



(10) **DE 10 2009 036 418 B4** 2011.06.22

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 036 418.8**
(22) Anmeldetag: **06.08.2009**
(43) Offenlegungstag: **10.02.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.06.2011**

(51) Int Cl.: **H01P 11/00 (2006.01)**
H01P 3/16 (2006.01)
H05H 9/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

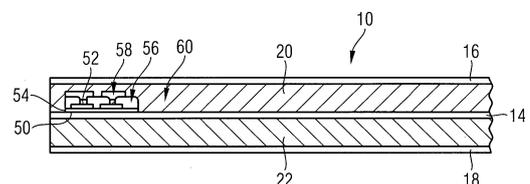
(72) Erfinder:
Seliger, Norbert, Dr., 85604, Zorneding, DE;
Weidner, Karl, 81245, München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	103 08 928	B4
DE	10 2004 019431	A1
DE	35 34 980	A1
US	58 21 705	A

(54) Bezeichnung: **Wellenleiter, insbesondere beim Dielektrikum-Wand-Beschleuniger**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft Wellenleiter, insbesondere Wellenleiter zur Verwendung in einem Dielektrikum-Wand-Beschleuniger, und ein Verfahren zu deren Herstellung. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden planar kontaktierte elektronische Baugruppen (50) in einen Wellenleiter, insbesondere einen Wellenleiter einer Beschleunigerzelle (10) eines dielektrischen Wand-Beschleunigers integriert.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Wellenleiter, insbesondere Wellenleiter zur Verwendung in einem Dielektrikum-Wand-Beschleuniger, und ein Verfahren zu deren Herstellung.

[0002] Neuartige Wellenleiter, insbesondere zur Verwendung in einem Dielektrikum-Wand-Beschleuniger, werden nicht mehr planar ausgeführt, sondern weisen komplex geformte und aus einer Ebene heraus geformte Oberflächen auf. Um für derartige Wellenleiter insbesondere ein Dielektrikum bereit zu stellen, sind neue Herstellungsverfahren und Materialien erforderlich. Insbesondere sollen elektronische Baugruppen, beispielsweise Halbbrückenschaltungen oder Multichip-Schaltungen in die Wellenleiterstrukturen, die Hohlleiter sind, integriert werden.

[0003] Die US 5,821,705 A offenbart den Aufbau des herkömmlichen Dielektrikum-Wand-Beschleunigers mit einem Hochspannungs-Zeitschalter mit schnellem Anstieg, wobei der Schalter ein Paar von Elektroden aufweist, zwischen denen abwechselnde Schichten von isolierten Leitern und Isolatoren laminiert wurden. Eine Hochspannung ist zwischen den Elektroden angelegt, die zur Belastung des Isolators mit der Zusammenbruch-Spannung auf Befehl ausreicht. Ein Lichtschalter, wie es beispielsweise ein Laser ist, ist entlang zumindest einer Linie der Kantenfläche der laminierten abwechselnden Schichten aus isolierten Leitern und Isolatoren fokussiert, die sich zwischen den Elektroden erstrecken. Dem Laser wird zur Initialisierung eines Oberflächenzusammenbruchs durch einen Photonenstrom Energie zugeführt, in Folge dessen der elektrische Schalter sehr schnell schließt. Derartige Isolatoren und Laser sind in einem dielektrischen Wand-Linearbeschleuniger mit Blumlein-Modulen integriert. Ein Einphasen wird durch Feineinstellung der Länge der Faseroptikkabel gesteuert, die das Laserlicht zu der Isolatorfläche tragen.

[0004] Die DE 35 34 980 A1 offenbart einen Hohlleiterschalter, wobei zur Steuerung der innerhalb eines Hohlleiters stattfindenden Fortleitung elektromagnetischer Wellen, ein in Form eines zwischen mindestens zwei vorgegebenen Phasenwerten steuerbares Phasendrehglied im Zuge des Signaltransportweges in den Hohlleiter derart eingefügt wird, dass das Phasendrehglied einen vorgegebenen, von der in das Phasendrehglied einlaufenden Welle transportierten Leistungsanteil erfasst und in Abhängigkeit seines Steuerzustandes diesen Leistungsanteil entsprechend phasengedreht wieder den Hohlleiter in der ursprünglichen Signalausbreitungsrichtung zuführt, so dass das auftretende Ausgangssignal sich aus sich interferierenden phasengedrehten und nicht phasengedrehten Wellenanteilen des Eingangssignals zusammensetzt.

[0005] Die DE 103 08 928 B4 offenbart ein Verfahren zum Herstellen freitragender Kontaktierungsstrukturen eines ungehäuseten Bauelements. Es wird ein Verfahren zum Herstellen eines Bauelements mit einer Kontaktierstruktur offenbart, wobei das Bauelement eine elektrische Kontaktfläche aufweist, bei dem eine Schicht aus elektrisch isolierendem Material auf dem Bauelement und einem an dem oder bei dem Bauelement angeordneten Träger aufgebracht wird, eine Schicht aus elektrisch leitendem Material auf der Schicht aus elektrisch isolierendem Material und der elektrischen Kontaktfläche des Bauelements aufgebracht wird, bei dem die Schicht aus elektrisch isolierendem Material vom Träger abgelöst wird, und die elektrische Kontaktfläche des Bauelements zumindest teilweise beim Aufbringen der Schicht aus elektrisch isolierendem Material freibleibt und nach dem Aufbringen der Schicht aus elektrisch isolierendem Material freigelegt wird.

[0006] Die DE 10 2004 019 431 A1 offenbart einen hybriden Leiterplattenbau der kompakten Aufbautechnik von elektronischen Bauelementen. Dabei weist eine Leiterplatte eine Schaltungsträgerplatte auf, die in einer Aussparung der Leiterplatte angeordnet ist.

[0007] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung Wellenleiter, insbesondere zur Verwendung in einem Dielektrikum-Wand-Beschleuniger, derart bereit zu stellen, dass die Wellenleiter eine kompaktere Bauweise eines Systems bewirken, in dem sie verwendet werden, und damit zu einem räumlich kleineren System führen. Des Weiteren sollen die Wellenleiter im Vergleich zum Stand der Technik auf einfachere Weise hergestellt werden können.

[0008] Es ist zudem Aufgabe bei Wellenleiterstrukturen, insbesondere bei komplexen, aus einer Ebene heraus geformten, metallischen Wellenleiterstrukturen, mit Dielektrika-Schichten eine Isolationsfestigkeit zu verbessern oder zu stabilisieren und isolationsmindernde Effekte auszuschließen. Es soll eine elektrische Isolation bis 100 kV/mm bei kleinen Dielektrizitäts-Konstanten bereitgestellt werden. Es soll eine Vielzahl von elektronischen Bauelementen in die Wellenleiterstrukturen integriert werden. Insbesondere soll eine Vielzahl von elektronischen Bauelementen zur Ansteuerung einer Beschleunigerzelle eines Dielektrikum-Wand-Beschleunigers (dielectric wall accelerator) in die Beschleunigerzelle integriert werden. Es soll eine kompakte, kostengünstige Aufbau- und Verbindungstechnik für elektronische Bauelemente bereitgestellt werden. Es sollen minimale parasitäre Effekte und eine wirksame Hochfrequenzanbindung von einer Vielzahl von elektronischen Bauelementen an die Wellenleiterstrukturen bereitgestellt werden.

[0009] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß dem Hauptanspruch eine Vorrichtung gemäß dem Nebenanspruch gelöst.

[0010] Gemäß einem ersten Aspekt wird ein Verfahren zur Herstellung eines ein Dielektrikum oder ein Vakuum zwischen einer ersten und einer zweiten Leiterstruktur aufweisenden Wellenleiters mit einer Vielzahl von elektronischen Bauelementen bereit gestellt, bei denen mehrere zu kontaktierende obere und untere Kontaktflächen vorhanden sind. Das Verfahren weist folgende Schritte auf: Befestigen der elektronischen Bauelemente auf einem Substrat, Ankontaktieren unterer Kontaktflächen an darunter liegenden elektrischen Leitern auf dem Substrat und Erzeugen von von den Leitern durch das Substrat hindurch verlaufenden elektrischen Durchkontaktierungen; Auflaminieren einer Folie aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen des Substrats und der darauf angeordneten Bauelemente unter Vakuum, so dass die Folie die Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements und jeder oberen Kontaktfläche eng anliegend bedeckt und auf diesen Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements haftet; Freilegen jeder zu kontaktierenden oberen Kontaktfläche auf den Oberflächen der elektronischen Bauelemente durch Öffnen jeweiliger Fenster in der Folie; flächiges Kontaktieren jeder freigelegten oberen Kontaktfläche jeweils mit einer ersten Schicht aus elektrisch leitendem Material; Befestigen des die elektronischen Bauelemente aufweisenden Substrats auf der ersten Leiterstruktur und elektrisches Ankontaktieren oberer Kontaktflächen mittels der ersten Schicht aus elektrisch leitendem Material und den Durchkontaktierungen und unterer Kontaktflächen mittels den Durchkontaktierungen an die erste Leiterstruktur; Aufbringen einer zweiten Schicht aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen der Folie, der ersten Schicht aus elektrisch leitendem Material und der ersten Leiterstruktur, wobei in der zweiten Schicht Öffnungen erzeugt werden; Befestigen der zweiten Leiterstruktur auf der zweiten Schicht, wobei die zweite Schicht das Dielektrikum vollständig zwischen erster und zweiter Leiterstruktur ausbildet oder, wenn zwischen erster und zweiter Leiterstruktur ein Vakuum erzeugt ist, die zweite Schicht lediglich im Bereich der elektronischen Bauelemente zwischen erster und zweiter Leiterstruktur ausgebildet ist und wobei durch die Öffnungen in der zweiten Schicht die oberen und unteren Kontaktflächen mittels weiterer Durchkontaktierungen an die zweite Leiterstruktur elektrisch ankontaktiert werden.

[0011] Gemäß einem zweiten Aspekt wird eine Vorrichtung mit einem ein Dielektrikum oder ein Vakuum zwischen einer ersten und einer zweiten Leiterstruktur aufweisenden Wellenleiter mit einer Vielzahl von elektronischen Bauelementen bereit gestellt, bei denen mehrere zu kontaktierende obere

und untere Kontaktflächen vorhanden sind, wobei die elektronischen Bauelemente auf einem Substrat befestigt und untere Kontaktflächen an darunter liegenden elektrischen Leitern auf dem Substrat elektrisch ankontaktiert und von den Leitern, durch das Substrat hindurch, elektrische Durchkontaktierungen erzeugt sind; eine Folie aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen des Substrats und der darauf angeordneten Bauelemente unter Vakuum auflaminiert ist, so dass die Folie die Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements und jeder oberen Kontaktfläche eng anliegend bedeckt und auf diesen Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements haftet; jede zu kontaktierende obere Kontaktfläche auf den Oberflächen der elektronischen Bauelemente durch Öffnen jeweiliger Fenster in der Folie freigelegt wurde; jede freigelegte obere Kontaktfläche jeweils mit einer ersten Schicht aus elektrisch leitendem Material flächig kontaktiert wurde; das die elektronischen Bauelemente aufweisende Substrat auf der ersten Leiterstruktur befestigt und obere Kontaktflächen mittels der ersten Schicht aus elektrisch leitendem Material und den Durchkontaktierungen und untere Kontaktflächen mittels den Durchkontaktierungen an die erste Leiterstruktur elektrisch kontaktiert wurden; eine zweite Schicht aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen der Folie, der ersten Schicht aus elektrisch leitendem Material und der ersten Leiterstruktur aufgebracht wurde; die zweite Leiterstruktur auf der zweiten Schicht befestigt wurde, wobei die zweite Schicht das Dielektrikum vollständig zwischen erster und zweiter Leiterstruktur ausbildet oder, wenn zwischen erster und zweiter Leiterstruktur ein Vakuum erzeugt ist, die zweite Schicht lediglich im Bereich der elektronischen Bauelemente zwischen erster und zweiter Leiterstruktur ausgebildet ist und wobei die zweite Schicht Öffnungen aufweist, durch die obere und untere Kontaktflächen mittels weiteren Durchkontaktierungen an die zweite Leiterstruktur elektrisch kontaktiert sind.

[0012] Es wird insbesondere ein Verfahren zur Herstellung mehrerer Baugruppen bereitgestellt, welche folgende wesentliche Schritte umfasst: Vakuum laminieren, Molden, Inkjet-Prozesse zum Verbinden bzw. Beschichten der Dielektrikum-Schicht mit den Wellenleiterstrukturen und die Integration der elektronischen Bauelemente, die hier planar kontaktierte Leistungsmodul sein können. Es wird eine hoch isolierende Abdeckung von zunächst offenen Stirnflächen von Wellenleiterstrukturen bereitgestellt. Des Weiteren wird eine kompakte, flache, leichte Bauweise ermöglicht, und zwar mit kurzen, exakten Leitungslängen und Leitungsbreiten. Es erfolgt eine Systemintegration von planar kontaktierten Baugruppen in einen Wellenleiter. Durch eine Integration von elektronischen Bauelementen in den Wellenleitern werden minimale Weglängen zum Wellenleiter bereitgestellt.

Dies führt zu minimalen parasitären Effekten und zu einer wirksamen Hochfrequenz-Anbindung.

[0013] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen werden in Verbindung mit den Unteransprüchen beansprucht.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung kann der Wellenleiter Bestandteil einer Beschleunigerzelle eines dielektrischen Wandbeschleunigers sein und die Leiterstrukturen können aus einer Ebene heraus geformte Flächen aufweisen. Zwischen einer oberen und einer mittleren Leiterstruktur und zwischen dieser und einer unteren Leiterstruktur kann jeweils das Dielektrikum oder das Vakuum angeordnet sein. Ein Wellenleiter der gemäß einem Verfahren nach dem Hauptanspruch hergestellt worden ist, kann damit in eine Beschleunigerzelle eines dielektrischen Wandbeschleunigers integriert werden. Es ist damit ein Stapel von Wellenleiter herstellbar. Es kann sich ein vielschichtiger Aufbau ergeben, wobei verschiedene Dielektrika- oder Vakuum-Schichten verwendet werden können.

[0015] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung können die untere und die obere Leiterstruktur geerdet sein.

[0016] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die zweite Schicht aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial ein Polymerfilm sein. Besonders vorteilhaft ist das Dielektrikum, wenn es als Hochfrequenz-tauglicher, hoch isolierender, hochtemperaturtauglicher Polymerfilm bereit gestellt wurde.

[0017] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die zweite Schicht aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial im Bereich neben den elektronischen Bauelementen aus einer Mehrzahl von Schichten aus elektrisch isolierendem Grundstoffmaterial erzeugt sein. Es können durch einen Schichtweisen Aufbau der zweiten Schicht eine geeignete Dicke erzeugt werden. Dies kann durch die Anwendung vielfacher Schichten erfolgen. Auf diese Weise werden Isolationsmindernde Effekte, beispielsweise durch Fehlstellen in Dielektrikum ausgeschlossen. Ein vielschichtiger Dielektrikum-Schichtaufbau bewirkt eine Redundanz bezüglich einer Isolationsfestigkeit.

[0018] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die zweite Schicht aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial mittels eines Vakuumlaminierens aus einer Ebene herausgebogen erzeugt sein. Ein Vakuumlaminierprozess in einem Autoklaven mit geeigneten Dielektrika-Schichten ermöglicht eine geometrisch komplexe dreidimensionale Formung von Wellenleiterstrukturen. Besonders vorteilhaft werden Lufteinschlüsse zur Verbesserung

und Stabilisierung der Isolationsfestigkeit vermieden. Ein Vakuumlaminierverfahren ist für eine komplexe Formgebung und damit für größere Formteile geeignet.

[0019] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann durch die Öffnungen durch die zweite Schicht aus elektrisch isolierendem Material hindurch und/oder durch eine Leiterstruktur hindurch, ausgehend von den elektronischen Bauelementen, mindestens eine elektrische Außenkontakthanbindung erzeugt sein. Auf diese Weise können elektronische Bauelemente Verbindungselemente zu den Wellenleiterstrukturen aufweisen. Die Wellenleiterstrukturen können durch eine direkte Außenanbindung sehr niederinduktiv mit den elektronischen Bauelementen verbunden werden.

[0020] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann eine Außenkontakthanbindung eine Kontaktierung zu einer Leiterstruktur sein.

[0021] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann eine Außenkontakthanbindung mittels eines Federkontaktes erzeugt sein.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann eine Außenkontakthanbindung mittels Lasergeschweißter Kontakte erzeugt sein. Die Wellenleiterstrukturen können durch eine direkte Außenanbindung, insbesondere durch lasergeschweißte Kontakte, sehr niederinduktiv mit den elektronischen Bauelementen verbunden sein. Dies kann beispielsweise mittels eines Kupfer-Leadframes erfolgen. Es können Außenkontakte beispielsweise mittels lasergeschweißter Kupfer-Leadframes direkt auf die Wellenleiter bereitgestellt sein.

[0023] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann das die elektronischen Bauelemente aufweisende Substrat mit der den Bauelementen abgewandten Seite mittels einer Klebefolie auf der ersten Leiterstruktur befestigt sein.

[0024] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung können die elektronischen Bauelemente ein Leistungsmodul sein. Auf diese Weise können elektronische Baugruppen, beispielsweise Halbbrückenschaltungen oder Multichip-Schaltungen in den Wellenleiter integriert werden.

[0025] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann ein Material des Dielektrikums oder der zweiten Schicht aus elektrisch isolierendem Material mechanisch elastisch sein. Ein flexibles Material kann mechanische Spannungen aufnehmen, die beispielsweise durch eine thermische Ausdehnung des Wellenleiters, eine induktive Verformung oder elektrostatische Verformung verursacht sein können.

[0026] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann der Wellenleiter mit einer funktionalen Metallisierung beschichtet sein, und zwar zur Verbesserung elektrischer Eigenschaften. Dies ist ebenso mit einem Mehrlagenaufbau kombinierbar. Besonders vorteilhaft kann ein Material der Leiterstrukturen Stahl mit einer Kupfermetallisierung sein.

[0027] Die vorliegende Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

[0028] **Fig. 1** ein mehrstufiges System eines herkömmlichen dielektrischen Wandbeschleunigers;

[0029] **Fig. 2** eine einzelne Beschleunigerzelle eines herkömmlichen dielektrischen Wandbeschleunigers;

[0030] **Fig. 3** eine linke Hälfte einer herkömmlichen Beschleunigerzelle in einem Querschnitt mit herkömmlichen Anschlüssen eines Schalters an Leiterstrukturen;

[0031] **Fig. 4** ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0032] **Fig. 5** ein zweites Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0033] **Fig. 6** ein drittes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0034] **Fig. 7** ein weiteres herkömmliches Ausführungsbeispiel von Leiterstrukturen;

[0035] **Fig. 8** ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0036] **Fig. 1** zeigt ein mehrstufiges System **40** eines Linearbeschleunigers eines herkömmlichen dielektrischen Wandbeschleunigers zur Verwendung in einer Vakuumkammer. Es sind fünf Beschleunigerzellen **10** dargestellt, die alle einen gemeinsamen Stapel teilen, der eine Dielektrikhülse **28** aufweist. Jede Beschleunigerzelle **10** weist Leiterstrukturen **14**, **16** und **18** auf. Ein laminiertes Dielektrikum **20** trennt die Leiterstrukturen **14** und **16**. Ein laminiertes Dielektrikum **22** trennt die Leiterstrukturen **14** und **18**. Ein Schalter **12** ist angeschlossen zum Ermöglichen, dass die mittlere Leiterstruktur **14** durch eine Hochspannungsquelle geladen wird. Durch die Ansteuerung der einzelnen Beschleunigerzellen **10** wird ein Teilchenstrahl e^- in einem axialen Kanal beschleunigt.

[0037] **Fig. 2** zeigt eine einzelne herkömmliche Beschleunigerzelle **10** mit einem Paar von oberen und unteren Leiterstrukturen **16** und **18** und eine mittlere Leiterstruktur **14**. Es ist ein laminiertes Dielektrikum **20** zwischen den Leiterstrukturen **14** und **16** er-

zeugt. Des Weiteren ist ein laminiertes Dielektrikum **22** zwischen den Leiterstrukturen **14** und **18** erzeugt. Bezugszeichen **28** kennzeichnet eine Dielektrikhülse. Innerhalb dieser Dielektrikhülse **28** ist ein Kanal bereitgestellt, in dem ein Teilchenstrahl e^- beschleunigt wird. Die einzelne Beschleunigerzelle **10** wird mittels eines Schalters **12** angesteuert.

[0038] **Fig. 3** zeigt eine linke Hälfte einer herkömmlichen Beschleunigerzelle **10** in einem Querschnitt. Die Elemente entsprechen dabei den Elementen der vorangehenden Figuren. **Fig. 3** zeigt herkömmliche Anschlüsse eines Schalters **12** an die Leiterstrukturen **14**, **16** und **18**. Dabei sind eine Schweißverbindung **30**, eine Schraubverbindung **32** und eine Lot-Verbindung **34** dargestellt. Auf diese Weise ist ein Schalter **12** mit den Leiterstrukturen **14**, **16** und **18** elektrisch kontaktiert.

[0039] **Fig. 4** zeigt eine Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Dabei kann eine Anordnung gemäß **Fig. 4** eine Beschleunigerzelle **10** eines Dielektrikum-Wand-Beschleunigers sein. Dabei zeigt die Vorrichtung gemäß **Fig. 4** ein Dielektrikum **20** zwischen einer ersten und einer zweiten Leiterstruktur **14** und **16**. Dielektrikum **20** und die Leiterstrukturen **14** und **16** erzeugen einen Wellenleiter. Anstelle des Dielektrikums **20** kann ein Vakuum erzeugt sein. In den oberen Wellenleiter wird gemäß **Fig. 4** eine Vielzahl von elektronischen Bauelementen **50** integriert. Auf den elektronischen Bauelementen **50** sind mehrere zu kontaktierende obere und untere Kontaktflächen **52** vorhanden. Die elektronischen Bauelemente **50** können auf einem Substrat **54** befestigt sein. Eine Folie **56** aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial ist auf Oberflächen des Substrats **54** und der darauf angeordneten Bauelemente **50** unter Vakuum auflaminiert, so dass die Folie **56** die Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements **50** und jeder oberen Kontaktfläche **52** enganliegend bedeckt und auf diesen Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements **50** haftet. Jede zu kontaktierende obere Kontaktfläche **52** auf den Oberflächen der elektronischen Bauelemente **50** wurde durch Öffnen jeweiliger Fenster in der Folie **56** freigelegt. Jede freigelegte obere Kontaktfläche **52** wurde jeweils mit einer ersten Schicht **58** aus elektrisch leitendem Material flächig kontaktiert. Das Substrat **54** mit den darauf befestigten elektronischen Bauelementen **50** wurde auf der den Bauelementen abgewandten Seite auf der ersten Leiterstruktur **14** befestigt. Dabei wurden die auf dem Substrat **54** befestigten elektronischen Bauelemente **50** an dem Ende des Wellenleiters in den Wellenleiter derart integriert, dass ein Beschleunigungskanal entgegengesetzt angeordnet sein kann. Das heißt die elektronischen Bauelemente **50** sind an dem radial äußeren Ende des Wellenleiters der Beschleunigerzelle **10** in den Wellenleiter integriert worden. Auf diese Weise erfolgt eine hochisolierende Abdeckung von offenen Stirnflächen von

Wellenleiterstrukturen. Es wurde eine zweite Schicht **60** aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen der Folie **56**, auf der ersten Schicht **58** aus elektrisch leitendem Material und auf der ersten Leiterstruktur **14** aufgebracht. Die zweite Leiterstruktur **16** wurde auf der zweiten Schicht **60** befestigt, wobei die zweite Schicht **60** das Dielektrikum **20** zwischen erster und zweiter Leiterstruktur **14** und **16** ausbildet. Gemäß einer Ausführungsform kann der Wellenleiter, der vorstehend beschrieben wurde, Bestandteil einer Beschleunigerzelle **10** eines dielektrischen Wand-Beschleunigers sein, bei dem die Leiterstrukturen **14**, **16**, **18** aus einer Ebene heraus gebogene Flächen aufweisen. Zwischen einer oberen und einer mittleren Leiterstruktur **14** und **16** und zwischen dieser und einer unteren Leiterstruktur **14** und **18** ist jeweils das Dielektrikum **20** und **22** oder ein Vakuum angeordnet. Zur Funktionsweise eines Dielektrikum-Wand-Beschleunigers wird auf die US 5,821,705 A verwiesen, deren Inhalt vollständig zur Offenbarung der vorliegenden Anmeldung gehört.

[0040] **Fig. 5** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Wellenleiters und einer Beschleunigerzelle **10** eines dielektrischen Wand-Beschleunigers. Dabei weisen die elektronischen Bauelemente auf der linken Seite der Beschleunigerzelle **10** dieselben Merkmale wie gemäß **Fig. 4** auf. Der einzige Unterschied liegt darin, dass die elektronischen Bauelemente **50** in einem unteren Wellenleiter integriert worden sind. Zusätzlich zur **Fig. 4** sind in **Fig. 5** ausgehend von den elektronischen Bauelementen **50** elektrische Außenkontaktabbindungen **62** erzeugt, die von den elektronischen Bauelementen **50** durch die zweite Schicht **60** aus elektrisch isoliertem Kunststoffmaterial und durch die Leiterstruktur **18** hindurch verlaufen. Die elektrischen Außenkontaktabbindungen sind mit dem Bezugszeichen **62** gekennzeichnet. Gemäß **Fig. 5** ist eine Außenkontaktabbindung **62** zu der Leiterstruktur **14** mittels eines Federkontaktes **64** erzeugt.

[0041] Gemäß **Fig. 6** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Im Unterschied zu **Fig. 4** ist die zweite Schicht **60** aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial in Bereichen neben den elektronischen Bauelementen **50** aus einer Mehrzahl von Schichten **60a**, **60b**, **60c** aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial erzeugt. Auf diese Weise wird ein Zwischenraum zwischen der ersten Leiterstruktur **14** und der zweiten Leiterstruktur **16** vorteilhaft gefüllt. Es wird der Zwischenraum neben den Bauelementen **50** durch zusätzliche Schichten **60b** und **60c** gefüllt. Zum Füllen eines Zwischenraums zwischen Bauelementen **50** und zweiter Leiterstruktur **16** ist lediglich die Schicht **60a** erforderlich. Der Abstand zwischen den Leiterstrukturen **14** und **16** ist damit einheitlich bereitgestellt.

[0042] **Fig. 7** veranschaulicht eine kompakte Weise zum Ersetzen der festen Scheiben der Leiterstrukturen **14**, **16** und **18**, wobei eine oder mehrere Spiralleiter bereitgestellt werden, die zwischen Leiterringen an den inneren und äußeren Durchmesser angeschlossen sind. Bezugszeichen **16** bezeichnet eine obere Leiterstruktur **16** und Bezugszeichen **20** bezeichnet ein Dielektrikum. Bezugszeichen **28** bezeichnet eine Dielektrikumhülse. **Fig. 7** stellt eine Draufsicht auf eine Beschleunigerzelle **10** dar.

[0043] **Fig. 8** zeigt die Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines ein Dielektrikum **20** oder ein Vakuum zwischen einer ersten und einer zweiten Leiterstruktur **14** und **16** aufweisenden Wellenleiters mit einer Vielzahl von elektronischen Bauelementen **50**, auf denen je eine oder mehrere zu kontaktierende obere und untere Kontaktfläche **52** vorhanden ist oder sind. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Schritt S1: Befestigen der elektronischen Bauelemente **50** auf einem Substrat **54**, Ankontaktieren unterer Kontaktflächen **52** an darunter liegenden elektrischen Leitern auf dem Substrat **54** und Erzeugen von von den Leitern durch das Substrat **54** hindurch verlaufenden elektrischen Durchkontaktierungen. Schritt S2: Auflaminieren einer Folie **56** aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen des Substrats **54** und der darauf angeordneten Bauelemente **50** unter Vakuum, so dass die Folie **56** die Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements **50** und jeder oberen Kontaktfläche **52** eng anliegend bedeckt und auf diesen Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements **50** haftet. Schritt S3: Freilegen jeder zu kontaktierenden oberen Kontaktfläche **52** auf den Oberflächen der elektronischen Bauelemente **50** durch Öffnen jeweiliger Fenster in der Folie **56**. Schritt S4: flächiges Kontaktieren jeder freigelegten oberen Kontaktfläche **52** jeweils mit einer ersten Schicht **58** aus elektrisch leitendem Material. Schritt S5: Befestigen des die elektronischen Bauelemente **50** aufweisenden Substrats **54** auf der ersten Leiterstruktur **14** und elektrisches Ankontaktieren oberer Kontaktflächen **52** mittels der ersten Schicht **58** aus elektrisch leitendem Material und den Durchkontaktierungen und unterer Kontaktflächen **52** mittels den Durchkontaktierungen an die erste Leiterstruktur **14**. Schritt S6: Aufbringen einer zweiten Schicht **60** aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen der Folie **56**, auf der ersten Schicht **58** aus elektrisch leitendem Material und auf der ersten Leiterstruktur **14**, wobei in der zweiten Schicht **60** Öffnungen erzeugt werden. Schritt S7: Befestigen der zweiten Leiterstruktur **16** auf der zweiten Schicht **60**, wobei die zweite Schicht **60** das Dielektrikum **20** vollständig zwischen erster und zweiter Leiterstruktur **14**, **16** ausbildet oder, wenn zwischen erster und zweiter Leiterstruktur **14**, **16** ein Vakuum erzeugt ist, die zweite Schicht **60** als optionales Dielektrikum lediglich im Bereich der elektronischen Bauelemente **50** zwi-

schen erster und zweiter Leiterstruktur **14**, **16** ausgebildet ist und wobei durch die Öffnungen in der zweiten Schicht **60** die oberen und unteren Kontaktflächen **52** mittels weiterer Durchkontaktierungen an die zweite Leiterstruktur **16** elektrisch ankontaktiert werden. Dabei kann eine obere Kontaktfläche **52** mittels der ersten Schicht **58** aus elektrisch leitendem Material und der weiteren Durchkontaktierung an die zweite Leiterstruktur **16** elektrisch angeschlossen werden. Eine untere Kontaktfläche **52** kann mittels des elektrischen Leiters auf dem Substrat **54** und der weiteren Durchkontaktierung durch die Folie **56** aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial und durch die zweite Schicht **60** aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial an die zweite Leiterstruktur **16** elektrisch angeschlossen werden. Es ist selbstverständlich, dass jeder Kontaktfläche **52** bei Bedarf eine eigene Durchkontaktierung zugeordnet sein kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines ein Dielektrikum (**20**) oder ein Vakuum zwischen einer ersten und einer zweiten Leiterstruktur (**14**, **16**) aufweisenden Wellenleiters mit einer Vielzahl von elektronischen Bauelementen (**50**), bei denen mehrere zu kontaktierende obere und untere Kontaktflächen (**52**) vorhanden sind; mit den Schritten:

– Befestigen der elektronischen Bauelemente (**50**) auf einem Substrat (**54**), Ankontaktieren unterer Kontaktflächen (**52**) an darunter liegenden elektrischen Leitern auf dem Substrat (**54**) und Erzeugen von von den Leitern durch das Substrat (**54**) hindurch verlaufenden elektrischen ersten Durchkontaktierungen für untere Kontaktflächen und zweite Durchkontaktierungen für obere Kontaktflächen;

– Auflaminieren einer Folie (**56**) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen des Substrats (**54**) und der darauf angeordneten Bauelemente (**50**) unter Vakuum, so dass die Folie (**56**) die Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements (**50**) und jeder oberen Kontaktfläche (**52**) und jeder zweiten Durchkontaktierung eng anliegend bedeckt und auf diesen Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements (**50**) haftet;

– Freilegen jeder zu kontaktierenden oberen Kontaktfläche (**52**) auf den Oberflächen der elektronischen Bauelemente (**50**) und jeder zweiten Durchkontaktierung durch Öffnen jeweiliger Fenster in der Folie (**56**);
– flächiges Kontaktieren jeder freigelegten oberen Kontaktfläche (**52**) und jeder freigelegten zweiten Durchkontaktierung mit einer ersten Schicht (**58**) aus elektrisch leitendem Material;

– Befestigen des die elektronischen Bauelemente (**50**) aufweisenden Substrats (**54**) auf der ersten Leiterstruktur (**14**) und elektrisches Ankontaktieren oberer Kontaktflächen (**52**) mittels der ersten Schicht (**58**) aus elektrisch leitendem Material und den zweiten Durchkontaktierungen und unterer Kontaktflä-

chen (**52**) mittels den ersten Durchkontaktierungen an die erste Leiterstruktur (**14**);

– Aufbringen einer zweiten Schicht (**60**) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen der Folie (**56**), der ersten Schicht (**58**) aus elektrisch leitendem Material und der ersten Leiterstruktur (**14**), wobei in der zweiten Schicht (**60**) Öffnungen erzeugt werden;

– Befestigen der zweiten Leiterstruktur (**16**) auf der zweiten Schicht (**60**), wobei die zweite Schicht (**60**) das Dielektrikum (**20**) vollständig zwischen erster und zweiter Leiterstruktur (**14**, **16**) ausbildet oder, wenn zwischen erster und zweiter Leiterstruktur (**14**, **16**) ein Vakuum erzeugt ist, die zweite Schicht (**60**) lediglich im Bereich der elektronischen Bauelemente (**50**) zwischen erster und zweiter Leiterstruktur (**14**, **16**) ausgebildet ist und wobei durch die Öffnungen in der zweiten Schicht (**60**) die oberen und unteren Kontaktflächen (**52**) mittels weiterer Durchkontaktierungen an die zweite Leiterstruktur (**16**) elektrisch ankontaktiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Integrieren des Wellenleiters in eine Beschleunigerzelle (**10**) eines dielektrischen Wandbeschleunigers, Erzeugen der Leiterstrukturen (**14**, **16**, **18**) als aus einer Ebene heraus gebogene Flächen, und zwischen einer oberen und einer mittleren Leiterstruktur (**14**, **16**) und zwischen dieser und einer unteren Leiterstruktur (**14**, **18**) erfolgendes Erzeugen jeweils des Dielektrikums (**20**, **22**) oder des Vakuums.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die untere und obere Leiterstruktur (**16**, **18**) geerdet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass als zweite Schicht (**60**) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial ein Polymerfilm verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schicht (**60**) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial in Bereichen neben den elektronischen Bauelementen (**50**) aus einer Mehrzahl von Schichten (**60a**, **60b**, **60c**) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial erzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schicht (**60**) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial mittels eines Vakuumlaminierens aus einer Ebene heraus gebogen erzeugt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Öffnungen durch die zweite Schicht (**60**) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial und/oder durch eine Leiterstruktur (**14**, **18**) hindurch, ausge-

hend von den elektronischen Bauelementen (50), mindestens eine elektrische Außenkontakthanbindung (62) erzeugt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Außenkontakthanbindung (62) eine Kontaktierung zu einer Leiterstruktur (14) ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Außenkontakthanbindung (62) mittels eines Federkontaktes (64) erzeugt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Außenkontakthanbindung (62) mittels lasergeschweißter Kontakte erzeugt wird.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das die elektronischen Bauelemente (50) aufweisende Substrat (54) mittels einer Klebefolie auf der ersten Leiterstruktur (14) befestigt ist.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mittels der elektronischen Bauelemente (50) erfolgendes Erzeugen eines Leistungsmoduls.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Material des Dielektrikums (20, 22) und/oder der zweiten Schicht (60) mechanisch elastisch erzeugt wird.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterstrukturen (14, 16, 18) aus Stahl mit einer Kupfermetallisierung erzeugt werden.

15. Vorrichtung mit einem ein Dielektrikum (20) oder ein Vakuum zwischen einer ersten und einer zweiten Leiterstruktur (14, 16) aufweisenden Wellenleiter mit einer Vielzahl von elektronischen Bauelementen (50), bei denen mehrere zu kontaktierende obere und untere Kontaktflächen (52) vorhanden sind; wobei

– die elektronischen Bauelemente (50) auf einem Substrat (54) befestigt und untere Kontaktflächen (52) an darunter liegenden elektrischen Leitern auf dem Substrat (54) elektrisch ankontaktiert und von den Leitern, durch das Substrat (54) hindurch, erste elektrische Durchkontaktierungen für die unteren Kontaktflächen und zweite Durchkontaktierungen für die oberen Kontaktflächen erzeugt sind;

– eine Folie (56) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen des Substrats (54) und der darauf angeordneten Bauelemente (50) unter Vakuum auflaminiert ist, so dass die Folie (56) die Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements (50) und jeder oberen Kontaktfläche (52) und jeder zweiten Durchkontaktierung eng anliegend be-

deckt und auf diesen Oberflächen einschließlich jedes elektronischen Bauelements (50) haftet;

– jede zu kontaktierende obere Kontaktfläche (52) auf den Oberflächen der elektronischen Bauelemente (50) und jede zweite Durchkontaktierung durch Öffnen jeweiliger Fenster in der Folie (56) freigelegt wurde;

– jede freigelegte obere Kontaktfläche (52) und jede zweite Durchkontaktierung mit einer ersten Schicht (58) aus elektrisch leitendem Material flächig kontaktiert wurde;

– das die elektronischen Bauelemente (50) aufweisende Substrat (54) auf der ersten Leiterstruktur (14) befestigt und obere Kontaktflächen (52) mittels der ersten Schicht (58) aus elektrisch leitendem Material und den zweiten Durchkontaktierungen und untere Kontaktflächen (52) mittels den ersten Durchkontaktierungen an die erste Leiterstruktur (14) elektrisch kontaktiert wurden;

– eine zweite Schicht (60) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial auf Oberflächen der Folie (56), der ersten Schicht (58) aus elektrisch leitendem Material und der ersten Leiterstruktur (14) aufgebracht wurde;

– die zweite Leiterstruktur (16) auf der zweiten Schicht (60) befestigt wurde, wobei die zweite Schicht (60) das Dielektrikum (20) vollständig zwischen erster und zweiter Leiterstruktur (14, 16) ausbildet oder, wenn zwischen erster und zweiter Leiterstruktur (14, 16) ein Vakuum erzeugt ist, die zweite Schicht (60) lediglich im Bereich der elektronischen Bauelemente (50) zwischen erster und zweiter Leiterstruktur (14, 16) ausgebildet ist und wobei die zweite Schicht (60) Öffnungen aufweist, durch die obere und untere Kontaktflächen (52) mittels weiterer Durchkontaktierungen an die zweite Leiterstruktur (16) elektrisch kontaktiert sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter Bestandteil einer Beschleunigerzelle (10) eines dielektrischen Wandbeschleunigers ist und die Leiterstrukturen (14, 16, 18) aus einer Ebene heraus gebogene Flächen aufweisen, wobei zwischen einer oberen und einer mittleren Leiterstruktur (14, 16) und zwischen dieser und einer unteren Leiterstruktur (14, 18) jeweils das Dielektrikum (20, 22) oder das Vakuum erzeugt ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die untere und obere Leiterstruktur (16, 18) geerdet sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 15, 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schicht (60) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial ein Polymerfilm ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 15, 16, 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schicht (60) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial in Bereichen neben den elektronischen Bauelementen

(50) aus einer Mehrzahl von Schichten (60a, 60b, 60c) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial ausgebildet ist.

20. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schicht (60) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial mittels eines Vakuumlaminierens aus einer Ebene heraus gebogen erzeugt ist.

21. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Öffnungen durch die zweite Schicht (60) aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial und/oder durch eine Leiterstruktur (14, 18) hindurch, ausgehend von den elektronischen Bauelementen (50), mindestens eine elektrische Außenkontakthanbindung (62) ausgebildet ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass eine Außenkontakthanbindung (62) eine Kontaktierung zu einer Leiterstruktur (14) ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass eine Außenkontakthanbindung (62) mittels eines Federkontaktes (64) ausgebildet ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 21, 22 oder 23, gekennzeichnet durch eine Außenkontakthanbindung (62) mittels lasergeschweißter Kontakte.

25. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das die elektronischen Bauelemente (50) aufweisende Substrat (54) mittels einer Klebefolie auf der ersten Leiterstruktur (14) befestigt ist.

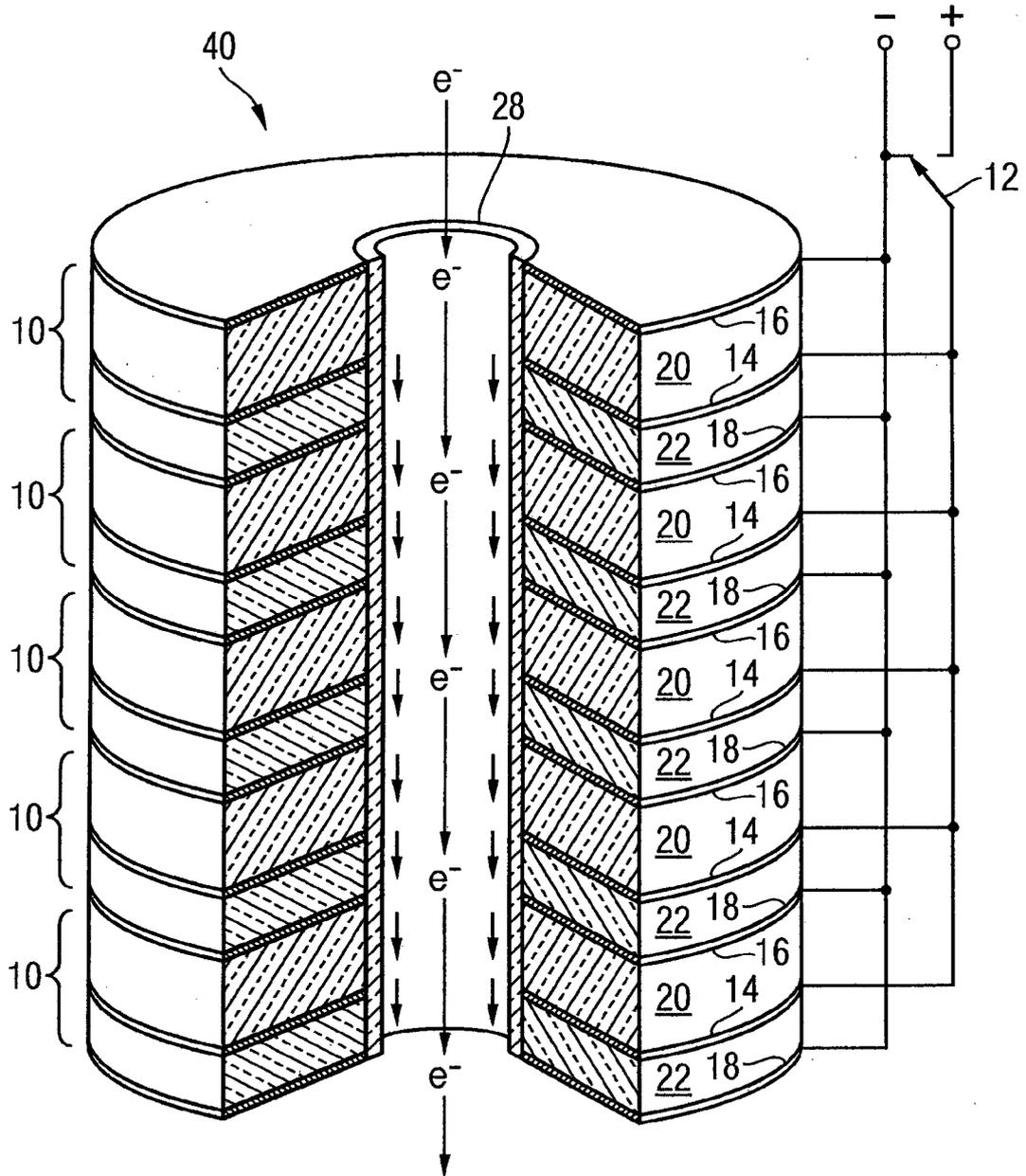
26. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 15 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass ein Leistungsmodul mittels der elektronischen Bauelemente (50) ausgebildet ist.

27. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 15 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Material des Dielektrikums (20, 60) und/oder der zweiten Schicht (60) mechanisch elastisch ist.

28. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 15 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterstrukturen (14, 16, 18) aus Stahl mit einer Kupfermetallisierung bestehen.

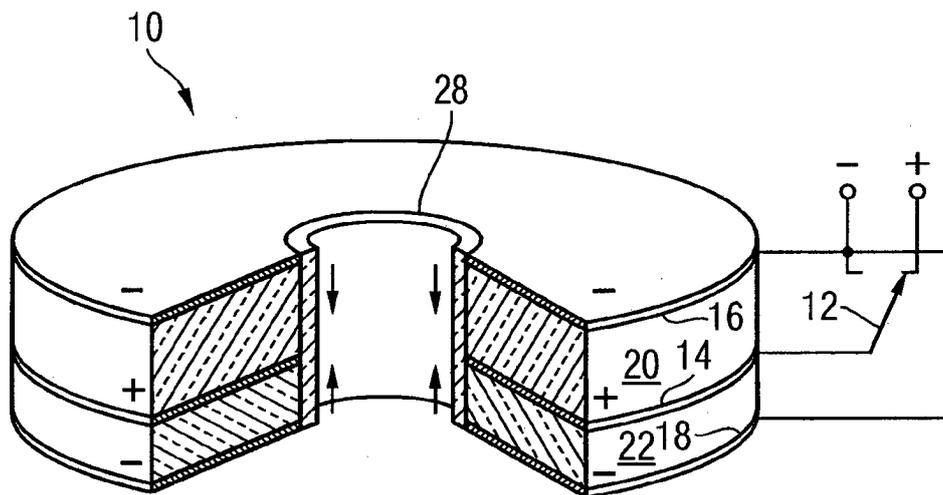
Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG 1



Stand der Technik

FIG 2



Stand der Technik

FIG 3
Stand der Technik

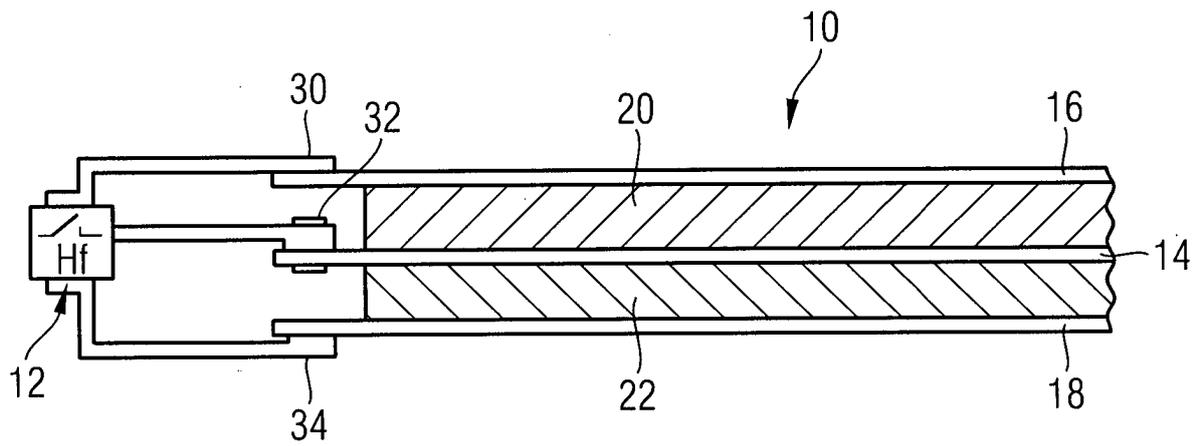


FIG 4

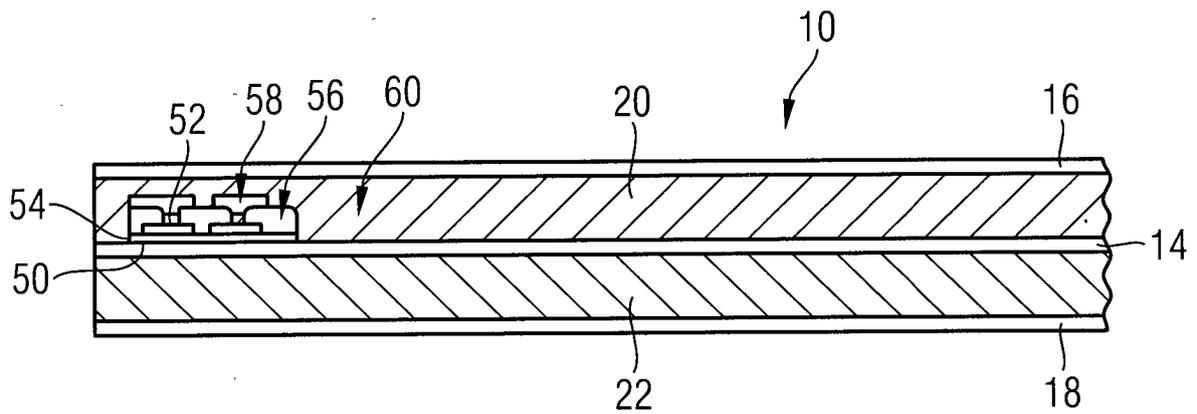


FIG 5

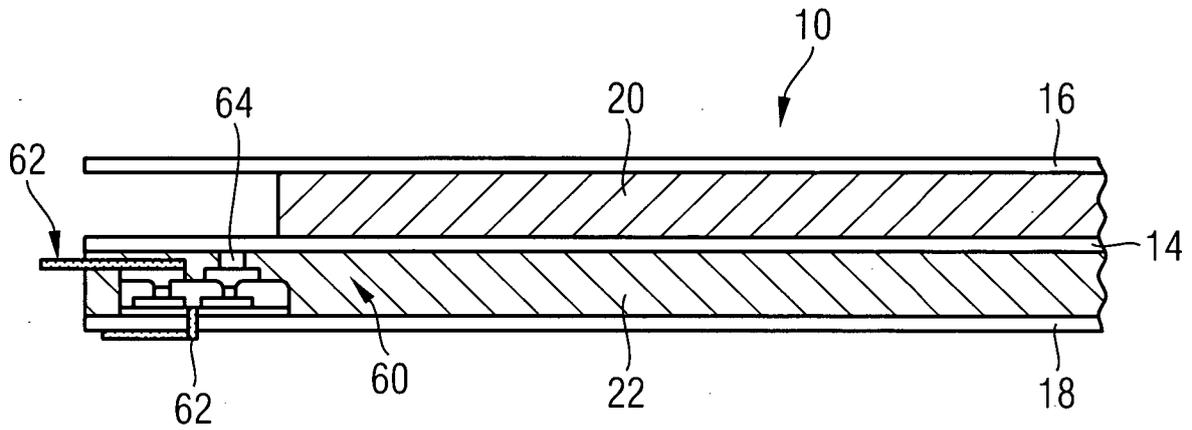


FIG 6

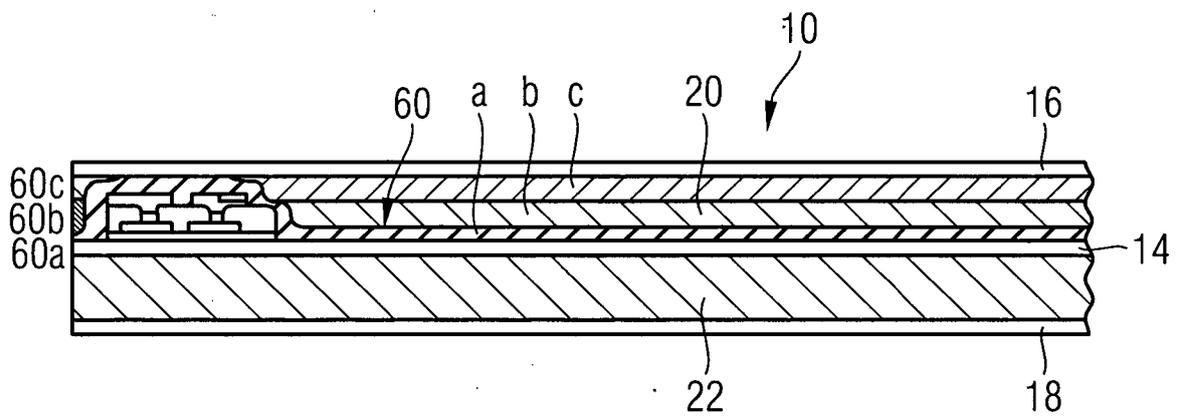


FIG 7

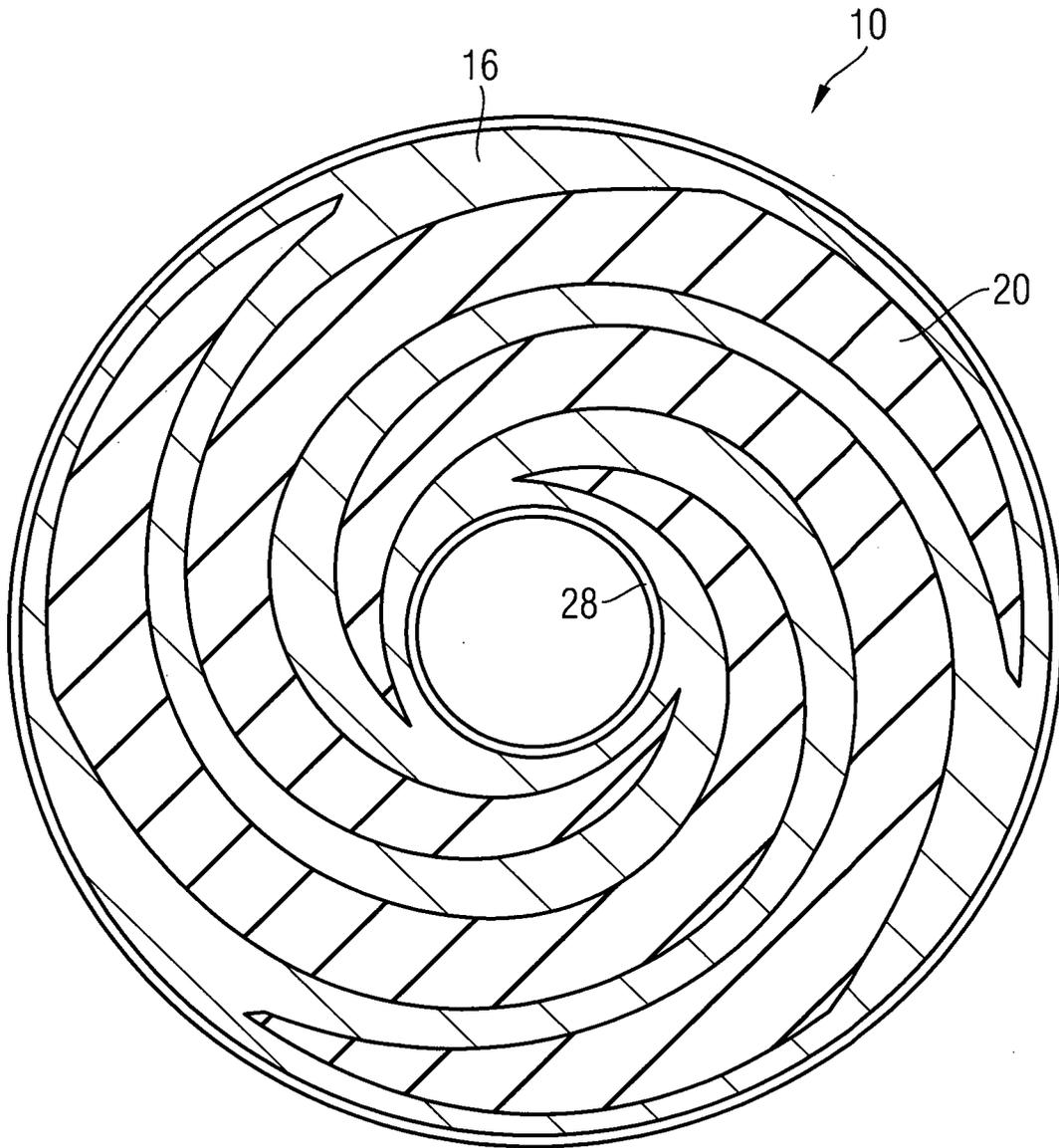


FIG 8

