

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen monolithischen Vielschichtaktor mit einem Stapel piezokeramischer oder elektrostriktiver Schichten mit Innenelektroden, die in der Stapelfolge abwechselnde Polarität aufweisen und abwechselnd zu gegenüberliegenden seitlichen Oberflächen des Stapels herausgeführt und dort über Außenelektroden elektrisch parallel geschaltet sind, wobei die Innenelektroden gegebener Polarität jeweils zur Außenelektrode mit entgegengesetzter Polarität hin eine isolierende Aussparung aufweisen, so dass ein aktiver Stapelbereich und inaktive Kontaktierungsbereiche gebildet sind. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen monolithischen Vielschichtaktors.

Stand der Technik

[0002] Piezokeramische Aktoren sind elektro-mechanische Wandler, bei denen der reziproke piezoelektrische Effekt ausgenutzt wird. Legt man an eine piezokeramische Platte mit Elektroden auf ihren Hauptflächen, die in Richtung der Plattendicke polarisiert ist, ein elektrisches Feld an, so kommt es zu einer Formänderung. Konkret vollzieht sich eine Ausdehnung in Richtung der Plattendicke, wenn das angelegte elektrische Feld parallel zum ursprünglichen Polungsfeld gerichtet ist. Gleichzeitig kommt es senkrecht zur Feldrichtung zu einer Kontraktion. Durch Übereinanderstapeln einer Vielzahl solcher Platten in Sinne einer mechanischen Reihenschaltung und elektrischer Parallelschaltung der Platten, können so die Deformationen der einzelnen Platten addiert werden, so dass sich Auslenkungen im Mikrometerbereich pro mm Bauhöhe realisieren lassen.

[0003] Multilayerstacks werden durch ein Übereinanderstapeln einer Vielzahl von Einzelplatten bzw. Einzelschichten aus Piezokeramik hergestellt. Bei monolithischen Vielschichtaktoren erfolgt hierbei das Stapeln bereits im Grünzustand – im Anschluss erfolgt das Sintern. Die Folien sind hierbei mit Elektrodenmaterial bedruckt. Es erfolgt eine Stapelung derart, dass wechselseitig auf gegenüberliegenden Flächen die Innenelektroden bis zur Oberfläche des Aktors herausgezogen werden. Dort werden diese mit einer Außenelektrode elektrisch verbunden, die üblicherweise aus einer aufgetragenen Metallisierung besteht, die durch Lötung mit einem Anschlusselement verbunden ist. Die Stapelfolge der mit Innenelektroden versehenen Schichten ist somit A-B-A-B..., usw., da die in Richtung des Stapelaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils mit abwechselnder Polarität und abwechselnd an gegenüberliegenden Seiten kontaktiert werden müssen.

[0004] Es ist bekannt, dass bei diesem interdigitalen Elektrodenaufbau mit in der Stapelfolge alternierender Polarität ein Teil der jeweiligen Innenelektrode

ausgespart bleiben muss, um elektrische Kurzschlüsse zu vermeiden. Der bekannte Aufbau bietet den Vorteil, dass die Layer A und B des Aktors identisch sind; sie müssen beim Stapeln lediglich jeweils um 180° gedreht aufeinander gelegt werden.

[0005] Es ist auch bekannt, zum Beispiel aus der gattungsgemäßen DE 102 34 787 C1, dass im Bereich dieser Elektrodenaussparungen im Betrieb des Aktors kein elektrisches Feld wirkt. Im folgenden werden diese Bereiche, welche sich entlang der Stapellängsachse ausdehnen, als inaktive Kontaktierungsbereiche bezeichnet. Die inaktiven Kontaktierungsbereiche haben beim Polen bzw. beim Ansteuern im Betrieb keine Eigendehnung. Somit entstehen in den inaktiven Kontaktierungsbereichen Zugspannungen, welche zu unerwünschter Rissbildung führen können. Diese Risse entlasten zwar den umgebenden Bereich. Bei Ausbreitung in den aktiven Stapelbereich sind diese Risse jedoch für die zuverlässige Funktion des Aktors kritisch. Eine unkontrollierte Rissausbreitung kann zur mechanischen oder elektrischen Zerstörung des Stacks führen.

[0006] Zur Überwindung dieser Rissproblematik sind bereits mehrere Lösungsansätze bekannt, die sich allerdings meist auf die Verringerung des Problems hinsichtlich sich in die Außenmetallisierung fortsetzender Risse konzentrieren. Beispielsweise wird in der zuvor genannten deutschen Patentschrift ein gezieltes Einbringen von Mikrostörungen in das Aktorgefüge vorgeschlagen. Die Festigkeit in diesen Bereichen ist niedriger als im umgebenden Bereich, somit entstehen dort diese Entlastungsrisse. Dadurch, dass die Lage der gezielt erzeugten Risse bekannt ist, kann dann durch eine entsprechende dehnbare Elektrodenkonfiguration für eine sichere elektrische Kontaktierung gesorgt werden. Die bekannte Lösung ist jedoch von Material, Prozessführung und Anforderungen an die Außenkontaktierung her auf einschränkende Vorgaben bzw. aufwändige Maßnahmen festgelegt, um eine kontrollierbare, erwünschte Rissbildung zu gewährleisten.

[0007] Aus der US 5 089 739 ist ein piezokeramischer Vielschichtaktor mit mehreren Stapeln bekannt, bei dem zur Verbesserung der Rissproblematik Zwischenelemente eingefügt sind, die im Vergleich zu den normalen Piezoschichten einen kleineren Querschnitt aufweisen, so dass zwischen den Stapeln Biegeschlitze gebildet sind. Bei den Zwischenelementen kann es sich insbesondere um spezielle Piezoschichten ohne Innenelektrode und mit gegenüber den normalen Piezoschichten niedrigerer Sintertemperatur handeln.

Aufgabenstellung

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, bei geringem herstellungsmäßigem Aufwand, einen monolithi-

schen Vielschichtaktor der eingangs genannten Art so zu gestalten, dass eine wesentliche Verbesserung hinsichtlich der Rissproblematik eintritt.

[0009] Die gegenständliche Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt durch einen monolithischen Vielschichtaktor gemäß Anspruch 1. Die verfahrensseitige Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt mit einer Lehre gemäß Anspruch 6. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beansprucht.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einem Aktor der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der aktive Stapelbereich des Aktors in Stapellängsrichtung in mindestens zwei aktive Stapelbereiche unterteilt ist, welche durch dazwischenliegende inaktive Stapelbereiche verbunden sind. Der Grundgedanke der Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die maximalen Zugspannungswerte von der Gesamtlänge des aktiven Stapelbereichs abhängig sind und besteht darin, den bisher einteiligen aktiven Stapelbereich in mehrere kleinere aktive Stapelbereiche zu unterteilen, welche durch dazwischenliegende inaktive, also im Betrieb keine Eigendehnung aufweisende Stapelbereiche verbunden sind. Dies führt zur Reduzierung der maximalen Zugspannungswerte in Aktorlängsrichtung in den zu den kleineren aktiven Stapelbereichen gehörigen inaktiven Kontaktierungsbereichen. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Entlastungsrissen in den einzelnen aktiven Stapelbereichen und damit im Aktorgefüge insgesamt erheblich reduziert. Bei dem erfindungsgemäßen monolithischen Vielschichtaktor wird die Erzeugung der den Aktor quer zu seiner Längsrichtung unterteilenden inaktiven Stapelbereiche auf einfache Weise dadurch erreicht, dass an jeder Stelle im Stapel, an der ein inaktiver Stapelbereich vorgesehen ist, die Stapelfolge der Schichten mit aufeinanderfolgenden Innenelektroden so geändert ist, dass der durch mindestens eine inaktive Stapelschicht gebildete inaktive Stapelbereich zwischen Innenelektroden gleicher Polarität A oder B angeordnet ist.

[0011] Bei besonders vorteilhaften Ausgestaltungen dieser Ausführungsform ändert sich im Aufbau des Aktors nur die Stapelfolge, während die Elektrodengeometrie selbst unverändert bleibt.

[0012] Eine besonders einfache Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass ein aus einer einzigen inaktiven Stapelschicht bestehender inaktiver Stapelbereich vorgesehen ist, und dass die Stapelfolge an der mindestens einen Stelle im Stapel, an der ein derartiger inaktiver Stapelbereich vorgesehen ist, von ...ABAB... zu ...ABABBAB... oder zu ...ABAA-BA... geändert ist.

[0013] Um einen vergrößerten inaktiven Stapelbereich zu erhalten, ist es vorteilhaft, wenn mindestens

einer der inaktiven Stapelbereiche durch $x = 2 \dots n$ übereinander angeordnete inaktive Stapelschichten gebildet ist, und wenn die geänderte Stapelfolge an den Stellen im Stapel, an denen derartige inaktive Stapelbereiche vorgesehen sind, durch ...ABA(x-1)AABA... oder durch ...ABAB(x-1)BBAB... gegeben ist.

[0014] Bei dynamischem Betrieb des Aktors treten auch in den inaktiven Stapelbereichen Zugspannungen auf. Um dort eine definierte Rissinitiierung und -ausbreitung zu ermöglichen, können vorteilhafterweise eine oder mehrere Elektrodenschichten unterschiedlicher Ausführungen in den inaktiven Stapelbereichen vorgesehen werden.

[0015] Es ist von Vorteil, dass mindestens einer der inaktiven Stapelbereiche aus zwei inaktiven Stapelschichten besteht, und dass die Stapelfolge an den Stellen im Stapel, an denen derartige inaktive Stapelbereiche vorgesehen sind, durch ...ABACABA oder ...ABABCBAB... gegeben ist, wobei zwischen den beiden inaktiven Stapelschichten eine Innenelektrode C vorgesehen ist, deren Elektrodengeometrie so ausgebildet ist, dass die Innenelektrode C zu den beiden gegenüberliegenden seitlichen Oberflächen des Stapels herausgeführt ist und in ihrem inneren Bereich durch eine elektrisch isolierende Aussparung geteilt ist.

[0016] Diese Art der Stapelbildung kann dahingehend erweitert werden, dass mindestens einer der inaktiven Stapelbereiche aus $x = 3 \dots n$ inaktiven Stapelschichten besteht, und dass die Stapelfolge an den Stellen im Stapel, an denen derartige inaktive Stapelbereiche vorgesehen sind, durch ...AB(x-1)CBA... oder ...BA(x-1)CAB... gegeben ist, wobei zwischen den x inaktiven Stapelschichten jeweils $(x-1)$ Innenelektroden C vorgesehen sind, deren Elektrodengeometrie jeweils so ausgebildet sind, dass die Innenelektroden C zu den beiden gegenüberliegenden seitlichen Oberflächen des Stapels herausgeführt sind und in ihrem inneren Bereich durch eine elektrisch isolierende Aussparung geteilt sind.

[0017] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines monolithischen Vielschichtaktors sieht vor, dass bei der Stapelung der zu sinternden Schichten die Stapelfolge abweichend von einer in der Stapelfolge abwechselnden Polarität ...ABAB... der Innenelektroden so verändert wird, dass an mindestens einer Stelle des Stapels ein zwischen zwei Innenelektroden gleicher Polarität A oder B angeordneter inaktiver Stapelbereich erzeugt wird.

[0018] Ohne Umbau der bestehenden Fertigungsanlagen kann insbesondere die Stapelung der zu sinternden Schichten, deren Innenelektroden gleiche Elektrodengeometrie aufweisen, derart erfolgen, dass die Schichten an solchen Stellen im Stapel, an

denen eine unveränderte Stapelfolge mit alternierender Polarität ...ABAB... vorgesehen ist, jeweils um 180° gedreht aufeinander gelegt werden, und dass die Schichten an solchen Stellen im Stapel, an denen eine geänderte Stapelfolge ...AB...BA... oder ...BA...AB... vorgesehen ist, ohne Drehung, mit kongruenten Innenelektroden, aufeinander gelegt werden.

[0019] Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

[0020] [Fig. 1](#) im Diagonalschnitt den Aufbau eines Vielschichtaktors nach dem Stand der Technik,

[0021] [Fig. 2](#) in gleicher Darstellung den Aufbau eines erfindungsgemäßen Aktors mit geänderter Stapelfolge,

[0022] [Fig. 3](#) in Draufsicht eine typische Elektrodengeometrie für Aktoren gemäß den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#),

[0023] [Fig. 4](#) in gleicher Darstellung wie [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) eine weitere Ausführungsform gemäß der Erfindung,

[0024] [Fig. 5](#) in gleicher Darstellung wie [Fig. 4](#) eine Ausführungsform der Erfindung mit geänderter Stapelfolge und geänderter Elektrodengeometrie,

[0025] [Fig. 6](#) in gleicher Darstellung wie [Fig. 3](#) eine Elektrodengeometrie des Aktors gemäß [Fig. 5](#).

[0026] [Fig. 1](#) zeigt schematisch den aus dem Stand der Technik bekannten Aufbau eines monolithischen Vielschichtaktors, dessen Stapelfolge durch Innenelektroden **1** alternierender Polarität ...ABAB... definiert ist. Ein derartiger Stapel entsteht in bekannter Weise durch das Sintern einer Vielzahl dünner piezokeramischer Schichten **2**, die bereits, beispielsweise in der in [Fig. 3](#) dargestellten Weise, mit einer als Innenelektrode **1** vorgesehenen Metallisierung bedruckt sind. Die einzelnen, jeweils von einer seitlichen Oberfläche des Stapels fingerartig in den Stapel hineingreifenden Innenelektroden **1** einer gegebenen Polarität A oder B sind, wie in [Fig. 1](#) nur angedeutet, auf den jeweiligen Seiten (mittels einer nicht dargestellten Grundmetallisierung) elektrisch parallel geschaltet. Andererseits liegen die sich fingerartig von der jeweiligen Seite in den Aktor erstreckenden Innenelektroden **1** zur gegenüberliegenden seitlichen Oberfläche hin frei, was, wie in [Fig. 3](#) erkennbar, üblicherweise durch eine isolierende Aussparung **3** realisiert wird. Durch die in jedem Layer **2** vorgesehene Aussparung **3** ergibt sich im Stapel einerseits ein zentraler aktiver Stapelbereich **4** und, andererseits, zwei sich entlang der Stapellängsachse erstreckende inaktive Kontaktierungsbereiche **5**. Durch die in [Fig. 1](#) rechts neben dem Stapel hinzugefügte Kur-

vendarstellung wird der funktionale Verlauf der Zugspannungen σ in den inaktiven Kontaktierungsbereichen **5** verdeutlicht, die ihr Maximum in der Mitte des Stapels erreichen. Diese hohen Zugspannungen können zur unkontrollierbaren Rissintiation und -ausbreitung führen.

[0027] [Fig. 2](#) zeigt einen erfindungsgemäßen Aktor, bei dem der Stapel, genauer: der aktive Stapelbereich **4**, durch zwei inaktive Stapelbereiche **6** in drei kleinere, d. h. kürzere aktive Stapelbereiche **4** aufgeteilt ist. Der wiederum rechts neben dem Stapel dargestellte Verlauf der Zugspannungen σ lässt erkennen, dass die Werte in Aktorlängsrichtung in den zu den verkürzten aktiven Stapelbereichen gehörigen inaktiven Kontaktierungsbereichen **5** erheblich reduziert sind, besonders im untersten, kürzesten aktiven Stapelbereich **4**.

[0028] Die Teilung des aktiven Stapelbereiches **4** erfolgt gemäß der in [Fig. 2](#) dargestellten Ausführungsform der Erfindung einfach dadurch, dass an einer oder mehreren vordefinierten Stellen des Multilayerstacks eine Änderung der Stapelfolge von ..ABA-BAB... zu, beispielsweise, ...ABABBAB...ABAABA..., erfolgt. Der hier jeweils durch eine einzige inaktive Stapelschicht gebildete inaktive Stapelbereich **6** wird dabei jeweils von zwei Innenelektroden **1** gleicher Polarität A oder B eingegrenzt, so dass in Betrieb kein elektrisches Feld wirkt und dort keine Eigendehnung auftritt. Die Elektrodengeometrie selbst bleibt hier und im folgenden Ausführungsbeispiel unverändert. Im Anwendungsfall eines Aktors von beispielsweise 30 mm Länge (entsprechend 330 Layer) ist es vorteilhaft, ca. neun auf die Länge des Aktors verteilte inaktive Stapelbereiche vorzusehen.

[0029] In [Fig. 4](#) ist ein Ausführungsbeispiel mit im Vergleich zum Beispiel gemäß [Fig. 2](#) vergrößerten inaktiven Stapelbereichen **6** dargestellt. Die inaktiven Stapelbereiche **6** umfassen jeweils eine weitere inaktive Stapelschicht, wobei zwischen den insgesamt zwei inaktiven Stapelschichten eine weitere Innenelektrode **1** angeordnet ist, die die gleiche Polarität wie die den jeweiligen inaktiven Stapelbereich **6** begrenzenden Innenelektroden **1** aufweist. Es können auch noch mehr Schichten **2** durch Änderung der Stapelfolge bezüglich der Polarität der entsprechenden Innenelektroden **1** 'inaktiviert' werden, wodurch die inaktive Stapelfolge gezielt dem Anwendungsprofil angepasst werden kann.

[0030] [Fig. 5](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Änderung der Stapelfolge zur Erzeugung der jeweiligen inaktiven Stapelbereiche **6** nicht nur die Abweichung von der normalen, alternierenden Polaritätenfolge der Innenelektroden **1** betrifft, sondern auch eine Änderung der Elektrodengeometrie der jeweils zwischen zwei inaktiven Stapelschichten angeordneten Innenelektrode **1** umfasst. Hierbei hat der

Patentansprüche

Layer C bzw. die zugehörige Innenelektrode **1** eine beispielhaft in [Fig. 6](#) dargestellte Elektrodengeometrie, welche sich dadurch auszeichnet, dass die Elektrode **1** auf beiden Seiten die Oberfläche des Stapels erreicht. Um einen elektrischen Kurzschluss zu vermeiden, müssen diese speziellen Elektroden **1** im inneren Bereich geteilt sein. Der Abstand d ist hierbei so zu wählen, dass es bei den im Betrieb auftretenden Spannungen zu keinen Überschlägen kommt. Die gezeigte Geometrie ist nur als Beispiel zu sehen. Die dargestellte Ausführungsform hat gegenüber der in [Fig. 4](#) dargestellten Ausführungsform den Vorteil, dass ein in der Peripherie des jeweiligen inaktiven Stapelbereiches **6** entstehender Riss sich auf jeden Fall in erwünschter und für die Rissausbreitung typischer Weise entlang der speziellen Elektrode **1** der Schicht C ausbreiten kann, ohne sich in unerwünschter Weise in die ober- und unterhalb des inaktiven Stapelbereiches **6** anschließenden aktiven Stapelbereiche **4** auszubreiten.

[0031] Es ist auch möglich, in den inaktiven Stapelbereichen **6** jeweils mindestens zwei oder mehr Layer C und entsprechend viele inaktive Stapelschichten, also eine dementsprechend geänderte Stapelfolge vorzusehen.

[0032] Für alle Ausführungsbeispiele gilt, dass die Anzahl und Größe der die aktiven Stapelbereiche **4** aufbauenden aktiven Stapelschichten ebenfalls unterschiedlich ausgeführt und dem jeweiligen Anwendungszweck angepasst werden kann.

[0033] Erfindungsgemäß ergibt sich insbesondere bei den Ausführungen mit unveränderten Elektrodengeometrien, aber veränderter Stapelfolge der große herstellungstechnische Vorteil, dass bestehende Fertigungsanlagen ohne Umbau weiter genutzt werden können. Es muss nur die Stapelfolge bzw. die Anordnung der einzelnen Schichten vor dem Sintern geändert werden, was ohne größeren Aufwand durchführbar ist.

[0034] Andere Ausführungsbeispiele, vgl. [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#), sind ebenfalls herstellungstechnisch kostengünstig realisierbar. Es muss lediglich ein neues Sieb für die passende Elektrodengeometrie des Layers C produziert werden. Das Stapeln selbst und die weitere Verarbeitung kann wieder mit den bestehenden Anlagen durchgeführt werden.

[0035] Vorteilhaft bei allen Ausführungsbeispielen ist zunächst, dass eine Reduzierung der maximalen Zugspannungswerte in Aktorlängsrichtung in den zu den verkleinerten aktiven Stapelbereichen gehörigen inaktiven Kontaktierungsbereichen erfolgt, somit eine Verringerung der Rissinitiierung und – ausbreitung in diesen Bereichen. Darüber hinaus erfolgt eine kontrollierte, auf die inaktiven Stapelbereiche konzentrierte Rissbildung.

1. Monolithischer Vielschichtaktor mit einem Stapel piezokeramischer oder elektrostriktiver Schichten (**2**) mit Innenelektroden (**1**), die in der Stapelfolge abwechselnde Polarität (A, B) aufweisen und abwechselnd zu gegenüberliegenden seitlichen Oberflächen des Stapels herausgeführt und dort über Außenelektroden elektrisch parallel geschaltet sind, wobei die Innenelektroden (**1**) gegebener Polarität jeweils zur Außenelektrode mit entgegengesetzter Polarität hin eine isolierende Aussparung (**3**) aufweisen, so dass ein aktiver Stapelbereich (**4**) und inaktive Kontaktierungsbereiche (**5**) gebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der aktive Stapelbereich (**4**) des Aktors in Stapellängsrichtung in mindestens zwei aktive Stapelbereiche (**4**) unterteilt ist, welche durch dazwischenliegende inaktive Stapelbereiche (**6**) verbunden sind, wobei an jeder Stelle im Stapel, an der ein inaktiver Stapelbereich (**6**) vorgesehen ist, die Stapelfolge der Schichten (**2**) mit aufeinanderfolgenden Innenelektroden (**1**) so geändert ist, dass der durch mindestens eine inaktive Stapelschicht gebildete inaktive Stapelbereich (**6**) zwischen Innenelektroden (**1**) gleicher Polarität A oder B angeordnet ist.

2. Monolithischer Vielschichtaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein aus einer einzigen inaktiven Stapelschicht bestehender inaktiver Stapelbereich (**6**) vorgesehen ist, und dass die Stapelfolge an der mindestens einen Stelle im Stapel, an der ein derartiger inaktiver Stapelbereich (**6**) vorgesehen ist, von ...ABAB... zu ...ABABBBAB... oder zu ...ABAABA... geändert ist.

3. Monolithischer Vielschichtaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der inaktiven Stapelbereiche (**6**) durch $x = 2 \dots n$ übereinander angeordnete inaktive Stapelschichten gebildet ist, und dass die geänderte Stapelfolge an den Stellen im Stapel, an denen derartige inaktive Stapelbereiche (**6**) vorgesehen sind, durch ...ABA(x-1)AABA... oder durch ...ABAB(x-1)BBAB... gegeben ist.

4. Monolithischer Vielschichtaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der inaktiven Stapelbereiche (**6**) aus zwei inaktiven Stapelschichten besteht, und dass die Stapelfolge an den Stellen im Stapel, an denen derartige inaktive Stapelbereiche (**6**) vorgesehen sind, durch ...ABACABA oder ...ABABCBAB... gegeben ist, wobei zwischen den beiden inaktiven Stapelschichten eine Innenelektrode C vorgesehen ist, deren Elektrodengeometrie so ausgebildet ist, dass die Innenelektrode C zu den beiden gegenüberliegenden seitlichen Oberflächen des Stapels herausgeführt ist und in ihrem inneren Bereich durch eine elektrisch isolierende Aussparung geteilt ist.

5. Monolithischer Vielschichtaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der inaktiven Stapelbereiche (6) aus $x = 3 \dots n$ inaktiven Stapelschichten besteht, und dass die Stapelfolge an den Stellen im Stapel, an denen derartige inaktive Stapelbereiche (6) vorgesehen sind, durch $\dots AB(x-1)CBA\dots$, oder $\dots BA(x-1)CAB\dots$ gegeben ist, wobei zwischen den x inaktiven Stapelschichten jeweils $(x-1)$ Innenelektroden C vorgesehen sind, deren Elektrodengeometrie jeweils so ausgebildet sind, dass die Innenelektroden C zu den beiden gegenüberliegenden seitlichen Oberflächen des Stapels herausgeführt sind und in ihrem inneren Bereich durch eine elektrisch isolierende Aussparung geteilt sind.

6. Verfahren zur Herstellung eines monolithischen Vielschichtaktors nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Stapelung der zu sinternden Schichten (2) die Stapelfolge abweichend von einer in der Stapelfolge abwechselnden Polarität $\dots ABAB\dots$ der Innenelektroden (1) so verändert wird, dass an mindestens einer Stelle des Stapels ein zwischen zwei Innenelektroden (1) gleicher Polarität A oder B angeordneter inaktiver Stapelbereich (6) erzeugt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6 zur Herstellung eines monolithischen Vielschichtaktors nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Stapelung der zu sinternden Schichten (2), deren Innenelektroden (1) gleiche Elektrodengeometrie aufweisen, derart erfolgt, dass die Schichten (2) an solchen Stellen im Stapel, an denen eine unveränderte Stapelfolge mit alternierender Polarität $\dots ABAB\dots$ vorgesehen ist, jeweils um 180° gedreht aufeinander gelegt werden, und dass die Schichten (2) an solchen Stellen im Stapel, an denen eine geänderte Stapelfolge $\dots AB_BA\dots$ oder $\dots BA_AB\dots$ vorgesehen ist, ohne Drehung, mit kongruenten Innenelektroden (1), aufeinander gelegt werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

