

(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

13. September 2012 (13.09.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2012/120009 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 41/083 (2006.01) H04R 17/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/053813
- (22) Internationales Anmeldedatum:
6. März 2012 (06.03.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
11157139.4 7. März 2011 (07.03.2011) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): BAYER MATERIALSCIENCE AG [DE/DE]; 51368 Leverkusen (DE).
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): HOCHSCHULE OSTWESTFALEN-LIPPE [DE/DE]; Liebigstr. 87, 32657 Lemgo (DE). INSTA ELEKTRO GMBH [DE/DE]; Hohe Steinert 10, 58509 Lüdenscheid (DE). UNIVERSITÄT POTSDAM [DE/DE]; Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam (DE).
- (71) Anmelder (nur für US): JENNINGER, Ludwig (Erbe des verstorbenen Erfinders) [—/DE]; Hauptstr. 13, 74744 Ahorn-Berolzheim (DE). JENNINGER, Maria (Erbin des verstorbenen Erfinders) [—/DE]; Hauptstr. 13, 74744 Ahorn-Berolzheim (DE).
- (72) Erfinder: JENNINGER, Werner (verstorben).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GERHARD, Reimund [DE/DE]; Bleibtreustr.7, 10623 Berlin (DE). WIRGES, Werner [DE/DE]; Ring am Feld 40, 14532 Kleinmachnow (DE). MAAS, Jürgen [DE/DE]; Untere Schanze 3, 32756 Detmold (DE). GRAF, Christian [DE/DE]; Thorenknick 41, 33100 Paderborn (DE). MUNDINGER, Harald [DE/DE]; Holunderweg 8, 58849 Herscheid (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: BAYER MATERIALSCIENCE AG; Law and Patents, Patents and Licensing, 51368 Leverkusen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LAYER COMPOSITE COMPRISING ELECTROACTIVE LAYERS

(54) Bezeichnung : SCHICHTVERBUND MIT ELEKTROAKTIVEN SCHICHTEN

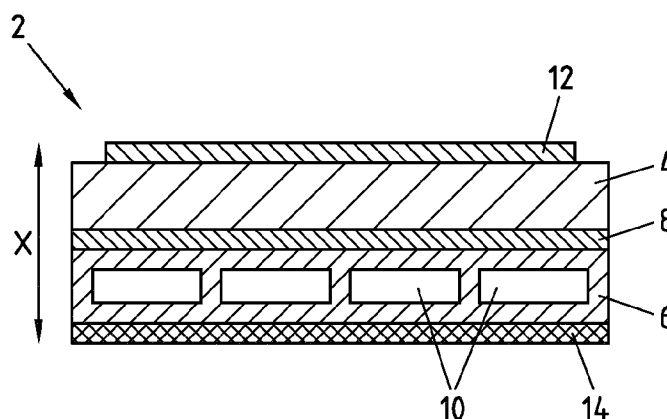


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to a layer composite (2, 2.1, 2.2, 18), comprising at least two electroactive layers (4, 6) arranged between a first electrically conductive layer (12) and a second electrically conductive layer (14), wherein at least one electrically conductive partial layer (8) is arranged between the at least two electroactive layers (4, 6), and wherein at least one of the at least two electroactive layers (4, 6) is a piezo-layer (6), wherein at least one other of the at least two electroactive layers (4, 6) is a dielectric elastomer layer (4).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Schichtverbund (2, 2.1, 2.2, 18), umfassend mindestens zwei zwischen einer ersten elektrisch leitfähigen Schicht (12) und einer zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (14) angeordnete elektroaktiven Schichten (4, 6), wobei zwischen den mindestens zwei elektroaktiven Schichten (4, 6) zumindest eine elektrisch leitfähige Teilschicht (8) angeordnet ist, und wobei mindestens eine der mindestens zwei elektroaktiven Schichten (4, 6) eine Piezoschicht (6) ist, wobei mindestens eine weitere der mindestens zwei elektroaktiven Schichten (4, 6) eine dielektrische Elastomerschicht (4) ist.



WO 2012/120009 A1



ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, 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, MD, 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, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Schichtverbund mit elektroaktiven Schichten

Die Erfindung betrifft einen Schichtverbund, umfassend mindestens zwei zwischen einer ersten elektrisch leitfähigen Schicht und einer zweiten elektrisch leitfähigen Schicht angeordnete elektroaktive Schichten, wobei zwischen den mindestens zwei elektroaktiven Schichten zumindest eine elektrisch leitfähige Teilschicht angeordnet ist, und wobei mindestens eine der mindestens zwei elektroaktiven Schichten eine Piezoschicht ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine elektromechanische Wandlervorrichtung umfassend diesen Schichtverbund und ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbunds.

Kunststoffverbundstoffe werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt. Beispielsweise wird ein entsprechender Schichtverbund als Verpackungsmaterial, Isolationsmaterial oder als Konstruktionsmaterial verwendet. Neben diesem herkömmlichen Einsatzzweck, werden Schichtverbunde vermehrt als aktive Komponenten in Sensoranwendungen oder zur Energiegewinnung bzw. Energiewandlung, dem so genannten Energy Harvesting, eingesetzt.

Beispielsweise offenbart die WO 2010/066347 A2 einen Schichtverbund mit mehreren Piezoschichten, also Schichten aus einem piezoelektrischen Material. Ein piezoelektrisches Material kann verwendet werden, um eine auf den Schichtverbund wirkende mechanische Kraftänderung linear in ein elektrisches Signal zu wandeln. Durch die Fähigkeit, eine mechanische Kraftänderung in eine elektrische Größe, wie einen Strom, eine Spannung oder Energie, zu wandeln, sind Piezoschichten für eine Sensoranwendung oder Energy Harvesting geeignet.

Ein Schichtverbund wird heutzutage beispielsweise in strukturierten Drucksensoren für Tastaturen oder Touchpads, Beschleunigungssensoren, Mikrofonen, Lautsprechern, Ultraschallwandlern für Anwendungen in der Medizintechnik, der Meerestechnik oder zur Materialprüfung verwendet.

Aus der Europäischen Patentschrift EP 1 312 171 B1 ist beispielsweise ein Hochfrequenzsender mit einem piezoelektrischen Element als Wandlervorrichtung

bekannt. Hierbei wird die auf das piezoelektrische Element wirkende mechanische Kraftänderung in elektrische Energie gewandelt und für einen autarken Betrieb des Hochfrequenzsenders verwendet.

- 5 Nachteilig bei dem Stand der Technik ist jedoch, dass ein Schichtverbund mit Piezoschichten, die eine erhöhte Piezokonstante aufweisen, zwar für eine Sensoranwendung und Energy Harvesting geeignet ist. Jedoch eignet sich eine entsprechende Piezoschicht infolge zu geringer möglicher Stellwege nur bedingt für eine Aktoranwendung.

10

Daher liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Schichtverbund zur Verfügung zu stellen, der nicht nur für die Anwendungen Sensorik und Energy Harvesting sondern auch für die Anwendung Aktorik geeignet ist.

- 15 Die zuvor hergeleitete und aufgezeigte Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung bei einem Schichtverbund umfassend mindestens zwei zwischen einer ersten elektrisch leitfähigen Schicht und einer zweiten elektrisch leitfähigen Schicht angeordnete elektroaktive Schichten, wobei zwischen den mindestens zwei elektroaktiven Schichten zumindest eine elektrisch leitfähige Teilschicht angeordnet ist, und wobei mindestens eine
20 der mindestens zwei elektroaktiven Schichten eine Piezoschicht ist, dadurch gelöst, dass mindestens eine weitere der mindestens zwei elektroaktiven Schichten eine dielektrische Elastomerschicht ist.

- Im Gegensatz zum Stand der Technik werden gemäß der Lehre der Erfindung durch
25 zumindest zwei unterschiedliche elektroaktive Schichtarten in einem einzigen Schichtverbund gemäß der Erfindung die Funktionen Sensorik, Aktorik und Energy Harvesting vereint.

- Die Piezoschicht kann beispielsweise aus einem geeigneten Piezopolymer gebildet und
30 eine Piezopolymerfolie sein. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann die Piezoschicht eine Ferroelektretschicht, wie eine Ferroelektretfolie, sein. Die Piezoschicht kann dauerhaft piezoelektrische Eigenschaften aufweisen. Beispielsweise können diese durch eine Aufladung oder Polung der Piezoschicht erzeugt werden. Eine Piezoschicht kann aufgrund einer erhöhten Piezokonstante insbesondere für eine Sensoranwendung
35 und/oder für Energy Harvesting eingesetzt werden. Beispielsweise können Piezoschichten mit einer Piezokonstante von bis zu 1000 pC/N bereitgestellt werden.

Ferner umfasst der Schichtverbund gemäß der Erfindung zumindest eine dielektrische Elastomerschicht. Eine dielektrische Elastomerschicht weist vorzugsweise eine relativ hohe Dielektrizitätszahl auf. Darüber hinaus weist eine dielektrische Elastomerschicht
5 vorzugsweise eine niedrige mechanische Steifigkeit auf. Diese Eigenschaften führen zu möglichen Dehnungswerten von bis zu ca. 300 %. Eine dielektrische Elastomerschicht kann insbesondere für eine Aktoranwendung eingesetzt werden.

Zwischen der Piezoschicht und der dielektrischen Elastomerschicht ist zumindest eine
10 elektrisch leitfähige Teilschicht angeordnet. Unter einer Teilschicht ist zu verstehen, dass elektrisch leitendes Material nur teilweise zwischen den mindestens zwei elektroaktiven Schichten vorhanden ist. Beispielsweise kann eine strukturierte bzw. segmentierte Schicht gebildet werden. Es versteht sich, dass die Schicht auch Vollschrift sein kann.

15 Darüber hinaus ist an der Oberseite des Schichtverbunds eine elektrisch leitfähige Schicht und an der Unterseite des Schichtverbunds eine elektrisch leitfähige Schicht angeordnet.

Die elektrisch leitfähigen Schichten können insbesondere als Elektrode ausgebildet sein. Es versteht sich, dass die Unterseite bzw. die Oberseite nur teilweise mit einer elektrisch
20 leitfähigen Schicht beschichtet sein kann.

Vorzugsweise kann eine elektrisch leitfähige Schicht aus einem Material gebildet sein, das ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Metalle, Metalllegierungen, leitfähige Oligo- oder Polymere, leitfähige Oxide und/oder mit leitfähigen Füllstoffen gefüllte Polymere.

Durch die erfindungsgemäße Kombination mindestens einer dielektrischen
25 Elastomerschicht und mindestens einer Piezoschicht können die spezifischen Eigenschaften der jeweiligen Schichtart in einem Schichtverbund vereinigt werden. Das Ergebnis ist ein hybrider, kompakter Schichtverbund, welcher die Funktionen Sensorik, Aktorik und Energy Harvesting aufweist.

30 Grundsätzlich kann der Schichtverbund eine Vielzahl von elektroaktiven Schichten aufweisen, so lange zumindest eine Piezoschicht und zumindest eine dielektrische Elastomerschicht angeordnet sind. Gemäß einer ersten Ausführungsform des Schichtverbunds der Erfindung kann mindestens eine weitere Piezoschicht zwischen der ersten elektrisch leitfähigen Schicht und der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht
35 angeordnet sein. Durch die Anordnung von zwei oder mehr Piezoschichten kann

beispielsweise mehr mechanische Energie in elektrische Energie gewandelt werden. Die Piezoschichten können aus dem gleichen oder unterschiedlichen Material gebildet sein. Vorzugsweise kann es sich um Ferroelektretschichten handeln.

- 5 Alternativ oder zusätzlich kann mindestens eine weitere dielektrische Elastomerschicht zwischen der ersten elektrisch leitfähigen Schicht und der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht angeordnet sein. Hierbei kann bei einer Aktoranwendung die mögliche Dickenänderung eines Schichtverbunds angepasst und insbesondere vergrößert werden. Es sei angemerkt, dass bei mehreren elektroaktiven Schichten bevorzugt zwischen
10 sämtlichen benachbarten Schichten zumindest teilweise eine elektrisch leitende Schicht angeordnet sein kann.

- Die Piezoschicht kann als geschäumte Polymerfolie oder als Mehrschichtsystem aus Polymerfolien oder Polymergeweben ausgebildet sein und eine zelluläre Hohlraumstruktur
15 umfassen. Darüber hinaus kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform die Piezoschicht aus einer Polymerschichtstruktur gebildet sein. Die Polymerschichtstruktur kann Hohlräume umfassen. Beispielsweise können die Hohlräume ein Gas umfassen, das ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Stickstoff, Distickstoffmonoxid und/oder Schwefelhexafluorid. Strukturierte Piezoschichten können zumindest zwei geschlossene
20 äußere Schichten und beispielsweise eine poröse oder perforierte Mittelschicht umfassen.

- Nach einer elektrischen Aufladung oder Polung der Piezoschicht können elektrische Ladungen unterschiedlicher Polarität auf den gegenüberliegenden Oberflächen der Hohlräume verteilt sein. Jeder Hohlraum kann einen Dipol bilden. Wird eine mechanische
25 Kraft auf eine Piezoschicht ausgeübt, so verändert sich die Dipolgröße und damit das Dipolmoment. Ein Stromfluss zwischen zwei Elektroden, die auf den beiden Oberflächen der Piezoschicht angebracht sind, wird erzeugt. Eine Piezoschicht mit einer entsprechenden Polymerschichtstruktur ist besonders für eine Sensoranwendung und Energy Harvesting geeignet.

- 30 Vorteilhafterweise kann gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schichtverbunds die Piezoschicht ein Material umfassen, das ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Polycarbonat, perfluorierte oder teilfluorierte Polymere und Co-Polymere, Polytetrafluorethylen, Fluorethylenpropylen, Perfluoralkoxyethylen, Polyester,
35 Polyethylenterephthalat, Polyethylnaphthalat, Polyimid, Polyetherimid, Polyether,

Polymethyl(meth)acrylat, Cyclo-Olefin-Polymere, Cyclo-Olefin-Copolymere und/oder Polyolefine.

Ferner kann die dielektrische Elastomerschicht gemäß einer bevorzugten

- 5 Ausführungsform der Erfindung ein Material umfassen, das beispielsweise ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Polyurethan-Elastomere, Silikon-Elastomere und/oder Acrylat-Elastomere.

- 10 Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist eine elektromechanische Wandlervorrichtung umfassend einen zuvor beschriebenen Schichtverbund. Die erfindungsgemäße Wandlervorrichtung kann insbesondere konfiguriert sein, um eine auf sie wirkende mechanische Kraftänderung in elektrische Energie bzw. in ein elektrisches Signal zu wandeln und um bei Anlegung eines elektrischen Signals, insbesondere eines elektrischen Felds, die geometrische Form entsprechend zu ändern. Wie bereits ausgeführt wurde, 15 wird in einer elektromechanischen Wandlervorrichtung mit einem zuvor beschriebenen Schichtverbund die Funktionen Aktorik, Sensorik und Energy Harvesting in einer einzigen Vorrichtung vereint. Es versteht sich, dass eine elektromechanische Wandlervorrichtung zwei oder mehr Schichtverbunde aufweisen kann.

- 20 Gemäß einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektromechanischen Wandlervorrichtung kann der Schichtverbund mit einer Bedienoberfläche verbunden sein, derart, dass eine auf die Bedienoberfläche wirkende mechanische Kraftänderung in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Mit anderen Worten kann eine Sensorfunktion bereitgestellt werden. Die Betätigung der Bedienfläche führt zu einer Formänderung des 25 Schichtverbunds. Die Formänderung des Schichtverbunds erzeugt beispielsweise eine Spannung, die durch geeignete Mittel detektiert werden kann.

- Alternativ oder zusätzlich kann der Schichtverbund mit einer Bedienoberfläche verbunden sein, derart, dass eine auf die Bedienoberfläche wirkende mechanische Kraftänderung in 30 elektrische Energie wandelbar ist. Bei der Bedienoberfläche kann es sich insbesondere um eine Fläche handeln, wie beispielsweise die Schaltfläche eines Schalters, die von einem Benutzer aktuiert werden kann. Die Bedienfläche kann derart mit dem Schichtverbund, insbesondere mit einer Elektrode des Schichtverbunds verbunden sein, dass die auf die Bedienfläche wirkende Kraft auch auf den Schichtverbund wirkt. Die 35 mechanische Kraftänderung, beispielsweise ein Druck durch einen Finger eines

Benutzers, kann dann in elektrische Energie oder in ein elektrisches Signal gewandelt werden.

Um ein erzeugtes elektrisches Signal weiterzuverarbeiten oder erzeugte elektrische
5 Energie zu nutzen, kann gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektromechanischen Wandlervorrichtung eine mit dem Schichtverbund elektrisch verbindbare Schaltungseinrichtung vorgesehen sein. Die Schaltungseinrichtung kann in geeigneter Weise mit den elektrisch leitfähigen Schichten verbunden sein. Die
10 Schaltungseinrichtung kann analoge und/oder digitale Komponenten aufweisen, um ein elektrisches Signal, wie eine Spannung oder einen Strom weiterzuverarbeiten, und/oder elektrische Energie zumindest zeitweise zu speichern. Als Speicher kann beispielsweise ein geeignetes kapazitives Element in der Schaltungseinrichtung vorgesehen sein. Ferner kann die Schaltungseinrichtung konfiguriert sein, dass zumindest einige Elektroden des Schichtverbunds mit einer Spannung beaufschlagt werden können. Es versteht sich, dass
15 die Schaltungseinrichtung entsprechend der gewünschten Funktionalität der elektromechanischen Wandlervorrichtung ausgebildet werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektromechanischen Vorrichtung kann vorgesehen sein, dass die Schaltungseinrichtung autark durch die in
20 elektrische Energie gewandelte mechanische Energie betreibbar ist. Mit anderen Worten kann die Schaltungseinrichtung ausschließlich mit der auf die Vorrichtung wirkenden mechanischen Kraftänderung insbesondere unabhängig von einer weiteren Energieversorgung betrieben werden. Es ist kein zusätzlicher Energiespeicher zur zusätzlichen Versorgung mit Energie erforderlich. Es versteht sich jedoch, dass
25 Energiespeicher zur Speicherung, insbesondere Zwischenspeicherung der durch die mechanische Kraftänderung erzeugten elektrischen Energie vorgesehen sein können. Beispielsweise kann die erzeugte elektrische Energie in einer Speichereinrichtung, wie einem Kondensator, einem Superkondensator und/oder einer Batterie, gesammelt werden. Dies kann erforderlich sein, wenn durch eine einmalige Betätigung der
30 elektromechanischen Wandlervorrichtung nicht genügend Energie bereitgestellt werden kann, sondern eine mehrmalige Betätigung notwendig ist. Wenn ausreichend Energie gesammelt worden ist, kann eine gewünschte Aktion durchgeführt werden.

Alternativ kann die Schaltungseinrichtung eine Energieversorgung umfassen. Eine
35 zusätzliche Energieversorgung z.B. in Form eines Energiespeichers kann erforderlich sein, wenn die durch den Schichtverbund erzeugbare elektrische Energie nicht ausreichend ist,

eine oder mehrere gewünschte Aktionen auszuführen. Beispielsweise kann die Energie aufgrund einer vorgegebenen kompakten und insbesondere flachen Ausführung des Schichtverbunds und/oder aufgrund der auszuführenden Funktion nicht ausreichen.

- 5 Vorzugsweise kann die Schaltungseinrichtung derart konfiguriert sein, dass die Schaltungseinrichtung durch die in elektrische Energie gewandelte mechanische Energie aus einem Ruhezustand in einen Betriebszustand versetzbar ist. Mit anderen Worten kann die Schaltungseinrichtung aus einem Schlafzustand aufgeweckt werden. Dann kann sie von dem Energiespeicher, wie einer Batterie, mit Energie versorgt werden. Nach
- 10 Ausführung der zumindest einen Aktion kann die Schaltungseinrichtung (automatisch) wieder in den Ruhezustand versetzt werden. Hierdurch kann die Lebensdauer eines Energiespeichers signifikant verlängert werden. Beispielsweise kann eine Lebensdauer von 20 Jahren erzielt werden (z.B. bei Einsatz von Lithium-Mangandioxid-Zellen). Umfangreichere Schaltungseinrichtung umfassend einen Prozessor, Speicher und
- 15 dergleichen können wartungsarm mit einer langen Lebensdauer realisiert werden.

- Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform kann die Schaltungseinrichtung ein Sendeelement zum Senden eines Signals umfassen. Insbesondere kann es sich um ein Sendeelement zum Aussenden eines Funksignals, wie eines kurzen Impulses, eines
- 20 Datentelegramms oder dergleichen, handeln. Ein Sendeelement kann z.B. eine Antennenanordnung aufweisen. Beispielsweise kann ein Funksignal an einen entfernten Empfänger gesendet werden. Dieser kann einen Aktor umfassen und beispielsweise einen Verbraucher, wie eine Heizung oder eine Leuchtvorrichtung, ansteuern.

- 25 Ferner kann das Funksignal beispielsweise eine eindeutige Kennung aufweisen, die eine Identifizierung des Senders, also der elektromechanischen Wandlervorrichtung, ermöglicht. Eine entsprechende Vorrichtung kann beispielsweise in einem Sicherheitssystem oder Personenüberwachungssystem eingesetzt werden. Anhand der Kennung kann eine Lokalisierung eines Bedieners erfolgen.

- 30 Bei einer Wandlervorrichtung ist es möglich, mittels eines mechanischen Drucks eine Aktion auszulösen. Jedoch kann sich ein Benutzer, insbesondere bei sehr kurzen Betätigungswegen der Wandlervorrichtung, nicht sicher sein, ob tatsächlich seine Berührung erfasst wurde. Um einem Benutzer eine Rückmeldung darüber zu geben, dass
- 35 eine Aktuierung der elektromechanischen Wandlervorrichtung tatsächlich ausgelöst worden ist, kann der Schichtverbund der elektromechanischen Wandlervorrichtung gemäß

einer bevorzugten Ausführungsform derart ausgebildet sein, dass über die Bedienoberfläche eine taktile Rückmeldung abgegeben wird. Eine taktile Rückmeldung kann beispielsweise durch eine Vibration und/oder einen (Gegen-)Druck gegeben werden.

- 5 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektromechanischen Wandlervorrichtung kann für eine taktile Rückmeldung zumindest die eine dielektrische Elastomerschicht mit einer Spannung derart beaufschlagt werden, dass eine Dickenänderung der Elastomerschicht von zumindest $0,1\ \mu\text{m}$, bevorzugt zumindest $10\ \mu\text{m}$, mit einer vorgebbaren Frequenz erzeugt wird. Es kann ein elektrisches Feld,
10 insbesondere Wechselfeld zumindest an die beiden Elektroden, die an den Oberflächen der zumindest einen dielektrischen Elastomerschicht angeordnet sind, angelegt werden. Es ist erkannt worden, dass bei einer Betätigung der elektromechanischen Wandlervorrichtung z.B. durch einen Finger eines Benutzers die Erzielung einer ausreichenden taktilen Rückmeldung von der Dickenänderung und der Frequenz abhängt.
15 Insbesondere ist erkannt worden, dass im Frequenzbereich zwischen 200 und 250 Hz der menschliche Finger mit einer Wahrnehmungsschwelle von ca. $0,1\ \mu\text{m}$ am empfindlichsten ist. Bei anderen Frequenzbereichen kann eine größere Dickenänderung beispielsweise durch die Anordnung von mehreren dielektrischen Elastomerschichten erreicht werden. Auch bei geringen Betätigungswegen erhält ein Benutzer eine gute taktile Rückmeldung.
20 Darüber hinaus kann die Bedienoberfläche als ein Segment zur Auslösung einer oder mehrerer Aktionen ausgebildet sein. Gemäß einer anderen Ausführungsform kann die Bedienoberfläche ein erstes Segment zur Auslösung einer ersten Aktion und mindestens ein zweites Segment zur Auslösung einer zweiten Aktion umfassen. Beispielsweise kann
25 jedes Segment mit einem separaten Schichtverbund verbunden sein, um unterschiedlich Aktionen auszulösen. Es versteht sich, dass das Bedienelement auch in drei oder mehr Segmente z.B. zur Ausführung weiterer Aktionen unterteilt werden kann.

- Bei der elektromechanischen Wandlereinrichtung kann es sich gemäß einer weiteren
30 Ausführungsform um eine Sensoreinrichtung, wie einer Schaltereinrichtung, handeln. Beispielsweise kann die elektromechanische Wandlereinrichtung ein Tastsensor, ein Flachsensorm oder ein Fußbodensensor sein.

- Tastsensoren in konventioneller Bauform können bevorzugt mit zwei oder mehr
35 Piezoschichten gebildet sein. Dies ermöglicht Betätigungswege von z.B. bis zu ca. 2 mm. Darüber hinaus ermöglichen zwei oder mehr Piezoschichten Kräfte von z.B. bis zu ca. 5 N.

Bei Betätigungswegen von z.B. bis zu ca. 2 mm und Kräften von bis zu ca. 5 N kann mittels einer mechanischen und elektrischen Anpassung eine ausreichend hohe, kurzzeitig zwischengespeicherte, elektrische Energie gewonnen werden, mit deren Hilfe ein autarker Tastsensor, wie ein Funk-Wipptaster, betrieben werden kann.

5

Flachsensoren können für eine optisch ansprechende und insbesondere flache Ausgestaltung lediglich eine Piezoschicht und eine dielektrische Elastomerschicht aufweisen. Bei derartigen Flachsensoren können (unmerkliche) Betätigungswege von weniger als 500 µm erzielt werden. Ein Flachsensensor kann mit einer Kraft von weniger als 1 N betätigt werden. Insbesondere durch die dielektrische Elastomerschicht kann eine taktile Rückmeldung als Bestätigung für eine Bedienung des Flachsensors bereitgestellt werden. Neben einer taktilen Rückmeldung können Rückmeldungen von dem zu aktuierenden Element an den Benutzer übertragen werden. Beispielsweise kann ein Funksignal gesendet werden.

10

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der elektromechanischen Vorrichtung ist ein Fußbodensensor, wie ein intelligentes Fußbodenelement (smart carpet). Beispielsweise kann die Vorrichtung in Form einer Kachel gebildet sein, welche beispielsweise eine Fläche von 100 cm² oder mehr aufweisen kann. Die Kachel kann ferner eine Tiefe von ca. 1 mm aufweisen. Dieses Fußbodenelement kann insbesondere mehrere Piezoschichten aufweisen. Eine Bedienkraft von ca. 100 N und mehr ist möglich. Hierdurch lassen sich Energiemengen von mehr als 300 µJ erzielen. Neben der Funktion der Energiegewinnung kann der Schichtverbund als Sensorelement zur Lokalisierung eines Bedieners, der z.B. auf eine Kachel tritt, dienen.

15

Ein Tastsensor, ein Flachsensensor oder ein Fußbodensensor kann beispielsweise in einem Gebäudeautomationssystem oder bei der Personenüberwachung, wie der Patientenüberwachung verwendet werden. Die entsprechenden Sensoren können bei einer mechanischen Belastung beispielsweise ein Signal an einen oder mehrere Empfänger aussenden. Das empfangene Signal kann dann weiterverarbeitet werden und eine Aktion, wie beispielsweise ein Alarm ausgelöst werden, oder ein Verbraucher aktiviert oder deaktiviert werden.

20

Beispielsweise kann eine Vielzahl von Fußbodensensoren in einem Gebäude vorgesehen sein, wobei jedem Sensor eine eindeutige Kennung zugeordnet sein kann. In einem Überwachungssystem können Benutzer dadurch lokalisiert werden, dass durch eine

25

30

35

Betätigung eines Sensors dieser an eine Verarbeitungseinrichtung seine Kennung sendet, welche Rückschlüsse auf die Position des Sensors und damit des Bedieners erlaubt.

5 Sofern die elektrischen Ausgangsgrößen reproduzierbar und langzeitstabil sind und z. B. mit dem Gewicht einer Person oder eines Gegenstandes zusammenhängen, könnte das gemessene "Gewicht" in ein Funktelegramm eingebunden und damit zusätzliche Informationen über Personen oder Fahrzeuge auf einem intelligenten Fußboden erhalten werden. Interessante Anwendung ergeben sich hierbei z.B. in der Gerontotechnik bzw. für alle Formen des AAL (Ambient Assisted Living).

10 Ein Tastsensor kann auch in einem Schlüssel, wie einem Autoschlüssel oder einem Türschlüssel, verwendet werden, um beispielsweise per Funk eine entsprechende Vorrichtung freizuschalten. Beispielsweise kann ein entsprechender Autoschlüssel autark betrieben werden.

15 Es versteht sich, dass gemäß weiteren Varianten der erfindungsgemäße Schichtverbund bzw. die erfindungsgemäße elektromechanische Vorrichtung auch für andere Anwendungen verwendet werden kann, wie in strukturierten Drucksensoren für Tastaturen oder Touchpads, Beschleunigungssensoren, Mikrofonen, Lautsprechern, Ultraschallwandlern für Anwendungen in der Medizintechnik, der Meerestechnik oder zur Materialprüfung. Eine Anwendung als allgemein mechanische Drucksensoren ist auch in der Automatisierungs- und Automobiltechnik, dort beispielsweise als Lenkradsensoren oder Sitzsensoren, möglich.

20 Die hohe Sensitivität der bevorzugt eingesetzten Materialien ermöglicht zudem den Betrieb eines Sensors unterhalb einer nur leicht nachgiebigen, aber ansonsten harten Platte. Dies wird z.B. bei den vandalismussicheren Tastaturen mit einer dünnen Stahlplatte, wie sie z.B. von der Fa. Screentec (Finnland) hergestellt werden, ausgenutzt, könnte aber z.B. auch bei den erwähnten "smart-carpet"-Sensoranwendungen zum Einsatz kommen.

30 Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbunds mit mindestens zwei zwischen einer ersten elektrisch leitfähigen Schicht und einer zweiten elektrisch leitfähigen Schicht angeordnete elektroaktive Schichten, wobei zwischen den mindestens zwei elektroaktiven Schichten zumindest eine elektrisch leitfähige Teilschicht angeordnet ist, wobei mindestens eine der mindestens zwei elektroaktiven Schichten eine Piezoschicht ist, und wobei mindestens eine weitere der mindestens zwei elektroaktiven

35

Schichten eine dielektrische Elastomerschicht ist. Das Verfahren umfasst die Schritte Bereitstellen mindestens einer Piezoschicht, Bereitstellen mindestens einer dielektrischen Elastomerschicht, Verbinden der Piezoschicht mit der dielektrischen Elastomerschicht, wobei vor dem Verbinden der Piezoschicht mit der dielektrischen Elastomerschicht
5 zumindest eine elektrisch leitfähige Schicht auf die Piezoschicht und/oder die dielektrische Elastomerschicht aufgebracht wird.

Bevorzugt kann beispielsweise die bereitgestellte Piezoschicht beidseitig mit einer elektrisch leitfähigen Schicht zumindest teilweise versehen werden. Dann kann die
10 dielektrische Elastomerschicht bevorzugt unmittelbar mit zumindest einer dieser elektrisch leitfähigen Schichten verbunden werden. Ferner kann in einem weiteren Schritt die dielektrische Elastomerschicht mit einer weiteren elektrisch leitfähigen Schicht zumindest teilweise versehen werden. Es versteht sich, dass zunächst die dielektrische Elastomerschicht bevorzugt beidseitig mit elektrisch leitfähigen Schichten beschichtet
15 werden kann. Anschließend kann dann die Piezoschicht aufgebracht werden.

Es versteht sich ferner, dass gemäß weiteren Varianten der Erfindung, weitere Piezoschichten und/oder weitere dielektrische Elastomerschichten in weiteren Schritten angeordnet werden können. Beispielsweise kann ein Schichtverbund umfassend
20 zumindest eine Piezoschicht und eine dielektrische Elastomerschicht, die zwischen zwei elektrischen leitfähigen Schichten angeordnet sind, mit einem baugleichen Schichtverbund kaskadiert werden.

Des Weiteren kann gemäß einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen
25 Verfahrens die dielektrische Elastomerschicht oder die Piezoschicht auf die elektrisch leitfähige Schicht auflaminiert werden. Dies führt in einer einfachen Weise zu einem besonders guten Kontakt zwischen den entsprechenden Schichten.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die
30 dielektrische Elastomerschicht oder die Piezoschicht zumindest teilweise mit einer leitfähigen Schicht bedruckt werden. Beispielsweise kann eine strukturierte Elektrode aufgedruckt werden. Ein Druckverfahren kann in einfacher Weise durchgeführt werden. Insbesondere ist eine Massenproduktion eines Schichtverbunds mit einer erhöhten Produktionsrate möglich.

35

Es gibt nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, den erfindungsgemäßen Schichtverbund, die erfindungsgemäße elektromechanische Wandlervorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbunds auszugestalten und weiterzuentwickeln. Hierzu sei einerseits verwiesen auf die den unabhängigen Patentansprüchen
5 nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines Schichtverbunds gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Schichtverbunds gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Ansicht eines dritten Ausführungsbeispiels eines Schichtverbunds gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine schematische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer elektromechanischen Wandlervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 ein Flussdiagramm eines ersten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Herstellen eines Schichtverbunds gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 ein Flussdiagramm eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Herstellen eines Schichtverbundes gemäß der vorliegenden Erfindung.

Nachfolgend werden gleiche Bezugszeichen für gleiche Elemente verwendet.

Figur 1 zeigt eine schematische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines Schichtverbunds 2 gemäß der vorliegenden Erfindung. Der dargestellte Schichtverbund 2 umfasst zwei elektroaktive Schichten 4 und 6.

Die elektroaktive Schicht 4 ist eine dielektrische Elastomerschicht 4. Eine dielektrische Elastomerschicht 4 weist vorteilhafterweise eine relativ hohe Dielektrizitätszahl auf.

Darüber hinaus weist eine dielektrische Elastomerschicht 4 vorteilhafterweise eine niedrige mechanische Steifigkeit auf. Dies führt zu möglichen Dehnungswerten von bis zu ca. 300

%. Eine dielektrische Elastomerschicht 4 kann insbesondere für eine Aktoranwendung eingesetzt werden.

Die zweite elektroaktive Schicht 6 ist als Piezoschicht 6 gebildet. Die dargestellte

5 Piezoschicht 6 kann beispielsweise aus einem geeigneten Piezopolymer gebildet und kann z.B. eine Piezopolymerfolie bzw. Ferroelektretfolie sein. Die dargestellte Piezoschicht 6 weist eine Polymerschichtstruktur auf. Die Polymerschichtstruktur weist (gezielt) eingebrachte Hohlräume 10 auf.

10 Beispielsweise können zur Erzeugung der Hohlräume 10 eine planare Polymerschicht und eine wellenförmige Polymerschicht vorgesehen sein, die an den Wellentälern miteinander verbunden sind. Bei einer alternativen Ausgestaltung der Piezoschicht 6 können zwei planare Polymerschichten durch Stege verbunden sein, um die Hohlräume 10 zu formen.

15 Vor einer Anordnung der Piezoschicht 6 in dem Schichtverbund 2 kann die Piezoschicht 6 elektrisch aufgeladen werden. Beispielsweise kann die elektrische Aufladung oder Polung mittels direkter Aufladung oder Coronaentladung durchgeführt werden. Durch die Aufladung bzw. Polung weist die Piezoschicht 6 dauerhaft piezoelektrische Eigenschaften auf. Eine Piezoschicht 6 kann insbesondere für eine Sensoranwendung und/oder für
20 Energy Harvesting eingesetzt werden.

Ferner kann der Figur 1 entnommen werden, dass zwischen der dielektrischen Elastomerschicht 4 und der Piezoschicht 6 zumindest eine elektrisch leitfähige Teilschicht 8 angeordnet ist. Es versteht sich, dass auch mehrere Schichten und/oder eine Vollschicht
25 angeordnet sein können. Diese leitfähige Schicht 8 kann bevorzugt flächig mit der dielektrischen Elastomerschicht 4 und/oder der Piezoschicht 6 verbunden sein. Die elektrisch leitfähige Teilschicht 8 kann insbesondere als Elektrode ausgebildet sein. Beispielsweise kann die Elektrode aus einem Metall, einer Metallegierung, einem leitfähigen Oligo- oder Polymer, einem leitfähigen Oxid und/oder einem mit leitfähigen
30 Füllstoffen gefüllten Polymer sein.

Darüber hinaus sind die zwei elektroaktiven Schichten 4 und 6 zwischen zwei weiteren elektrisch leitfähigen Schichten 12 und 14 angeordnet.

35 Die Schicht 14 ist auf der Piezoschicht 6 aufgebracht und kann insbesondere nahezu die ganze Oberfläche der Piezoschicht 6 abdecken. Die elektrisch leitfähige Schicht 12 kann

auf der dielektrischen Elastomerschicht 4 aufgebracht sein. Beispielsweise kann eine segmentierte Schicht 12 vorgesehen sein. Bevorzugt sind auch die elektrisch leitfähigen Schichten 12 und 14 metallbasiert gebildet.

- 5 Der hybride Schichtverbund 2 umfassend mindestens eine dielektrische Elastomerschicht 4 und mindestens eine Piezoschicht 6 zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass drei Funktionen in einem einzigen Schichtverbund kombiniert und zur Verfügung gestellt werden können. Insbesondere werden die Funktionen Aktorik, Energy Harvesting und Sensorik durch einen einzigen Schichtverbund bereitgestellt.

10

Während sich bei einer dielektrischen Elastomerschicht die Fläche der Schicht in Folge einer Beaufschlagung mit einem elektrischen Feld ändert, ändert sich bei einer Ferroelektretfolie im Wesentlichen (lediglich) die Dicke der Schicht. Die Anordnung beider Schichtarten führt dazu, dass eine Formänderung im Wesentlichen nur in einer Richtung X senkrecht zur Oberfläche der Schichten 4 und 6 durchführbar ist. So kann die Dicke des Schichtverbunds 2 verändert, also vergrößert oder verkleinert werden, ohne dass eine wesentliche Formänderung in eine andere Richtung möglich ist. Es sei angemerkt, dass in Abhängigkeit der Anwendung eine Formänderung in eine andere Richtung zulässig sein kann.

20

Des Weiteren wird in der Figur 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Schichtverbunds 2.1 gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt. Wie der Figur 2 entnommen werden kann, weist der Schichtverbund 2.1 zwei Schichtverbunde 2 gemäß der Figur 1 auf.

- Insbesondere sind die Schichtverbunde 2 spiegelverkehrt übereinander angeordnet. Es versteht sich, dass nur eine elektrisch leitfähige Schicht 12 vorgesehen sein kann oder die beiden Schichten 12 der Schichtverbunde 2 miteinander zu einer Schicht 12 verbunden werden können.

25

- Figur 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel eines Schichtverbunds 2.2 gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Schichtverbund 2.2 umfasst zwei beispielsweise kaskadierte Schichtverbunde 2.1 gemäß der Figur 2. Es versteht sich, dass weitere Kaskadierungen möglich sind. Ferner versteht es sich, dass nur eine Schicht 14 vorgesehen sein kann oder die beiden Schichten 14 der Schichtverbunde 2.2 miteinander zu einer Schicht 14 verbunden werden können.

35

Es versteht sich auch, dass gemäß anderen Varianten der vorliegenden Erfindung eine Verbundschicht in beliebig anderer Form aufgebaut sein kann, solange zumindest eine dielektrische Elastomerschicht und zumindest eine Piezoschicht vorgesehen sind.

Beispielsweise können zwei oder mehr Piezoschichten mit einer (oder mehr)

5 Elastomerschicht(en) vorgesehen sein.

Figur 4 zeigt eine vereinfachte Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer elektromechanischen Wandlervorrichtung 16 gemäß der vorliegenden Erfindung. Die elektromechanischen Wandlervorrichtung 16 kann beispielsweise als Schalter, wie einem

10 Tastsensor, einem Flachsensor, oder als intelligentes Fußbodenelement ausgebildet sein. Insbesondere kann die Wandlervorrichtung 16 in einem Gebäudeautomationssystem eingesetzt werden. So kann die Wandlervorrichtung 16 zur Ansteuerung von Heizungen, der Beleuchtung, Beschattungseinrichtungen, etc. oder in der Gerontologie (Aktivitäts- und Falldetektion) oder in der Sicherheitstechnik eingesetzt werden.

15 Die elektromechanische Wandlervorrichtung 16 umfasst einen Schichtverbund 18, der zu Gunsten einer besseren Darstellung nicht detailliert gezeigt ist. Beispielsweise kann ein Schichtverbund 2, 2.1, oder 2.2 gemäß den Figuren 1 bis 3 eingesetzt werden.

20 Die Ausgestaltung des Schichtverbunds 18 kann sich insbesondere nach der Anwendung der elektromechanischen Wandlervorrichtung 16 richten.

Tastsensoren in konventioneller Bauform können bevorzugt mit zwei oder mehr Piezoschichten 6 gebildet sein. Dies ermöglicht Betätigungswege von z.B. bis zu ca. 2

25 mm. Darüber hinaus ermöglichen zwei oder mehr Piezoschichten 6, dass mechanische Kräfte von z.B. bis zu ca. 5 N in elektrische Energie gewandelt werden können.

Flachsensoren können hingegen eine möglichst geringe Schichtenanzahl und/oder Schichten mit geringen Dicken aufweisen. Beispielsweise kann ein Flachsensor eine

30 Piezoschicht und eine dielektrische Elastomerschicht aufweisen. Bei derartigen Flachsensoren werden (unmerkliche) Betätigungswege von weniger als 500 µm erzielt. Ein Flachsensor kann mit einer Kraft von weniger als 1 N betätigt werden. Insbesondere durch eine Beaufschlagung der dielektrischen Elastomerschicht mit einer Spannung kann eine taktile Rückmeldung als Bestätigung für eine Bedienung des Flachsensors

35 bereitgestellt werden. Neben einer taktilen Rückmeldung können Rückmeldungen von

dem zu aktuierenden Element an den Benutzer übertragen werden. Beispielsweise kann dies über ein Funksignal erfolgen.

5 Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Wandlervorrichtung 16 ist ein Fußbodensensor, wie ein intelligentes Fußbodenelement. Beispielsweise kann die Wandlervorrichtung 16 in Form einer Kachel gebildet sein, welche beispielsweise eine Fläche von 100 cm² oder mehr aufweisen kann. Die Kachel kann ferner eine Tiefe von ca. 1 mm aufweisen. Dieses Fußbodenelement kann insbesondere mehrere Piezoschichten aufweisen. Eine Bedienkraft von 100 N und mehr ist möglich. Hierdurch lassen sich Energiemengen von
10 mehr als 300 µJ erzielen.

Der Schichtverbund 18, insbesondere die obere Elektrode, kann mit einer Bedienoberfläche 20 verbunden sein. Unter einer Bedienoberfläche ist die Fläche zu verstehen, die von einem Benutzer aktuiert, also beispielsweise mit einem Druck
15 beaufschlagt werden kann, um eine gewünschte Funktion zu veranlassen.

Grundsätzlich kann die Bedienfläche 20 beliebig gestaltet sein. Beispielsweise kann die Bedienfläche 20 ein erstes Segment 20.1 und ein zweites Segment 20.2 aufweisen, die sich z.B. optisch unterscheiden können. Das erste Segment 20.1 kann für eine erste
20 Aktion vorgesehen sein und das zweite Segment 20.2 für eine zweite Aktion. Es versteht sich, dass auch mehr als nur zwei Segmente oder auch nur ein Segment vorgesehen sein können.

Mit dem Schichtverbund 18 kann eine Schaltungseinrichtung 22 verbunden werden. Die
25 Schaltungseinrichtung 22 kann mit den Elektroden des Schichtverbunds 18 verbunden sein. Die Schaltungseinrichtung 22 und der Schichtverbund 18 können in einem (nicht dargestellten) Gehäuse integriert sein oder modular aufgebaut sein. Ein modularer Aufbau ermöglicht beispielsweise eine flexible Zusammenstellung unterschiedlicher Elemente zur Erzielung unterschiedlicher Funktionen.

30 Die Schaltungseinrichtung 22 kann dazu eingerichtet sein, in Abhängigkeit von elektrischen Signalen, die auf eine Betätigung der elektromechanischen Wandlervorrichtung zurückzuführen sind, Aktionen zu veranlassen. Beispielsweise kann ein Sendeelement 24 in der Schaltungseinrichtung 22 vorgesehen sein. Dieses
35 Sendeelement 24 kann bei Empfang eines elektrischen Signals von dem Schichtverbund 18 veranlassen, eine Information auszusenden. Insbesondere kann ein Funksignal

ausgesendet werden. Es versteht sich, dass alternativ oder zusätzlich auch eine drahtgebundene Schnittstelle vorgesehen sein kann.

Die ausgesendete Information kann von einem oder mehreren Empfängern 28.1, 28.2 empfangen werden. Die Empfänger 28.1, 28.2 können Aktoren umfassen oder mit Aktoren verbunden sein, um (nicht dargestellte) Verbraucher in Abhängigkeit der empfangenen Information zu ansteuern. Wie bereits beschrieben wurde, kann beispielsweise eine Heizung oder dergleichen angesteuert werden. Ferner kann die empfangene Information, wie beispielsweise eine eindeutige Kennung, Rückschlüsse auf die Position eines Bedieners geben.

Eine Möglichkeit, die Schaltungseinrichtung 22 mit Energie beispielsweise zur Erzeugung eines Funksignals zu versorgen, besteht darin, die mechanische auf die Bedienfläche 20 wirkende Kraft zu nutzen. Wie bereits beschrieben wurde, eignen sich insbesondere Piezoschichten 6 für Energy Harvesting. Beispielsweise bei dem oben beschriebenen Tastsensor kann die mechanische Energie, die in elektrische Energie gewandelt wird, ausreichen, um ein Funksignal zu senden. Insbesondere ist es möglich, die erzeugte elektrische Energie zu sammeln und beispielsweise mittels eines Kondensators, eines Superkondensators oder einer Batterie zwischenzuspeichern. Wenn eine ausreichende Energiemenge zur Durchführung einer Aktion gespeichert worden ist, dann kann diese ausgeführt werden. Eine autarke elektromechanische Wandlervorrichtung 16 kann bereitgestellt werden.

Die Schaltungseinrichtung 22 kann optional einen Energiespeicher 26, wie eine Batterie, umfassen. Ein Energiespeicher 26 kann insbesondere dann erforderlich sein, wenn die durch die mechanische Kraftänderung erzeugbare elektrische Energie für einen autarken Betrieb der Schaltungseinrichtung 22 nicht ausreicht. Dies ist beispielsweise bei Flachsensoren der Fall, die z.B. nur eine Piezoschicht 6 umfassen können. Unter Berücksichtigung der Bauraumverhältnisse kann eine Energie von beispielsweise ca. 100 pJ erzeugt werden. Diese Energie kann genutzt werden, um die Schaltungseinrichtung 22 aus einem Ruhezustand in einen Betriebszustand zu versetzen, also aufzuwecken. Dann kann die Schaltungseinrichtung 22 durch den Energiespeicher 26 versorgt werden, um zumindest eine gewünschte Funktion auszuführen. Anschließend kann die Schaltungseinrichtung bevorzugt automatisch wieder in den Ruhezustand versetzt werden.

Der Ruhestromverbrauch liegt bei einer derartigen elektromechanischen Wandlervorrichtung 16 in der Nähe der Selbstentladung des Energiespeichers 26. Die Aufweckenergie kann ausschließlich durch die mechanische Kraftänderung erzeugt werden. Eine Lebensdauer von beispielsweise mehr als 20 Jahren (beispielsweise bei
5 Einsatz von Lithium-Mangandioxid-Zellen) kann erzielt werden.

Ferner kann ein Energiespeicher erforderlich sein, wenn die auf von der Schaltungseinrichtung durchzuführenden Operationen mehr Energie benötigen, als durch die mechanische Kraftänderung bereitgestellt werden kann. Es versteht sich hierbei, dass
10 die Schaltungseinrichtung weitere Komponenten, wie einen Prozessor, Speicher oder Schnittstellen umfassen kann.

Darüber hinaus kann die Schaltungseinrichtung 22 mit zumindest den Elektroden einer dielektrischen Elastomerschicht 4 derart verbunden sein, dass für eine Aktoranwendung
15 zur Erzeugung einer Dickenänderung ein elektrisches Feld angelegt werden kann. Beispielsweise kann einem Benutzer durch die Aktorfunktion der elektromechanischen Wandlervorrichtung 16 eine taktile Rückmeldung gegeben werden. So kann ein Wechselfeld mit einer Frequenz von 200 bis 250 Hz erzeugt werden. Durch dieses Wechselfeld kann z.B. eine Dickenänderung der elektromechanischen Wandlervorrichtung
20 16 von zumindest 0,1 μm , bevorzugt 10 μm , generiert werden. Es ist erkannt worden, dass gerade bei diesen Parameterwerten der menschliche Finger besonders empfindlich ist.

Figur 5 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Herstellung eines Schichtverbunds gemäß der Erfindung.
25

In einem ersten Schritt 601 kann eine Piezoschicht 6, wie beispielsweise eine Ferroelektretfolie, bereitgestellt werden. In einem zweiten Schritt 602 kann auf zumindest einer Seite der Piezoschicht 6 eine elektrisch leitfähige Teilschicht 8 beispielsweise durch Beschichten aufgebracht werden. Dann kann in einem Schritt 603 eine bereitgestellte
30 dielektrische Elastomerschicht 4 auf die zumindest eine elektrisch leitfähige Schicht 8 aufgebracht, beispielsweise auflaminiert werden. In einfacher Weise kann ein Schichtverbund 2.1 mit einer Piezoschicht 4 und einer dielektrischen Elastomerschicht 6 hergestellt werden.

35 Es versteht sich, dass die Reihenfolge der Verarbeitungsschritte grundsätzlich beliebig sein kann. Insbesondere kann alternativ in einem ersten Schritt eine dielektrische

Elastomerschicht 4 bereitgestellt werden, die dann zunächst mit einer elektrisch leitfähigen Schicht 8 versehen werden kann. Anschließend kann dann eine Piezoschicht 6 angeordnet werden.

- 5 In Figur 6 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Herstellung eines Schichtverbunds gemäß der Erfindung dargestellt.

In einem ersten Schritt 701 kann zunächst eine Piezoschicht 6 wie eine Ferroelektretfolie, bereitgestellt werden.

10

In einem zweiten Schritt 702 kann die Piezoschicht 6 bevorzugt beidseitig mit elektrisch leitfähigen Schichten 8, 14 beschichtet werden. Insbesondere kann die Piezoschicht 6 vollflächig auf beiden Oberflächen beschichtet werden. Neben der vollflächigen Beschichtung kann die Piezoschicht auch nur teilweise mit einer elektrisch leitfähigen Schicht 8 bzw. 14 beschichtet werden. Eine strukturierte Elektrode kann erzeugt werden. Insbesondere können hierdurch aktive und passive Bereiche geschaffen werden.

15

Dann kann in Schritt 703 eine dielektrische Elastomerschicht 4, insbesondere eine Elastomerfolie, auf die obere oder untere elektrisch leitfähige Schicht 8, 14 auflaminiert werden.

20

Es kann bevorzugt sein, dass die dielektrische Elastomerschicht 4 (nur) teilweise auflaminiert wird. Dies kann insbesondere aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnungen der dielektrischen Elastomerschicht 4 und der Piezoschicht 6 vorteilhaft sein.

25

Die dielektrische Elastomerschicht 4 kann wiederum im nächsten Schritt 704 auf ihrer Oberseite mit einer bevorzugt segmentierten elektrisch leitfähigen Schicht 12, wie einer strukturierten Elektrode, bedruckt werden. Eine strukturierte Elektrode zeichnet sich insbesondere durch passive und aktive Bereiche aus. Hierdurch kann im späteren Betrieb des Schichtverbunds 2 die Isolation zur Masselage sichergestellt werden.

30

Darüber hinaus kann dieser Schichtverbund 2 mit einem baugleichen Schichtverbund 2 spiegelverkehrt verbunden werden, insbesondere laminiert werden (Schritt 706). Beispielsweise können die Schichten 12 miteinander verbunden werden.

35

Optional können Schichtverbunde durch Kaskadierung von zwei oder mehreren dieser Schichtverbunde 2.1 hergestellt werden (Schritt 707). Beispielsweise können zwei Schichtverbunde 2.1 durch Stapeln, Verkleben oder Laminieren kaskadiert werden.

- 5 In einem weiteren Schritt 708 kann der hergestellte Schichtverbund in eine gewünschte Form mit vorgebbaren Maßen gebracht werden. Beispielsweise können einzelne Schichtverbunde ausgestanzt werden.

- 10 Der hergestellte Schichtverbund kann dann in einem weiteren Verfahren elektrisch mit einer Schaltungseinrichtung verbunden werden. Insbesondere kann die Schaltungseinrichtung mit den als Elektroden ausgebildeten elektrisch leitfähigen Schichten verbunden werden.

- 15 Es versteht sich auch hier, dass gemäß anderen Varianten der vorliegenden Erfindung eine andere Reihenfolge der Schritte möglich ist und diese insbesondere von der konkreten Ausgestaltung des Schichtverbunds abhängen kann. Beispielsweise können zunächst zwei gleichartige Schichten miteinander verbunden werden und erst dann eine andere Schichtenart angebracht werden.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Schichtverbund (2, 2.1, 2.2, 18), umfassend:
- mindestens zwei zwischen einer ersten elektrisch leitfähigen Schicht (12) und einer zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (14) angeordnete elektroaktive Schichten (4, 6),
 - wobei zwischen den mindestens zwei elektroaktiven Schichten (4, 6) zumindest eine elektrisch leitfähige Teilschicht (8) angeordnet ist, und
 - wobei mindestens eine der mindestens zwei elektroaktiven Schichten (4, 6) eine Piezoschicht (6) ist,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass mindestens eine weitere der mindestens zwei elektroaktiven Schichten (4, 6) eine dielektrische Elastomerschicht (4) ist.
2. Schichtverbund (2, 2.1, 2.2, 18) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass mindestens eine weitere Piezoschicht (6) zwischen der ersten elektrisch leitfähigen Schicht (12) und der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (14) angeordnet ist,
- und/oder
- dass mindestens eine weitere dielektrische Elastomerschicht (4) zwischen der ersten elektrisch leitfähigen Schicht (12) und der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (14) angeordnet ist.
3. Schichtverbund (2, 2.1, 2.2, 18) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass die Piezoschicht (6) eine Ferroelektretschrift ist.
4. Schichtverbund (2, 2.1, 2.2, 18) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass die Piezoschicht (6) ein Material umfasst, das ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Polycarbonat, perfluorierte oder teilfluorierte Polymere und Co-Polymere, Polytetrafluorethylen, Fluorethylenpropylen, Perfluoralkoxyethylen, Polyester, Polyethylenterephthalat, Polyethylenaphthalat, Polyimid, Polyetherimid, Polyether, Polymethyl(meth)acrylat, Cyclo-Olefin-Polymere, Cyclo-Olefin-Copolymere und/oder Polyolefine,
- und/oder

- dass die dielektrische Elastomerschicht (4) ein Material umfasst, das ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Polyurethan-Elastomere, Silikon-Elastomere und/oder Acrylat-Elastomere.

- 5 5. Elektromechanische Wandlervorrichtung (16) umfassend einen Schichtverbund (2, 2.1, 2.2, 18) nach einem der vorherigen Ansprüchen 1 bis 4.
6. Elektromechanische Wandlervorrichtung (16) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schichtverbund (2, 2.1, 2.2, 18) mit einer
10 Bedienoberfläche (20) verbunden ist, derart, dass eine auf die Bedienoberfläche (20) wirkende mechanische Kraftänderung in ein elektrisches Signal und/oder in elektrische Energie wandelbar ist.
7. Elektromechanische Wandlervorrichtung (16) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine mit dem Schichtverbund (2, 2.1, 2.2, 18) verbindbare
15 elektrische Schaltungseinrichtung (22) vorgesehen ist.
8. Elektromechanische Wandlervorrichtung (16) nach einem der vorherigen Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**,
20 - dass die Schaltungseinrichtung (22) autark durch die in elektrische Energie gewandelte mechanische Energie betreibbar ist,
oder
- dass die Schaltungseinrichtung (22) eine Energieversorgung (26) umfasst, wobei die Schaltungseinrichtung (22) durch die in elektrische Energie gewandelte
25 mechanische Energie aus einem Ruhezustand in einen Betriebszustand versetzbar ist.
9. Elektromechanische Wandlervorrichtung (16) nach einem der vorherigen Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltungseinrichtung (22) ein
30 Sendeelement (24) zum Senden eines Signals umfasst.
10. Elektromechanische Wandlervorrichtung (16) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass für eine taktile Rückmeldung zumindest die eine dielektrische
Elastomerschicht (4) mit einer Spannung beaufschlagt wird, derart, dass eine
35 Dickenänderung des Schichtverbunds (2, 2.1, 2.2, 18) von zumindest 0,1 µm mit einer vorgebbaren Frequenz erzeugt wird.

11. Elektromechanische Wandlervorrichtung (16) nach einem der Ansprüche 5 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bedienoberfläche (20) ein erstes Segment (20.1)
zur Auslösung einer ersten Aktion und mindestens ein zweites Segment (20.2) zur
Auslösung einer zweiten Aktion umfasst.
12. Elektromechanische Wandlervorrichtung (16) nach einem der Ansprüche 5 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die elektromechanische Wandlervorrichtung (16) ein
mechanischer Drucksensor, insbesondere Tastsensor, ein Flachsensorm oder ein
Fußbodensensor ist.
13. Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbunds (2, 2.1, 2.2, 18) mit mindestens
zwei zwischen einer ersten elektrisch leitfähigen Schicht (12) und einer zweiten
elektrisch leitfähigen Schicht (14) angeordnete elektroaktive Schichten (4, 6), wobei
zwischen den mindestens zwei elektroaktiven Schichten (4, 6) zumindest
eine elektrisch leitfähige Teilschicht (8) angeordnet ist, wobei mindestens eine der
mindestens zwei elektroaktiven Schichten (4, 6) eine Piezoschicht (6) ist, und wobei
mindestens eine weitere der mindestens zwei elektroaktiven Schichten (4, 6) eine
dielektrische Elastomerschicht (4) ist, umfassend:
- Bereitstellen der mindestens einer Piezoschicht (6),
 - Bereitstellen der mindestens einer dielektrischen Elastomerschicht (4),
 - Verbinden der Piezoschicht (6) mit der dielektrischen Elastomerschicht (4),
 - wobei vor dem Verbinden der Piezoschicht (6) mit der dielektrischen
Elastomerschicht (4) zumindest die eine elektrisch leitfähige Teilschicht (8) auf die
Piezoschicht (6) und/oder die dielektrische Elastomerschicht (4) aufgebracht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dielektrische
Elastomerschicht (4) oder die Piezoschicht auf die elektrisch leitfähige Teilschicht (8)
auflaminiert wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass
die dielektrische Elastomerschicht (4) oder die Piezoschicht (6) zumindest teilweise
mit der leitfähigen Schicht (12, 14) bedruckt wird.

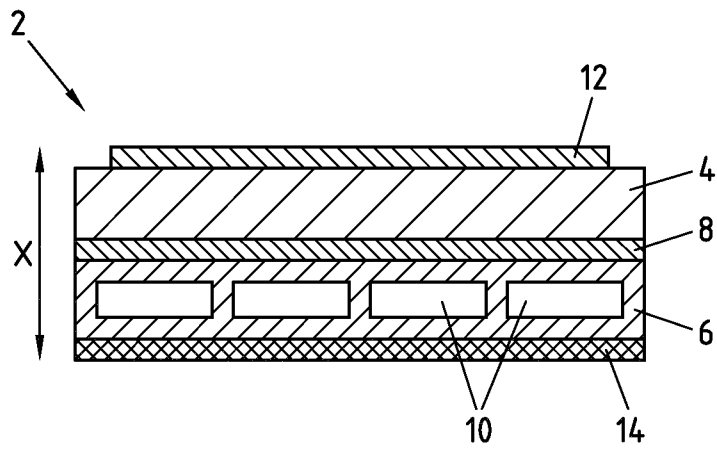


Fig.1

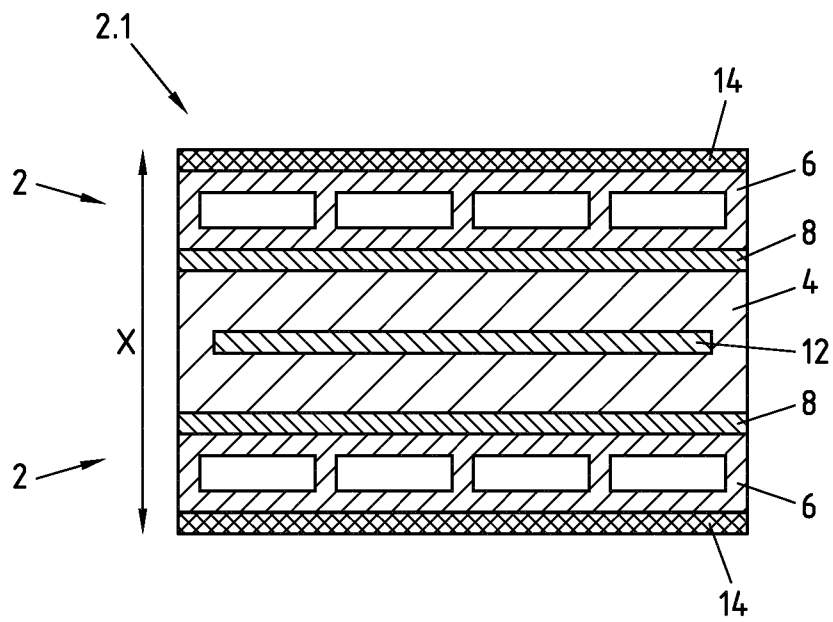


Fig.2

2/3

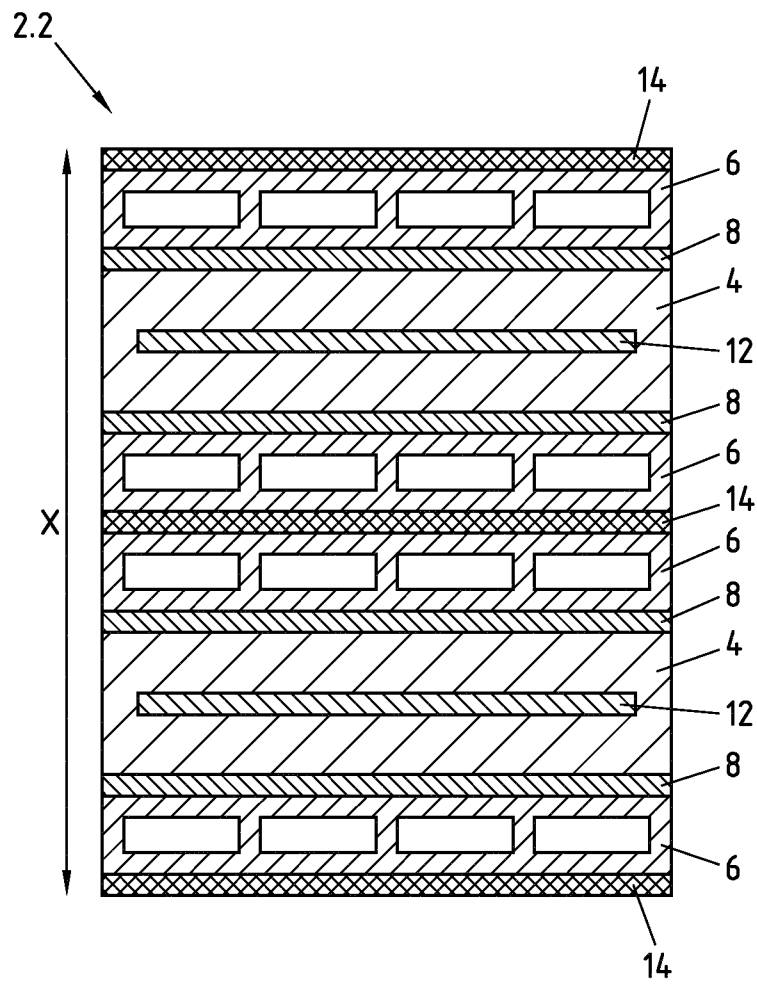


Fig.3

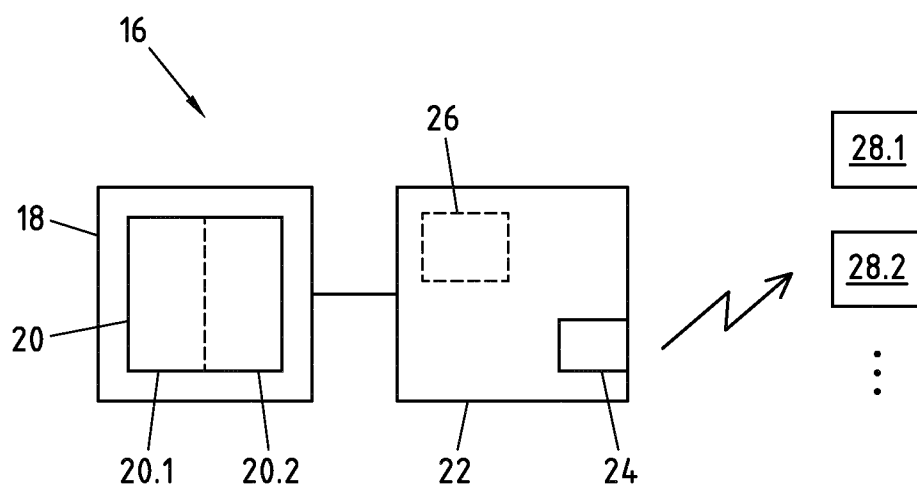


Fig.4

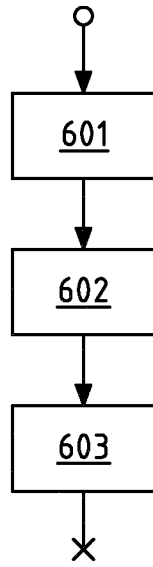


Fig.5

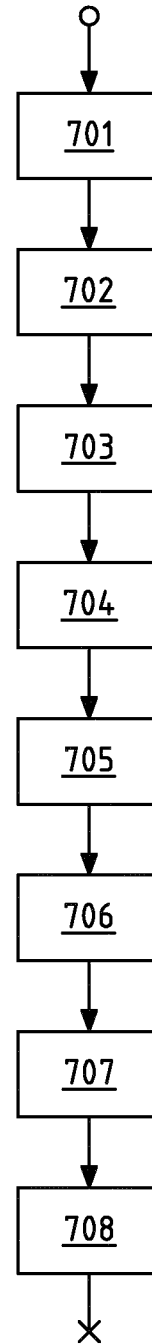


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/053813

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01L41/083 H04R17/00 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) H01L H04R		
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 practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2009 030693 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 30 December 2010 (2010-12-30) the whole document	1-15
A	US 2002/064001 A1 (SHIRAISHI MASASHI [JP] ET AL) 30 May 2002 (2002-05-30) the whole document	1-15
☐ 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 document 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 12 April 2012	Date of mailing of the international search report 02/05/2012	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Schambeck, Werner	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/053813

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102009030693 A1	30-12-2010	DE 102009030693 A1	30-12-2010
		EP 2446490 A1	02-05-2012
		US 2012080980 A1	05-04-2012
		WO 2010149385 A1	29-12-2010

US 2002064001 A1	30-05-2002	CN 1425200 A	18-06-2003
		CN 1937037 A	28-03-2007
		US 2002064001 A1	30-05-2002
		US 2003123196 A1	03-07-2003
		WO 0245181 A1	06-06-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/053813

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L41/083 H04R17/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L H04R

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2009 030693 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 30. Dezember 2010 (2010-12-30) das ganze Dokument	1-15
A	US 2002/064001 A1 (SHIRAISHI MASASHI [JP] ET AL) 30. Mai 2002 (2002-05-30) das ganze Dokument	1-15



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" älteres Dokument, 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 anderen 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

12. April 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/05/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schambeck, Werner

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/053813

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009030693 A1	30-12-2010	DE 102009030693 A1	30-12-2010
		EP 2446490 A1	02-05-2012
		US 2012080980 A1	05-04-2012
		WO 2010149385 A1	29-12-2010

US 2002064001 A1	30-05-2002	CN 1425200 A	18-06-2003
		CN 1937037 A	28-03-2007
		US 2002064001 A1	30-05-2002
		US 2003123196 A1	03-07-2003
		WO 0245181 A1	06-06-2002
