  
Füllen der Kondensatorinnenkammer mit einem Elektrolyten, um die Kondensatorschicht (225) mit dem Elektrolyten zu imprägnieren.

8. Verfahren nach Anspruch 7 mit den weiteren Schritten:  
Bereitstellen einer weiteren Mehrzahl von Trennschichten,  
Bilden einer Mehrzahl von Kondensatorschichten

nach den Schritten von Anspruch 8 mit dem zusätzlichen Schritt des Aufbringens von mindestens einer Trennschicht, die über einer der freigelegten zweiten Hauptflächen der Anodenschicht und der Kathodenlage jeder Kondensatorschicht liegt, und  
Stapeln der Mehrzahl von Kondensatorschichten zu einer Elektrodenstapelanordnung, wobei alle Anodenschichten und Kathodenlagen durch mindestens eine Trennschicht getrennt werden.

9. Geschichteter Aluminiumelektrolytkondensator (265),  
gekennzeichnet durch:  
eine Anodenschicht (170) mit entgegengesetzten Hauptanodenschichtflächen und einer Anodenschichtkante um den Umfang der entgegengesetzten Hauptflächen, wobei die Anodenschicht (170) gebildet ist aus: einer ersten (190a), zweiten (190b) und dritten (185') Anodenlage, die geätzt sind, um bestimmte Poren (192, 194), die sich über einen Teil des Weges durch die Anodenlagen erstrecken, und bestimmte durchgeätzte Tunnel (196), die sich durch die gesamten Anodenlagen erstrecken, zu bilden, wodurch erste, zweite und dritte geätzte Anodenlagen (185/190) gebildet sind, welche eine vergrößerte Oberfläche aufweisen, wobei die geätzten Anodenlagen (185/190) eine erste und eine zweite Hauptanodenlagenfläche (186, 188), die einander entgegengesetzt sind, aufweisen, welche durch eine Anodenlagenkante und eine Anodenlagendicke begrenzt sind, wobei die erste (190a) und die zweite (190b) Anodenlage eine Mehrzahl von Durchgangslöchern (202) aufweisen, die gebohrt sind, so dass sie sich zwischen der ersten und der zweiten Hauptfläche (186, 188), die einander entgegengesetzt sind, und durch die Anodenlagendicke der geätzten Anodenlage (185/190) erstrecken, und einer Oxidschicht, die über den freigelegten Flächen der Poren, der durchgeätzten Tunnel (192, 194) und der Durchgangslöcher (202) der ersten und der zweiten Lage und den Poren und durchgeätzten Tunneln der dritten Lage (185') liegen,  
eine Kathodenschicht (175),  
eine Trennschicht (180), die zwischen der Anodenschicht (170) und der Kathodenschicht (175) positioniert ist, und  
einen Elektrolyten, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Lage (185') zwischen der ersten und der zweiten Lage (190a, b) positioniert ist.

10. Kondensator nach Anspruch 9, wobei die Mehrzahl von Anodenschichten, Kathodenschichten und Trennschichten gestapelt ist, um eine Elektrodenstapelanordnung zu bilden, bei der die Anodenschichten elektrisch miteinander gekoppelt sind und die Kathodenschichten elektrisch miteinander gekoppelt sind.

11. Kondensator nach Anspruch 10, weiter aufweisend:

ein Kondensatorgehäuse mit einer Gehäuseinnenkammer zum Einschließen der Elektrodenstapelanordnung und des Elektrolyten, einen elektrischen Anodenkontakt, der sich von den gekoppelten Anodenschichten zu einem Anodenverbindungsanschluss außerhalb des Gehäuses erstreckt, und einen elektrischen Kathodenkontakt, der sich von den gekoppelten Kathodenschichten zum Außenbereich des Gehäuses erstreckt.

12. Kondensator nach Anspruch 10, wobei die Anodenschicht aus einer Mehrzahl der Anodenlagen gebildet ist, die so gestapelt sind, dass die ersten und zweiten Hauptanodenlagenflächen der benachbarten gestapelten Anodenlagen zumindest in teilweisem Kontakt sind.

13. Kondensator nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei die Mehrzahl von Durchgangslöchern mit einem verhältnismäßig gleichmäßigen Abstand von einander angeordnet ist.

14. Kondensator nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei die metallische Anodenlage eine Aluminiumfolie aufweist.

15. Kondensator nach einem der Ansprüche 9 bis 14, wobei die Mehrzahl von Durchgangslöchern durch eines aus der Gruppe gebildet ist, die aus Stanzen, mechanischem Bohren und Laserbohren ausgewählt ist.

16. Kondensator nach einem der Ansprüche 9 bis 15, wobei die Durchgangslöcher eine gleichmäßige Größe aufweisen und gleichmäßig beabstandet sind, um den äquivalenten Reihenwiderstand zu minimieren und die Kapazität zu maximieren.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

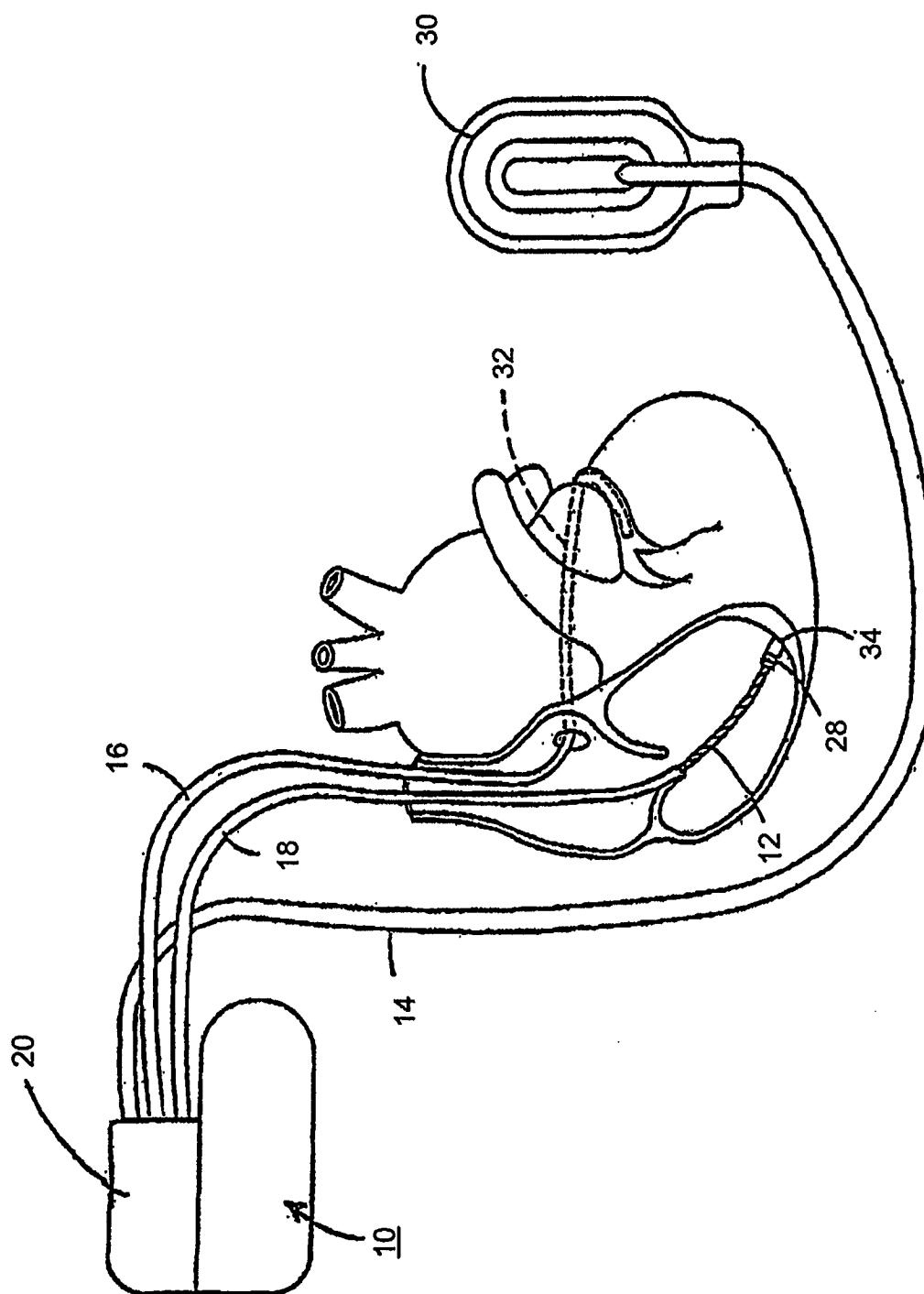


FIG. 1

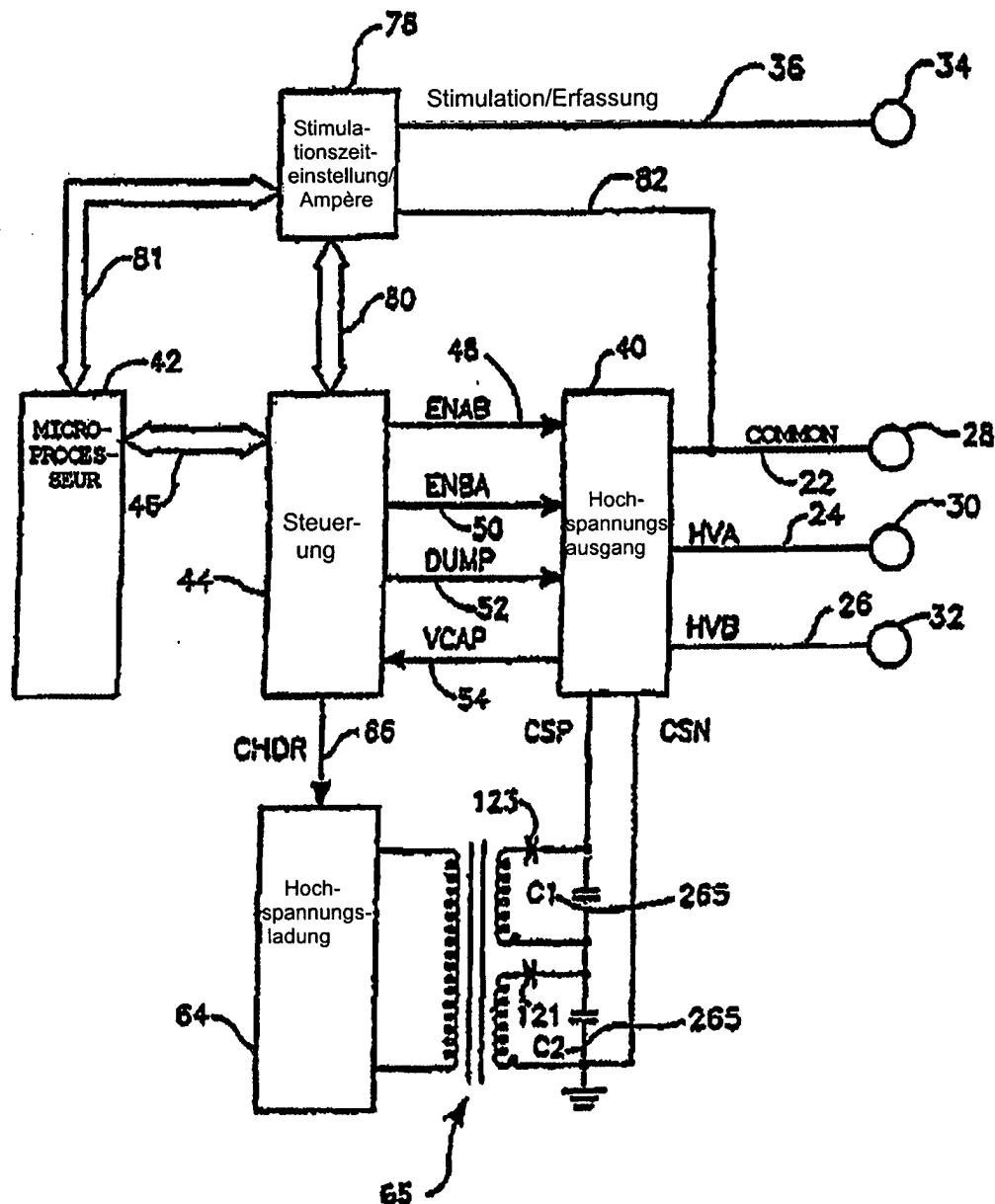
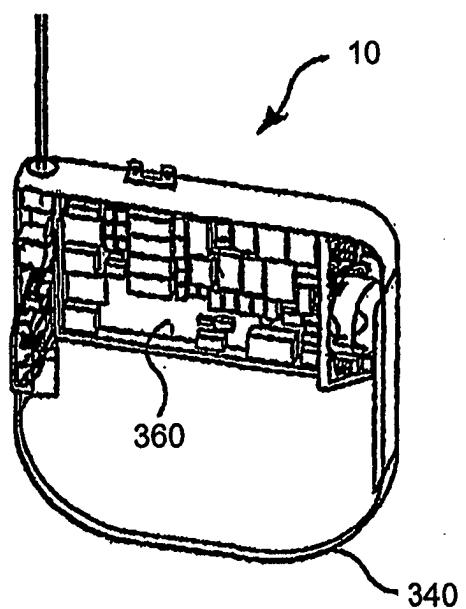
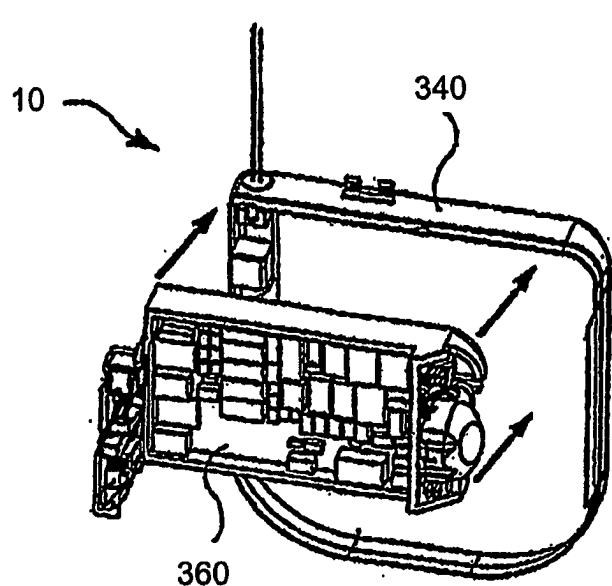
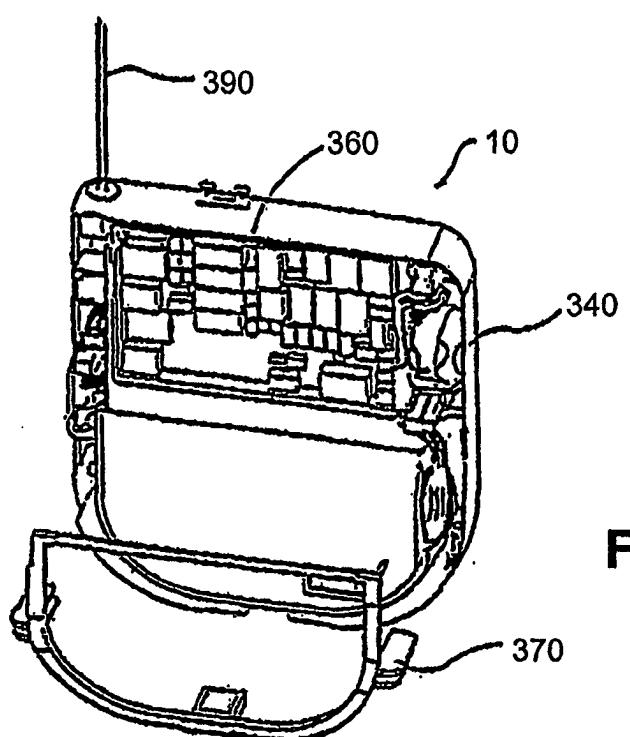
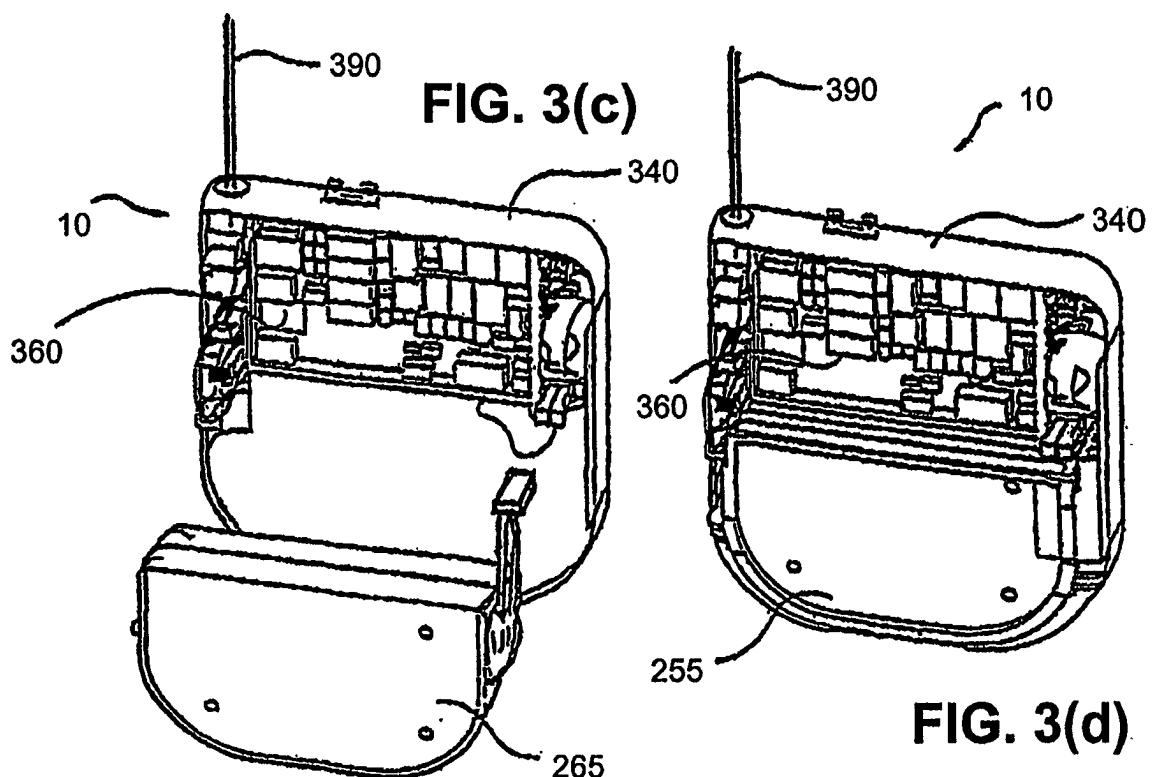


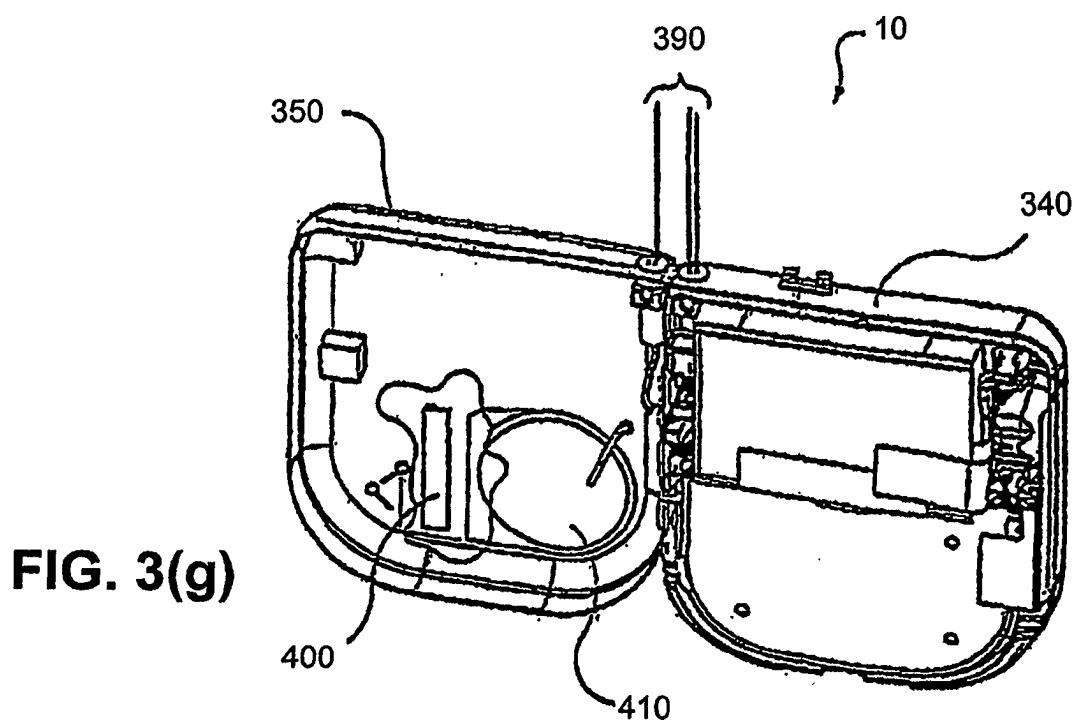
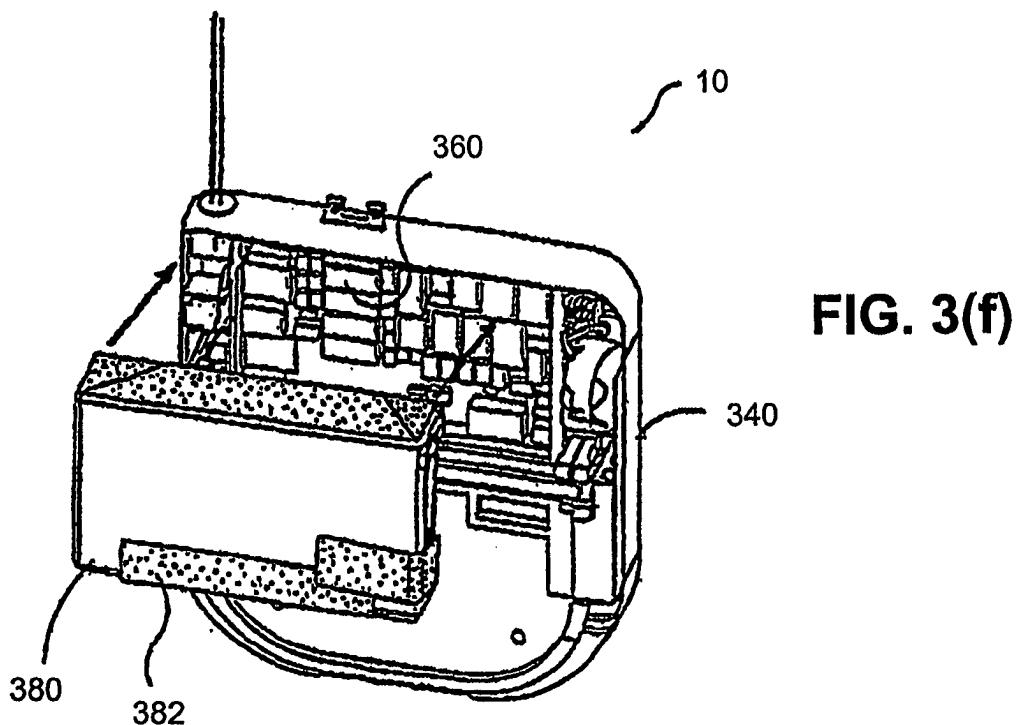
FIG. 2

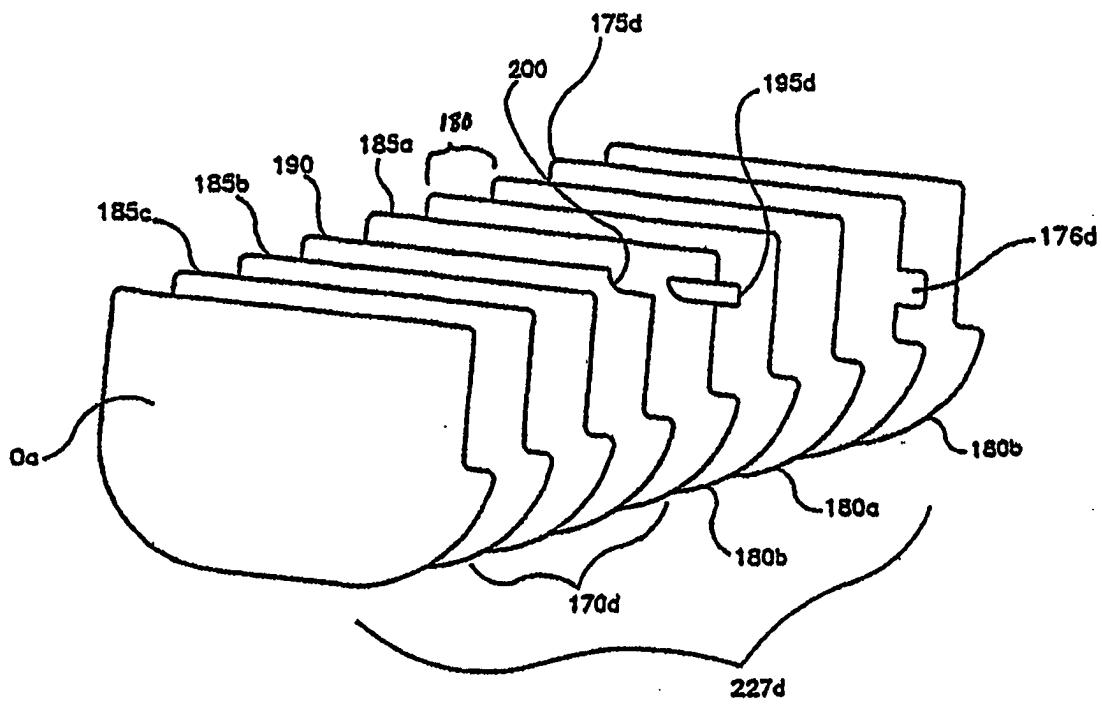


**FIG. 3(a)**

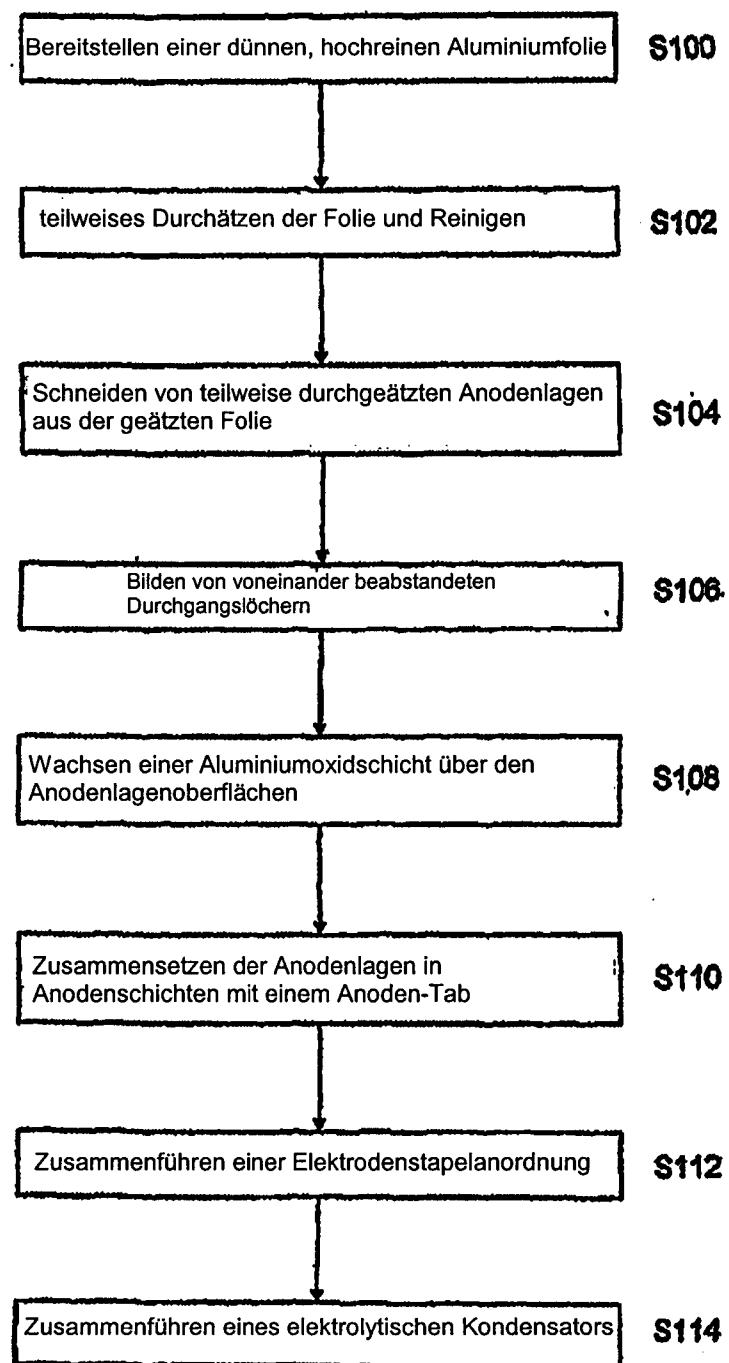
**FIG. 3(b)**

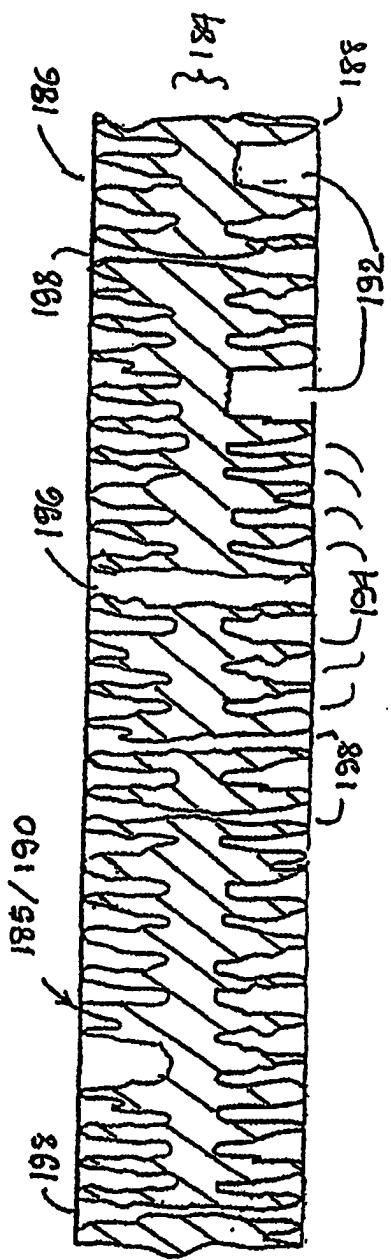




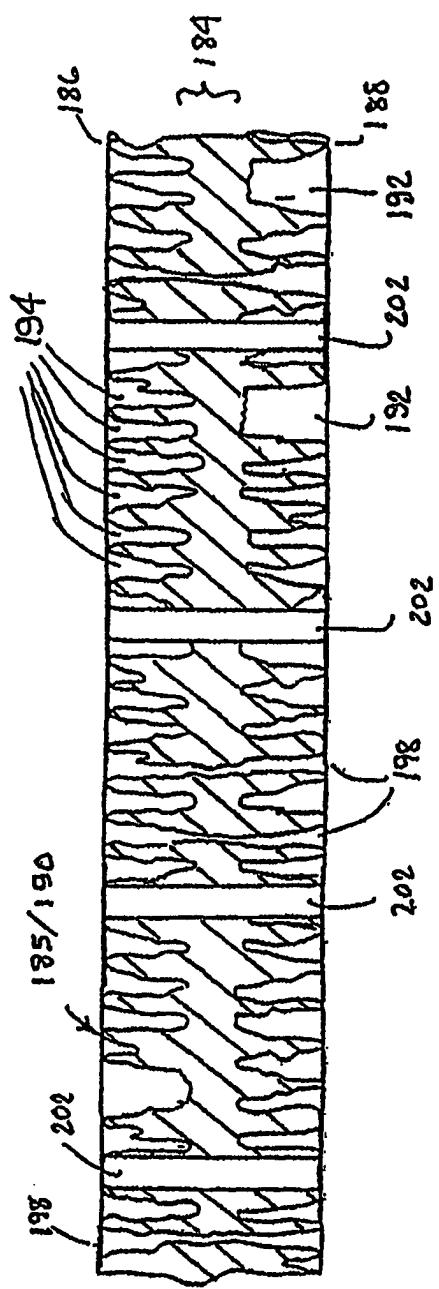


**FIG. 4**

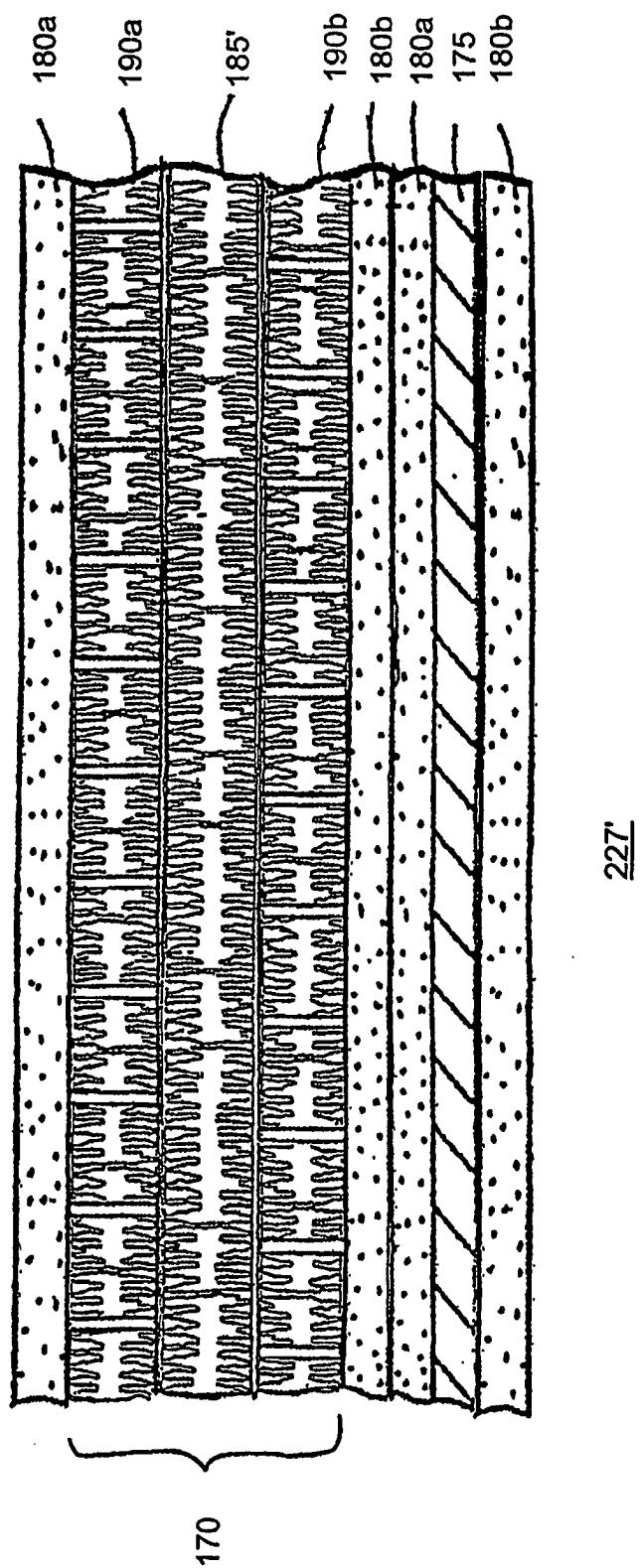
**FIG. 5**



**FIG. 6(a)**

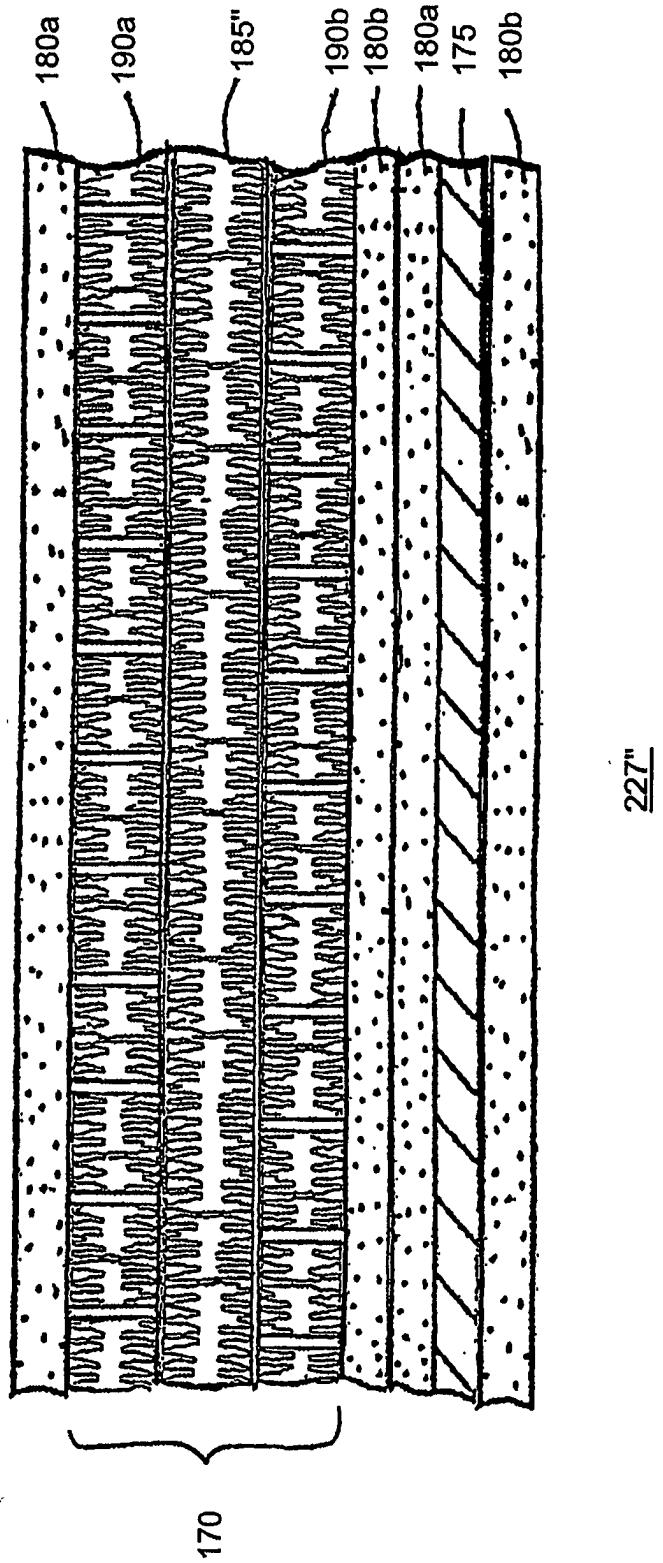


**FIG. 6(b)**



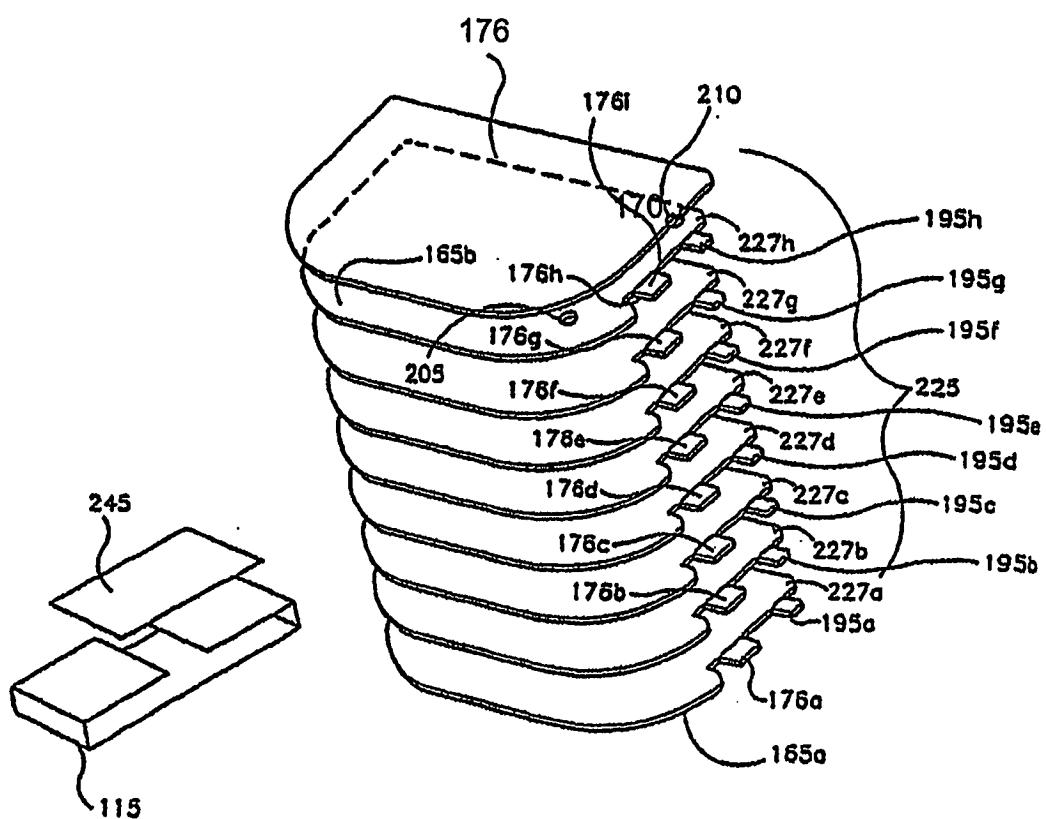
**FIG. 6(c)**

227'

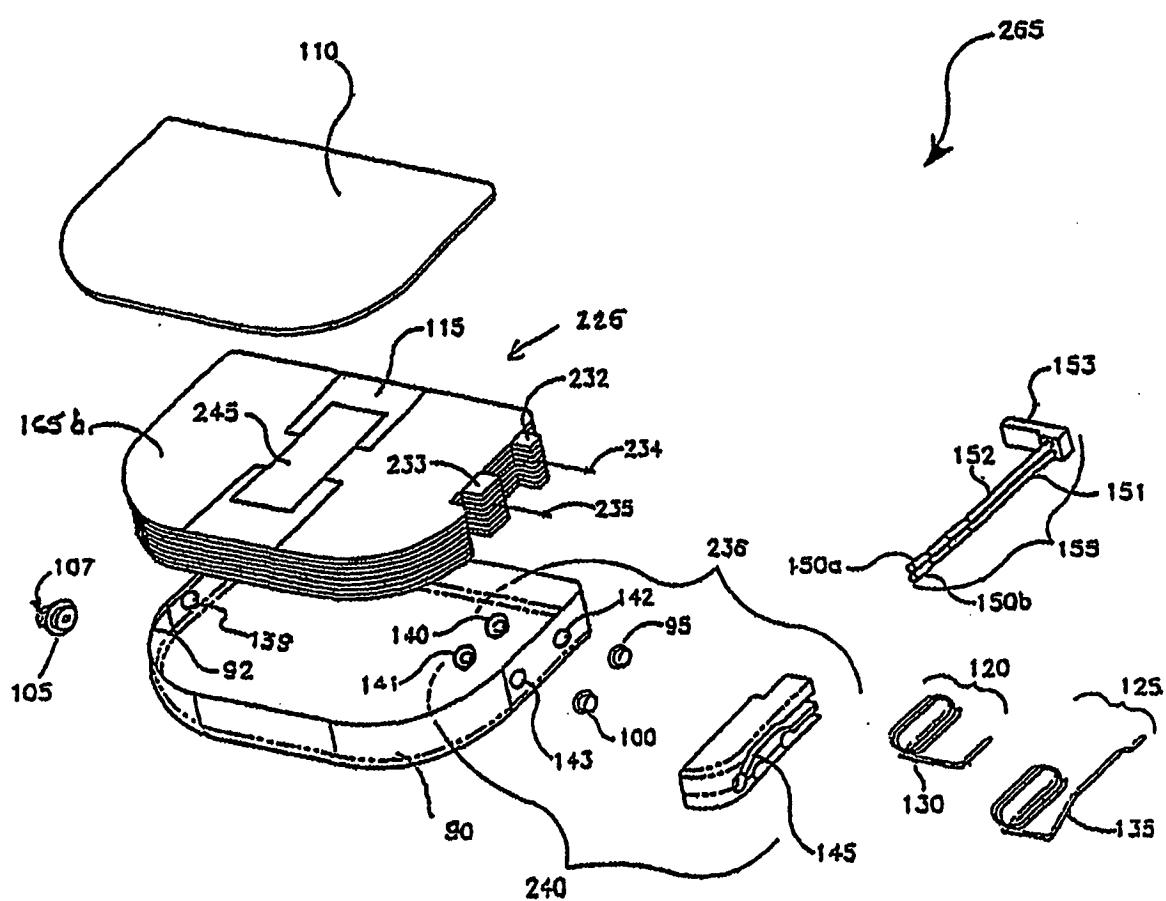


**FIG. 6(d)**

170



**FIG. 7**



**FIG. 8**