(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Dezember 2013 (12.12.2013)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/182424 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01G 4/232 (2006.01) *H01L 41/083* (2006.01)
H01L 41/047 (2006.01) *H01L 41/297* (2013.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/060523

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Mai 2013 (22.05.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 104 830.4 4. Juni 2012 (04.06.2012) DE

(71) Anmelder: **EPCOS AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder: **RINNER, Franz**; Lindenweg 6/9, A-8530 Deutschlandsberg (AT). **SOMITSCH, Dieter**; Lasselsdorf 39, A-8522 Groß St. Florian (AT).

(74) Anwalt: **ZUSAMMENSCHLUSS NR. 175 - EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstr. 55, 80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

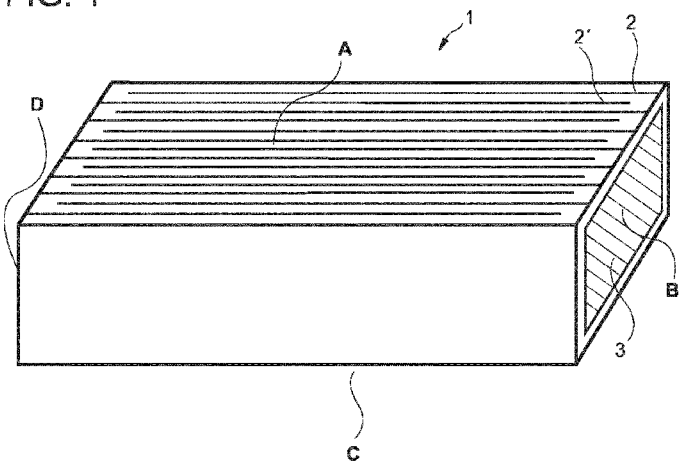
(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: MULTILAYER COMPONENT AND METHOD FOR PRODUCING A MULTILAYER COMPONENT

(54) **Bezeichnung** : VIELSCHICHTBAUELEMENT UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES VIELSCHICHTBAUELEMENTS

FIG. 1



(57) **Abstract**: The invention relates to a method for producing a fully active stack or the green precursor thereof, comprising: providing a sintered or unsintered stack (1) of a plurality of alternating ceramic dielectric layers and inner electrode layers (2, 2'); combining and temporarily contacting the inner electrodes (2, 2') contacting the particular face or the unsintered precursors thereof on one of the faces B or D by means of an outer contact having temporary isozones (3); electrically activating the inner electrodes that can be activated by means of face B and coating at least the electrically activated inner electrodes or the unsintered precursors thereof on face A with paint and curing, fusing, and optionally developing the paint; proceeding accordingly for face C; applying a penetration paste to faces A and C, and debindering and baking the penetration paste, wherein the paint is removed; and separating the stack to form at least one fully active stack or the green precursor thereof having the coated inner electrodes or the unsintered precursors thereof on faces A' and C'. The invention further relates to a method for producing a fully active multilayer component from the fully active stack and fully active multilayer components produced by means of the method.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/182424 A1

SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines vollaktiven Stapels oder dessen grünem Vorläufer bereitgestellt, umfassend: Bereitstellen eines gesinterten oder ungesinterten Stapels (1) aus mehreren abwechselnd aufeinanderfolgenden keramischen dielektrischen Schichten und Innenelektrodenschichten (2, 2'); Zusammenfassen und temporäres Kontaktieren der die jeweilige Seite kontaktierenden Innenelektroden (2, 2') oder deren ungesinterte Vorläufer auf einer der Seiten B oder D über einen Außenkontakt mit temporären Isozonen (3); Elektrisches Ansteuern der über die Seiten B ansteuerbaren Innenelektroden und Beschichten mindestens der elektrisch angesteuerten Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer auf den Seite A mit Lack und Aushärten, Aufschmelzen und gegebenenfalls Entwickeln des Lacks; entsprechendes Vorgehen für die Seite C; Aufbringen einer Einbrandpaste auf die Seiten A und C, sowie Entbindern und Brennen der Einbrandpaste, wobei der Lack entfernt wird; und Vereinzeln des Stapels zu mindestens einem vollaktiven Stapel oder dessen grünem Vorläufer mit den beschichteten Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer auf den Seiten A' und C'. Zudem wird ein Verfahren zur Herstellung eines vollaktiven Vielschichtbauelements aus dem vollaktiven Stapel und durch das Verfahren hergestellte vollaktive Vielschichtbauelemente zur Verfügung gestellt.

Beschreibung

Vielschichtbauelement und Verfahren zum Herstellen eines Vielschichtbauelements

Die Erfindung betrifft ein vollaktives Vielschichtbauelement, ein Verfahren zum Herstellen eines vollaktiven Stapels und ein Verfahren zum Herstellen eines vollaktiven Vielschichtbauelements aus dem vollaktiven Stapel.

Vielschichtbauelemente umfassen unter anderem Kondensatoren und Piezoaktoren, die jeweils alternierende dielektrische Schichten und Innenelektroden enthalten. Im Falle der Piezoaktoren sind die dielektrischen Schichten zudem piezoelektrisch. Daher gehören Piezoaktoren zu den Piezoelementen.

Piezoelemente werden unter anderem für Positionierelemente, Ultraschallwandler, Sensoren und in Tintenstrahldruckern sowie in der Automobiltechnik zum Ansteuern von Kraftstoffeinspritzvorrichtungen verwendet. Die Wirkungsweise eines Piezoelements beruht auf der Deformation piezokeramischer Materialien, wie z. B. Blei-Zirkonat-Titanat, unter Einwirkung eines elektrischen Feldes. Wird an das Piezoelement eine elektrische Spannung angelegt, so dehnt sich dieses in senkrechter Richtung zum erzeugten elektrischen Feld aus (inverser Piezo-Effekt).

Vorteile von Piezoelementen sind unter anderem deren relativ große Geschwindigkeit, deren relativ große Effektivität und, wenn als Piezoaktor verwendet, deren relativ kleiner Stellweg.

Soll jedoch mit dem Piezoaktor ein relativ großer Stellweg erreicht werden, dann wird für den Piezoaktor ein Piezostapel aus mehreren, abwechselnd aufeinander folgenden piezoelektrischen Schichten und Innenelektrodenschichten verwendet, wie dies z. B. in der JP 03174783 A offenbart ist.

Der in der JP 03174783 A offenbarte Piezoaktor ist derart ausgeführt, dass die Innenelektrodenschichten abwechselnd mit an gegenüber liegenden Außenflächen des Piezostapels angeordneten Außenelektroden elektrisch verbunden sind. Die Innenelektrodenschichten, die mit einer der beiden Außenelektroden elektrisch verbunden sind, sind daher bis zu der Außenseite, an der diese Außenelektrode angeordnet ist, für die elektrische Verbindung mit der Außenelektrode herangeführt. Damit die Innenelektrodenschichten jedoch von der anderen Außenelektrode elektrisch isoliert sind, reichen die Innenelektrodenschichten nicht bis zur Außenseite des Piezostapels heran, an der die weitere Außenelektrode angeordnet ist. In diesen Bereichen sind die Innenelektrodenschichten von der Außenseite zurückgesetzt. Dies wird erreicht, indem der Piezostapel in diesen Bereichen mit Silikonharz gefüllten Schlitzen versehen ist.

Durch die zurückgesetzten Innenelektrodenschichten ergeben sich in diesen Bereichen zugeordneten piezoelektrischen Schichten so genannte inaktive Zonen. Üblicherweise werden die inaktiven Zonen bei der schichtweisen Herstellung des Piezostapels erzeugt. Durch Toleranzen der Prozesse, Stapeln, Trennen, Entbindern und Schleifen während der Herstellung des Piezostapels mit inaktiven Zonen und aufgrund der Vorgabe einer zuverlässigen elektrischen Isolierung der Innenelektrodenschichten zur entsprechenden Außenelektrode ergeben sich relativ große inaktive Zonen von typischerweise

10 Prozent des Piezostapelquerschnitts. Die inaktiven Zonen, die bei einer an den Außenelektroden- beziehungsweise Innenelektrodenschichten angelegten elektrischen Spannung von einer reduzierten elektrischen Feldstärke durchsetzt werden und sich daher bei angelegter elektrischer Spannung weniger stark dehnen als die übrigen so genannten aktiven Zonen der Piezoelektrischen Schichten. Dies führt zu mechanischen Spannungen insbesondere in den inaktiven Zonen und den Randbereichen zu den inaktiven Zonen und kann zu so genannten Polungsrissen in den inaktiven und aktiven Zonen der Piezoelektrischen Schichten, sowie in den Außenelektroden führen. Die Gefahr von Polungsrissen ist umso größer, je größer die inaktiven Zonen sind.

Die Aufgaben der Erfindung sind, ein Vielschichtbauelement und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, bei dem die Leistung im Betrieb verbessert ist. Insbesondere einen Piezoaktor zur Verfügung zu stellen, bei dem die mechanischen Spannungen in der Piezokeramik im Betrieb des Piezoaktors wesentlich verringert sind.

Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines vollaktiven Stapels bzw. -riegels oder dessen grünen Vorläufers, umfassend:

- Bereitstellen eines gesinterten oder ungesinterten Stapels mit den jeweils in Stapelrichtung verlaufenden Seiten A, B, C und D aus mehreren abwechselnd aufeinanderfolgenden keramischen dielektrischen Schichten und Innenelektrodenschichten, wobei die Innenelektrodenschichten bezüglich der Seiten A und C jeweils durchgehend ausgebildet sind und bezüglich entweder der Seite B oder der Seite D jeweils nicht durchgehend ausgebildet sind, so dass ein Teil

der Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer die Seite B, nicht aber die Seite D, kontaktiert und ein anderer Teil der Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer die Seite D, nicht aber die Seite B, kontaktiert;

- Zusammenfassen und temporäres Kontaktieren der die jeweilige Seite kontaktierenden Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer auf einer der Seiten B oder D über einen Außenkontakt mit temporären Isozonen, so dass die die jeweilige Seite kontaktierenden Innenelektroden selektiv elektrisch angesteuert werden können;

- Elektrisches Ansteuern der über die Seite B ansteuerbaren Innenelektroden und Beschichten mindestens der elektrisch angesteuerten Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer auf der Seite A mit Lack und Aushärten, Aufschmelzen und gegebenenfalls Entwickeln des Lacks, so dass nach dem Entwickeln oder Aufschmelzen die über die Seite B elektrisch ansteuerbaren Innenelektroden auf der Seite A mit Lack bedeckt sind;

- Elektrisches Ansteuern der über die Seite D ansteuerbaren Innenelektroden und Beschichten mindestens der elektrisch angesteuerten Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer auf der Seite C mit Lack und Aushärten, Aufschmelzen und gegebenenfalls Entwickeln des Lacks, so dass nach dem Entwickeln oder Aufschmelzen die über die Seite D elektrisch ansteuerbaren Innenelektroden auf der Seite C mit Lack bedeckt sind;

- Aufbringen einer Einbrandpaste auf die Seiten A und C, sowie Entbindern und Brennen der Einbrandpaste, wobei der Lack entfernt wird;

- Vereinzeln des Stapels zu mindestens einem vollaktiven Stapel oder dessen grünem Vorläufer mit den beschichteten Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer auf den Seiten A' und C'. Soll mit dem Verfahren ein vollaktiver Piezostapel erzeugt werde, werden für die keramischen dielektrischen Schichten keramische piezolektrische Schichten eingesetzt. Vorzugsweise umfasst der Ausgangs(stapel) Bereiche, worin die Innenelektrodenschichten die Seiten B und D jeweils abwechselnd kontaktieren. Insbesondere bevorzugt kontaktieren im Ausgangs(stapel) alle Innenelektrodenschichten die Seiten B und D jeweils abwechselnd. Unter einem vollaktiven Stapel ist erfindungsgemäß ein Stapel zu verstehen, bei dem die Innenelektroden durchgehend sind, d.h. sich über die gesamte Querschnittsfläche des Stapels erstrecken. Durch diese Ausgestaltung reichen die gesamten Innenelektroden bis an die Außenseite des Stapels, weshalb dieser keine inaktiven Zonen aufweist. Dadurch wird die Leistung des Vielschichtbauelements um Betrieb verbessert und im Fall des Piezoaktors die Höhe der mechanischen Spannungen in der Piezokeramik während des Betriebs verringert.

Der in dem Verfahren zur Herstellung eines vollaktiven Stapels bereitgestellte (Ausgangs)stapel wird beispielsweise durch alternierendes Stapeln von mindestens zwei Teilstapeln hergestellt, wobei jeder der Teilstapel eine dielektrische Schicht und eine darauf angeordnete Innenelektrodenschicht aufweist. Der bereitgestellte Stapel wird dabei insbesondere hergestellt, indem sogenannte grüne Keramikfolien beispielsweise im Siebdruckverfahren mit metallischen Pasten bedruckt werden. Das Bedrucken wird dabei so ausgeführt, dass die metallischen Pasten die keramische Grünfolie vollständig

bedecken, wobei auf einer Seite ein unbedruckter Rand belassen wird. Die metallischen Pasten weisen z.B. AgPd- oder Cu-Partikel, Lösungsmittel und weitere Zusätze auf. Danach werden typischerweise ca. 300 bis 600 mit der Paste versehene grüne Keramikfolien aus den beiden Teilstapeln so übereinandergelegt, dass ein Block entsteht, in dem die metallischen Zwischenschichten zwei gegenüberliegende Seiten abwechselnd kontaktieren und jede zweite Zwischenschicht bezüglich des unbedruckten Randes identisch ausgerichtet ist. Der entstandene Stapel wird dann durch Pressen zu einem sogenannten Grünblock verarbeitet. Anschließend wird der Grünblock zur Entfernung von organischen Bestandteilen (insbesondere Bindemittel) entbindert und gegebenenfalls gesintert. Aus einem Grünblock können durch Trennung in einzelne Stapel gegebenenfalls mehrere (Ausgangs)stapel bzw. -riegel erzeugt werden.

Die keramischen dielektrischen Schichten können ein piezoelektrisches Material, z.B. Bleizirkonattitanat (PZT), umfassen.

In dem Verfahren zur Herstellung eines vollaktiven Stapels oder dessen grünen Vorläufers kann der in dem ersten Schritt bereitgestellte (Ausgangs)stapel entweder gesintert oder grün sein.

Vorzugsweise wird als Lack ein Fotolack und/oder ein Pulverlack und/oder ein stromstrukturierbarer Funktionslack (nachfolgend kurz als „Funktionslack" bezeichnet) verwendet.

Fotolacke (Englisch: „photoresist") sind dem Fachmann aus der fotolithografischen Strukturierung bekannt. Sie werden insbesondere in der Mikroelektronik und der

Mikrosystemtechnik für die Produktion von Strukturen im Mikro- und Submikrometerbereich sowie bei der Leiterplattenherstellung verwendet. Die wichtigsten Ausgangsstoffe für Fotolacke sind Polymere (z. B. Polymethylmethacrylat, Polymethylglutarimid) bzw. Epoxidharze (z. B. SU-8), Lösungsmittel wie Cyclopentanon oder Gamma-Butyrolacton, sowie eine fotoempfindliche Komponente. Es sind Negativlacke und Positivlacke bekannt. Der Negativlack polymerisiert durch Belichtung und/oder Aushärten, das heißt, nach der Entwicklung (Entfernung der nicht-polymerisierten Bereiche durch Lösungsmittel) bleiben die belichteten und/oder ausgehärteten Bereiche stehen. Bei Positivlacken wird der bereits verfestigte Lack durch Belichtung wieder löslich für entsprechende Entwicklerlösungen, das heißt, nach der Entwicklung bleiben nur die Bereiche übrig, welche durch eine Maske vor der Bestrahlung geschützt sind und somit nicht belichtet werden. Erfindungsgemäß können sowohl Positiv- als auch Negativlacke verwendet werden.

Pulverlacke sind organische, meist duroplastische Beschichtungspulver mit einem Festkörperanteil von 100 %. Das Beschichten mit Pulverlacken erfordert im Gegensatz zu allen anderen Beschichtungstechnologien keine Lösemittel. Zur Produktion der Pulverlacke werden Verarbeitungsverfahren wie die Extrusion und das Vermahlen eingesetzt. Pulverlacke bestehen aus Bindemitteln, Additiven, Farbmitteln und Füllstoffen. Charakteristisch für Pulverlacke ist das Fehlen von Lösemitteln. Die chemischen Unterschiede zwischen den in Pulverlacken und konventionellen Lacken eingesetzten Rohstoffen sind nicht groß. Die Vernetzungsmechanismen des Pulverlackfilmes ähneln denen eines Einbrennlackes, bei dem unter Temperatureinfluss zwei Reaktionspartner durch Bildung

eines organischen Netzwerkes eine chemische Verbindung eingehen.

Unter der Bezeichnung Funktionslacke werden erfindungsgemäß Lacke verstanden, deren Vernetzung und Aushärtung über eine vorangehende lokale elektrische Ansteuerung (Durchfluss von elektrischen Strom) erfolgt. Diese Funktionslacke sind aus der Gruppe ausgewählt, die aus Lacken wie sie in der Elektronenstrahllithografie verwendet werden (z. B. PMMA), Lacke mit durch Bestromung bewirkter thermischer Aushärtung, indirekt über Strom vernetzende Lacke (z. B. Mischungen aus elektrolumineszierenden Polymers mit photoempfindlichen Substanzen) und deren Mischungen besteht.
In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform umfassen die Funktionslacke Lacke wie sie in der Elektronenstrahllithografie verwendet werden (z.B. PMMA). Diese werden auch als Elektronenstrahlresists bezeichnet. Der Mechanismus der „Belichtung" von Elektronenstrahlresists mit energiereichen Elektronen wird in der Elektronenstrahllithografie zur Strukturierung verwendet. In Analogie zum Fotolack erfolgt die chemische Veränderung durch den lokalen Elektronenstrom. Um die für die " Belichtung" des Lackes (Bestromung des Lackes) mit Elektronen erforderliche kinetischer Energie der Elektronen zu generieren besitzt der Lack vorzugsweise eine hohe Bestrahlungsempfindlichkeit sowie eine Leitfähigkeit, die ausreichend groß ist, dass Ladungen transportiert werden können und eine elektrostatische Aufladung des Lackes vermieden wird. Die elektrische Ansteuerung erfolgt vorzugsweise über gepulste Hochspannung.
In einer erfingungsgemäß besonders bevorzugten Ausführungsform wird auf der Seite der Kathode (Elektronenemitter) ein wenige µm großer Spalt zum Lack aufrechterhalten. Die über Feldemission aus der Kathode

austretenden Elektronen werden über diesen Spalt beschleunigt und treffen dann mit höherer Energie auf den Lack. Der Spalt Kathode / Lack kann entweder auf der von der dielektrischen Schicht abgewandten Seite der Lackoberfläche zur äußeren Elektrode als auch zwischen (zurückgezogenen) Innenelektroden und appliziertem Lack realisiert werden.

In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform umfassen die Funktionslacke Lacke, die auf thermischer Aushärtung durch Bestromung beruhen. Bei diesen Funktionslacken wird die kinetische Energie der Elektronen in thermische Energie übergeführt, die eine lokale Aushärtung des Lackes bewirkt. Der Lack besitzt hierzu eine geeignete Leitfähigkeit, die groß genug ist, um eine elektrostatische Aufladung des Lackes bei der Bestromung zu verhindern. Um den Effekt der thermischen Aushärtung lokal auf den Bereich der angesteuerten Elektroden zu begrenzen, wird vorzugsweise der Wärmeleitung entgegengewirkt, d.h. die Ansteuerung erfolgt vorzugsweise über kurze Hochspannungspulse.

In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform umfassen die Funktionslacke Lacke, die indirekt über Strom vernetzt werden können. Diese Funktionslacke umfassen beispielsweise eine Kombination eines elektrolumineszierenden Lack (enthaltend ein elektrolumineszierendes Polymer) mit einem Fototack (enthaltend photoempfindliche Komponenten). Bei Verwendung geeigneter metallischer Kontakte wird ein Wirkungsmechanismus wie bei einer OLED (organischen Lechtdiode) hergestellt. In dieser Konfiguration übernimmt das stromdurchflossene elektroluminiszierende Polymer, das in dem elektrolumineszierenden Lack enthalten ist, die Funktion der lokalen Belichtung des Fotolacks, der die photoempfindlichen Komponenten enthält.

Die vorstehenden Funktionslacke können als Positiv- oder Negativlacke ausgeführt sein. Bei Negativlacken bleiben nach dem Aushärten und Entwickeln (Entfernen der nicht polymerisierten Bereiche des Lacks durch Lösungsmittel) die Bereiche über den elektrisch angesteuerten Innenelektroden stehen, während die übrigen Bereiche bei der Entwicklung herausgelöst werden. Bei Verwendung eines Positivlacks ist dies umgekehrt.

Als Einbrandpaste kann beispielsweise eine Glaspaste verwendet werden. Beim Entbindern wird dann auch der Binder der Glaspaste entfernt. Die Dicke des eingebrannten Glases beträgt vorzugsweise 20 µm bis 80 µm.

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform wird zum Belichten bzw. Aushärten des stromstrukturierbaren Funktionslackes eine Gegenelektrode auf den Funktionslack positioniert und eine Spannung, vorzugsweise gepulste Hochspannung angelegt. Die Vernetzung bzw. Aushärtung erfolgt durch die mit dem Strom verbundene Wärmeentwicklung bzw. chemische Veränderung (wie oben beschrieben) des Lackes. Als Funktionslack kann beispielsweise ein PMMA (Polymethylmethacrylat) basierender Dickschichtlack (typischerweise 50µm dick) verwendet werden. Der stromhärtende Funktionslack kann mit weiteren Komponenten vermischt werden, um einen definierten Widerstand einzustellen. Wird als Funktionslack ein sogenannter Negativlack verwendet, bleiben nach dem Aushärten und Entwickeln (Entfernen der nicht -polymerisierten Bereich des Funktionslacks durch Lösungsmittel) die Bereiche des Funktionslacks über den elektrisch angesteuerten Innenelektroden stehen, während die übrigen Bereiche bei der

Entwicklung herausgelöst werden. Bei Verwendung eines Positivlacks ist dies umgekehrt.
In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform wird statt Funktionslack Pulverlack verwendet. Der Pulverlack wird hierzu elektrostatisch auf die elektrisch angesteuerten Innenelektroden aufgetragen und aufgeschmolzen.

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform wird der Pulverlack zusätzlich zum Fotolack verwendet. Hierzu wird der Pulverlack elektrostatisch auf eine Schicht aus Fotolack aufgetragen, wobei der Pulverlack von den elektrisch angesteuerten Innenelektroden angezogen wird. Der aufgeschmolzene Pulverlack kann dann als Maske verwendet und der Fotolack normal belichtet werden. Wird als Fotolack ein Negativlack verwendet, bleiben nach dem Aushärten und Entwickeln (Entfernen der nicht-polymerisierten Bereiche des Fotolacks durch Lösungsmittel) die Bereiche des Fotolacks über den nicht-elektrisch angesteuerten Innenelektroden stehen, während die übrigen Bereiche bei der Entwicklung herausgelöst werden. Bei Verwendung eines Positivlacks ist dies umgekehrt.

In einer erfindungsgemäßen besonderen Ausführungsform sind die Fotolacke bzw. die stromhärtenden Funktionslacke mit einem Glasanteil ausgestattet. Dadurch erhält man eine mit Licht oder Strom strukturierbare Glaspaste die zur direkten Isolierung der über die Außenkontakte auf den Seiten B und D angesteuerten Elektroden verwendet werden kann.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines vollaktiven Vielschichtelements zur Verfügung gestellt. Das Verfahren umfasst im Einzelnen das

Herstellen eines vollaktiven Stapels, wie vorstehend beschrieben, und gegebenenfalls Sintern des vollaktiven Stapels oder dessen grünen Vorläufers; und Aufbringen von Außenelektroden auf den Seiten A' und C' des vollaktiven Stapels und Kontaktieren der unbeschichteten Innenelektroden, so dass die beiden Außenelektroden mit den unbeschichteten Innenelektrodenschichten elektrisch verbunden sind.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein vollaktives Vielschichtelement zur Verfügung gestellt. Im Einzelnen umfasst das vollaktive Vielschichtelement einen vollaktiven Stapel aus mehreren dielektrischen Schichten und Innenelektrodenschichten und zwei auf gegenüberliegenden Seiten des Stapels angeordneten Außenelektroden, wobei mindestens ein Teil der Innenelektrodenschichten mit einer Einbrandpaste beschichtet sind, wobei die beiden Außenelektroden jeweils mit den unbeschichteten Innenelektroden elektrisch verbunden sind. Das Vielschichtelement kann beispielsweise als Aktor oder Kondensator ausgestaltet sein.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den beigefügten schematischen Zeichnungen beispielhaft dargestellt. Es zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Seitenansicht eines Piezostapels mit den Seiten A, B, C und D entlang der Stapelrichtung,

Figur 2 einen Piezostapel mit einer Schicht Funktionslack über der Seite A,

Figur 3A den Piezostapel aus Figur 2 im Querschnitt mit aufgelegter Elektrodenplatte,

Figur 3B eine zu Figur 3A alternative Ausführungsform mit auf eine Fotolackschicht elektrostatisch beschichtetem und aufgeschmolzenem Pulverlack und anschließender Belichtung,

Figur 4 die nach einer der Ausführungsformen 3A oder 3B gehärtete Fotolackschicht bzw. Funktionslackschicht nach Entwicklung,

Figur 5 der Piezostapel aus Figur 4 nach Aufbringen einer Einbrennpaste ohne Metallanteil nach Trocknen und Einbrand,

Figur 6 der Piezostapel aus Figur 5 nach Aufbringen einer Metallisierungspaste,

Figur 7 einen vereinzelten, vollaktiven Piezostapel mit den Seiten A', B', C' und D' entlang der Stapelrichtung.

In einem Ausführungsbeispiel ist der Prozessablauf wie folgt:

a) Es wird ein gesinterter Piezostapel (1) mit den Seiten A, B, C und D entlang der Stapelrichtung bereitgestellt. Der Piezostapel besitzt (temporäre) Isozonen und Außenkontaktierungen (3), sodass über die Außenkontaktierung (3) jede zweite Innenelektrode (2) auf der Seite B sowie über die entsprechende Außenkontaktierung (3', nicht gezeigt) auf der Seite D jede zweite Innenelektrode (2') elektrisch angesteuert werden kann (vgl. Figur 1).

b) Der Piezostapel (1) wird auf der Seite A mit einer Schicht Funktionslack (4), in diesem Beispiel ein Negativlack, versehen (vgl. Figur 2). Beispielsweise wird ein PMMA-Dickschichtlack, typischerweise 50 µm, dessen Widerstand durch zusätzliche Komponenten in geeigneteter Weise eingestellt wurde, verwendet.

c) Es wird eine Elektrode (5) auf die Funktionslackschicht (4) aufgelegt. Dann wird eine gepulste Hochspannung an die Außenkontaktierung (3) auf der Seite B und die Elektrode (5) angelegt, sodass der Bereich über jeder zweiten Innenelektrode (2) durch den Wärmeeintrag gehärtet wird. Alternativ kann Pulverlack auf die eine Fotolackschicht über der elektrisch angesteuerten Innenelektrode (2) aufgebracht werden, indem die Pulverlackteilchen mit der entgegengesetzten Polarität aufgeladen werden. Der Pulverlack wird dann aufgeschmolzen und als Maske für die Belichtung (6) verwendet.

d) In Figur 4 ist der gehärtete Fotolack bzw. Funktionslack (8) nach Entwicklung, d. h. Herauslösen der nicht gehärteten bzw. polymerisierten Bestandteile zu sehen.

e) In Figur 5 wurde eine Einbrandpaste ohne Metallanteil (9) aufgebracht, entbindert und eingebrannt. Der restliche Pulverlack wurde beim Entbindern verbrannt und damit entfernt.

f) Figur 6 zeigt den Piezostapel aus Figur 5 nach dem Aufbringen, Trocknen und Einbrennen der Metallisierungspaste für die Außenkontakte.

g) In Figur 7 ist die Trennung des voll aktiven Piezostapels in Einzelaktoren mit den Seiten A', B', C' und D' gezeigt. Das Aufbringen der Metallisierungspaste (10), wie anhand von Figur 6 erläutert, kann vor oder nach der Trennung in Einzelaktoren (11) erfolgen.

Bezugszeichenliste

A, B, C, D	Seiten des Piezostapels in Stapelrichtung
1	Piezostapel
2, 2’	Innenelektroden
3	Außenkontaktierung mit temporären Isozonen
4	ungehärtete Fotolackschicht
5	Gegenelektrode
6	Licht
7	elektrostatisch aufgebrachter und aufgeschmolzener Pulverlack
8	gehärteter Fotolack nach Entwicklung (d. h. Herauslösen oder Verbrennen der nicht-gehärteten Bereiche)
9	Einbrandpaste ohne Metallanteil nach Aufbringen, Entbindern und Einbrennen
10	Metallisierungspaste nach Aufbringen, Trocknen und Einbrennen
11	Einzelaktor mit den Seiten A’, B’, C’ und D’

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines vollaktiven Stapels oder dessen grünem Vorläufer, umfassend:

- Bereitstellen eines gesinterten oder ungesinterten Stapels (1) mit den jeweils in Stapelrichtung verlaufenden Seiten A, B, C und D aus mehreren abwechselnd aufeinanderfolgenden keramischen dielektrischen Schichten und Innenelektrodenschichten (2, 2'), wobei die Innenelektrodenschichten (2, 2') bezüglich der Seiten A und C jeweils durchgehend ausgebildet sind und bezüglich entweder der Seite B oder der Seite D jeweils nicht durchgehend ausgebildet sind;

- Zusammenfassen und temporäres Kontaktieren der die jeweilige Seite kontaktierenden Innenelektroden (2, 2') oder deren ungesinterte Vorläufer auf einer der Seiten B oder D über einen Außenkontakt mit temporären Isozonen (3);

- Elektrisches Ansteuern der über die Seite B ansteuerbaren Innenelektroden und Beschichten mindestens der elektrisch angesteuerten Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer auf der Seite A mit Lack und Aushärten, Aufschmelzen und gegebenenfalls Entwickeln des Lacks;

- Elektrisches Ansteuern der über die Seite D ansteuerbaren Innenelektroden und Beschichten mindestens der elektrisch angesteuerten Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer auf der Seite C mit Lack und Aushärten, Aufschmelzen und gegebenenfalls Entwickeln des Lacks;

- Aufbringen einer Einbrandpaste auf die Seiten A und C, sowie Entbindern und Brennen der Einbrandpaste, wobei der Lack entfernt wird; und

- Vereinzeln des Stapels zu mindestens einem vollaktiven Stapel (11) oder dessen grünem Vorläufer mit den beschichteten Innenelektroden oder deren ungesinterte Vorläufer auf den Seiten A' und C'.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als Lack ein Fotolack und/oder ein Pulverlack und/oder ein Funktionslack verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Funktionslack aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Lacken wie sie in der Elektronenstrahllithografie verwendet werden, Lacke mit durch Bestromung bewirkter thermischer Aushärtung, indirekt über Strom vernetzende Lacke und deren Mischungen besteht.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei als indirekt über Strom vernetzender Lack die Kombination aus einem Fotolack und einem elektrolumineszierenden Lack verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei zum Aushärten des Funktionslacks eine Gegenelektrode auf die Seiten A und C gelegt wird und der Funktionslack durch den vom elektrischen Strom induzierten Wärmeeintrag beim Anlegen einer Spannung ausgehärtet und/oder vernetzt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen Innenelektrodenschichten und Lack oder zwischen Lackoberfläche und Gegenelektrode ein Spalt vorgesehen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Pulverlack elektrostatisch auf die elektrisch angesteuerten Innenelektroden aufgetragen und aufgeschmolzen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Pulverlack auf eine Schicht aus Fotolack aufgetragen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 8, wobei der Fotolack durch Belichten ausgehärtet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die dielektrischen Schichten piezoelektrische Schichten sind.

11. Verfahren zur Herstellung eines vollaktiven Vielschichtelements umfassend:

- Herstellen eines vollaktiven Stapels (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 und gegebenenfalls Sintern des vollaktiven Stapels oder dessen grünen Vorläufers;

- Aufbringen von Außenelektroden auf den Seiten A' und C' des vollaktiven Stapels (12) und Kontaktieren der unbeschichteten Innenelektroden, so dass die beiden Außenelektroden (11) mit den unbeschichteten Innenelektrodenschichten (2, 2') elektrisch verbunden sind.

12. Vollaktives Vielschichtbauelement umfassend einen vollaktiven Stapel (12) aus mehreren dielektrischen Schichten und Innenelektrodenschichten (2, 2') und zwei auf gegenüberliegenden Seiten des Stapels angeordneten Außenelektroden (11), wobei mindestens ein Teil der Innenelektrodenschichten (2, 2') mit einer Einbrandpaste beschichtet sind, wobei die beiden Außenelektroden (11)

jeweils mit den unbeschichteten Innenelektroden (2, 2') elektrisch verbunden sind.

13. Vollaktives Vielschichtbauelement nach Anspruch 12, das als Aktor ausgestaltet ist.

14. Vollaktives Vielschichtbauelement nach Anspruch 12, das als Kondensator ausgestaltet ist.

FIG. 1

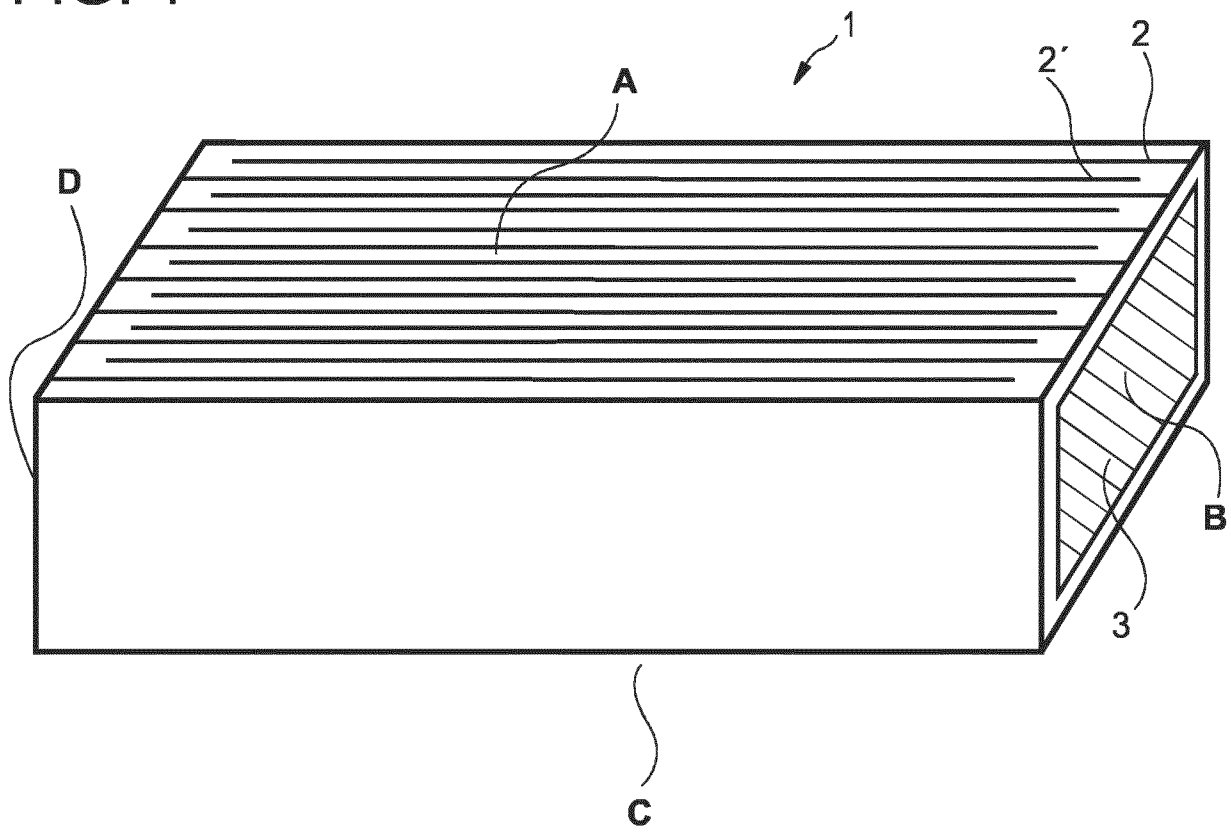


FIG. 2

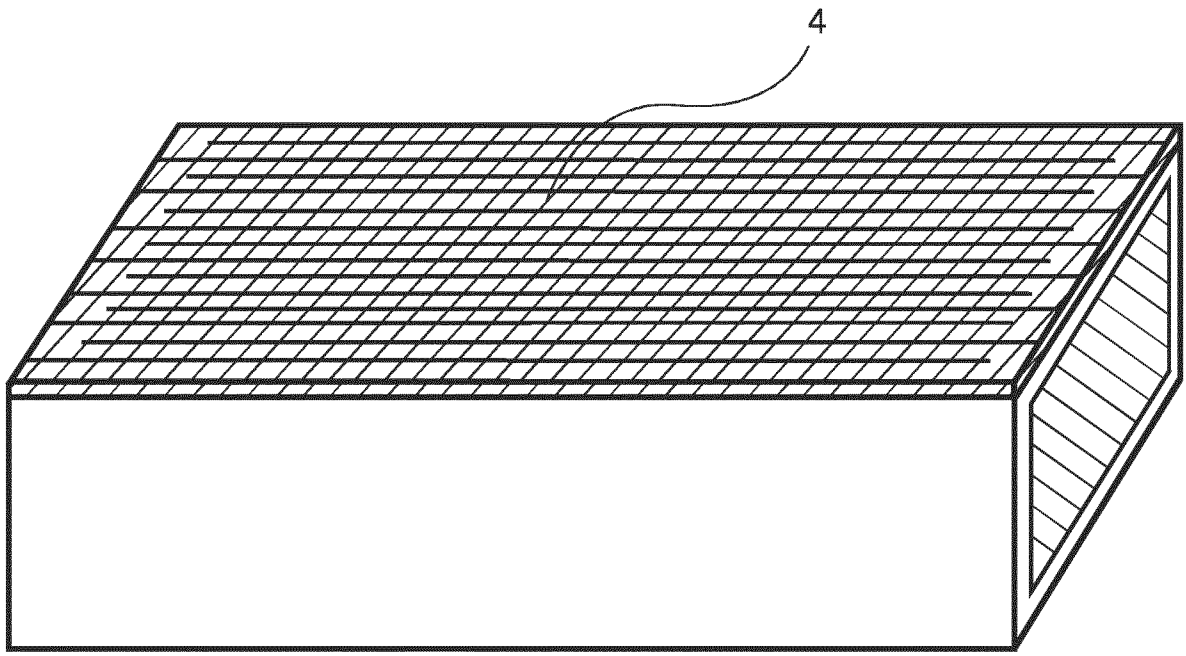


FIG. 3a

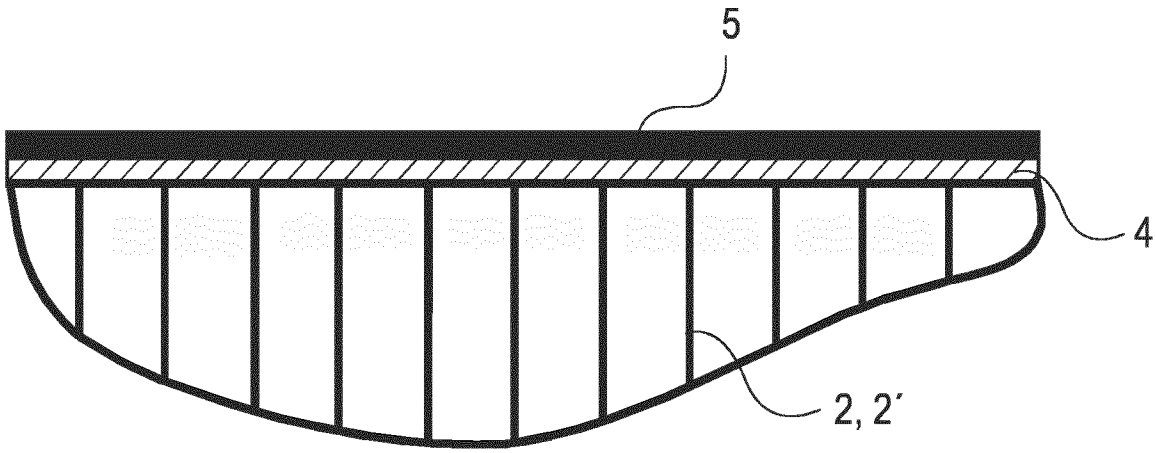


FIG. 3b

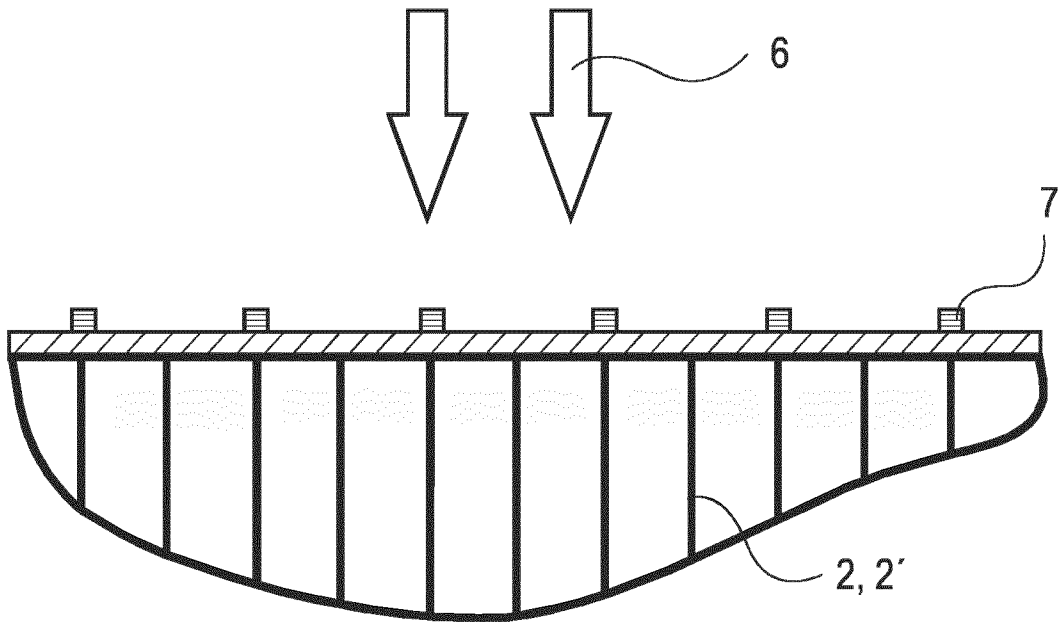


FIG. 4

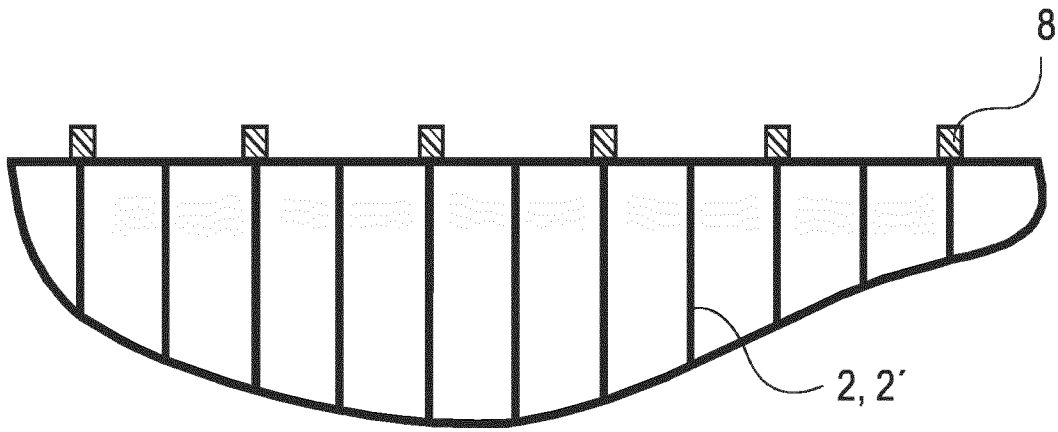


FIG. 5

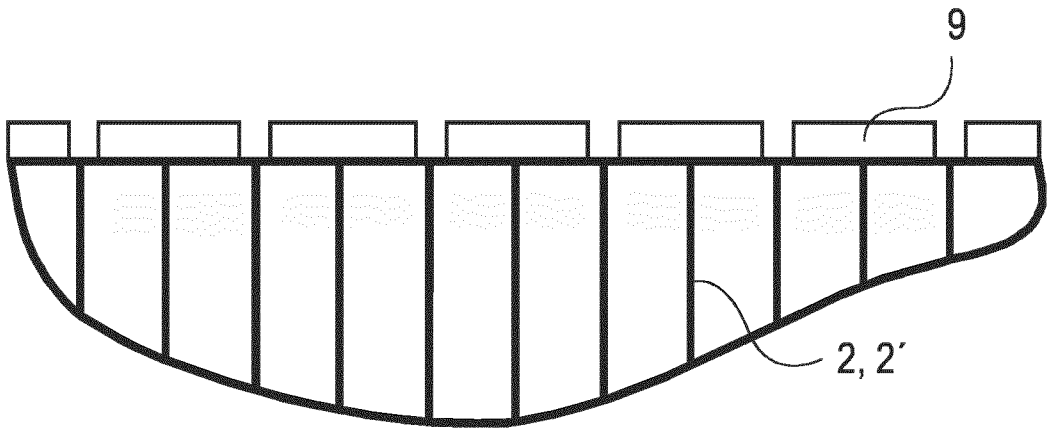


FIG. 6

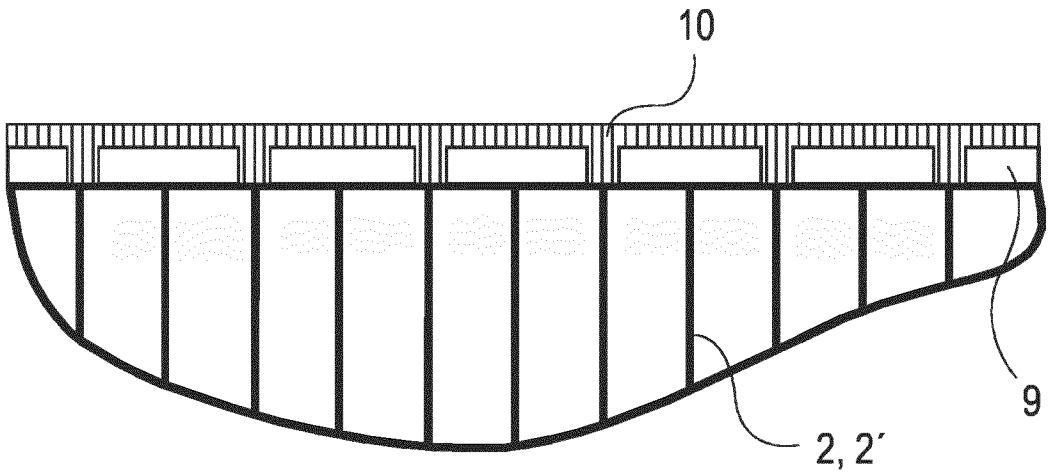
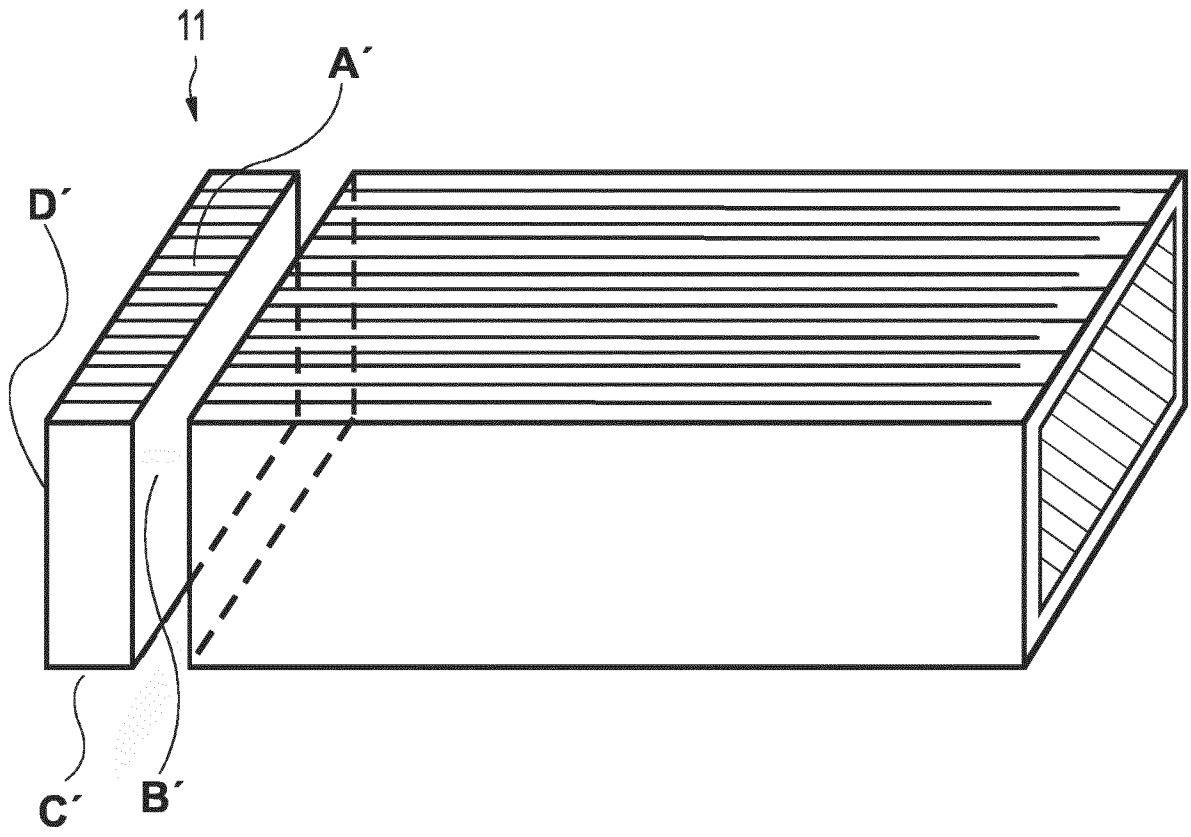


FIG. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/060523

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01G4/232 H01L41/047 H01L41/083 H01L41/297
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01G H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 835 553 A1 (DELPHI) 19 September 2007 (2007-09-19)	12,13
Y	paragraphs [0073], [0076]	14
A		1-11

X	US 5 568 679 A (OHYA ET AL) 29 October 1996 (1996-10-29)	12,13
Y	column 2, line 48 - column 3, line 14	14
A	figures 2, 3	1-11

Y	JP 2005 072370 A (NGK) 17 March 2005 (2005-03-17)	14
A	paragraphs [0016] - [0020] figure 3	1-11

Y	US 2006/067029 A1 (KUNIYASU) 30 March 2006 (2006-03-30)	14
A	paragraph [0036] figure 1	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
6 August 2013	19/09/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Subke, Kai-Olaf

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/060523

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1835553 A1	19-09-2007	AT 432537 T	15-06-2009
		EP 1835553 A1	19-09-2007
		JP 2007294904 A	08-11-2007
		US 2007216265 A1	20-09-2007
US 5568679 A	29-10-1996	JP 2830724 B2	02-12-1998
		JP H07176802 A	14-07-1995
		US 5568679 A	29-10-1996
JP 2005072370 A	17-03-2005	NONE	
US 2006067029 A1	30-03-2006	JP 2006093449 A	06-04-2006
		US 2006067029 A1	30-03-2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/060523

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01G4/232 H01L41/047 H01L41/083 H01L41/297
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01G H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 835 553 A1 (DELPHI) 19. September 2007 (2007-09-19)	12,13
Y	Absätze [0073], [0076]	14
A		1-11

X	US 5 568 679 A (OHYA ET AL) 29. Oktober 1996 (1996-10-29)	12,13
Y	Spalte 2, Zeile 48 - Spalte 3, Zeile 14	14
A	Abbildungen 2, 3	1-11

Y	JP 2005 072370 A (NGK) 17. März 2005 (2005-03-17)	14
A	Absätze [0016] - [0020] Abbildung 3	1-11

Y	US 2006/067029 A1 (KUNIYASU) 30. März 2006 (2006-03-30)	14
A	Absatz [0036] Abbildung 1	1-11

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. August 2013	19/09/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Subke, Kai-Olaf

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/060523

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1835553 A1	19-09-2007	AT 432537 T	15-06-2009
		EP 1835553 A1	19-09-2007
		JP 2007294904 A	08-11-2007
		US 2007216265 A1	20-09-2007
US 5568679 A	29-10-1996	JP 2830724 B2	02-12-1998
		JP H07176802 A	14-07-1995
		US 5568679 A	29-10-1996
JP 2005072370 A	17-03-2005	KEINE	
US 2006067029 A1	30-03-2006	JP 2006093449 A	06-04-2006
		US 2006067029 A1	30-03-2006