

(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  
15. September 2005 (15.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/086249 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 41/26,  
41/083

Berlin (DE). STÖSSEL, Matthias [DE/DE]; Dornheimer  
Ring 7, 68309 Mannheim (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000347

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. Februar 2005 (25.02.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

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

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 011 029.8 4. März 2004 (04.03.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

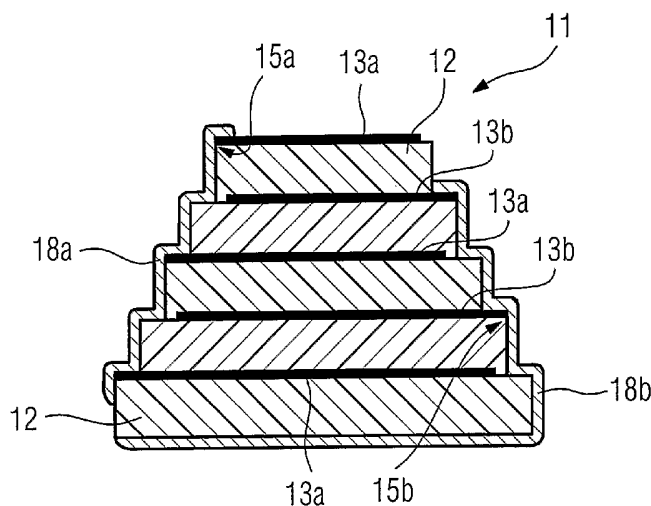
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ARNDT, Frank  
[DE/DE]; Goethepark 11, 10627 Berlin (DE). STECK-  
ENBORN, Arno [DE/DE]; Stadtrandstrasse 467b, 13589

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: POLYMER ACTUATOR HAVING A STACKED DESIGN AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung: POLYMERAKTOR IN STAPELBAUWEISE UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG



(57) Abstract: The invention relates to a polymer actuator having a stacked design. The stack (11) is formed by an alternating series of, in particular, electroactive polymer layers (12) and electrode layers (13a, 13b). The polymer actuator can be easily produced in an advantageous manner when the electrode layers (13a, 13b) are alternately provided at one edge of the polymer layer or at the other edge of the respective polymer layer while being located at a distance from the opposite edge. The electrodes can be electrically connected with opposite polarity and in an alternating manner by a simple coating (18a, 18b) of the lateral surfaces of the stack. The respective distance of the electrode layers from the opposite edge provides for a respective insulation between the electrode layer (e.g. 13b) and the electrode coating (e.g. 18a), by which the electrode layer should not be contacted. A particularly reliable contacting of the electrode layer (13) is made possible when the stack (11) has a stepped cross-section.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/086249 A1



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

**(57) Zusammenfassung:** Gegenstand der Erfindung ist ein Polymeraktor in Stapelbauform. Der Stapel (11) ist durch eine abwechselnde Folge von insbesondere elektroaktiven Polymerlagen (12) und Elektrodenlagen (13a, 13b) gebildet. Der Polymeraktor lässt sich vorteilhaft einfach herstellen, wenn die Elektrodenlagen (13a, 13b) abwechselnd zum einen Rand der Polymerlage oder zum anderen Rand der jeweiligen Polymerlage geführt werden, während sie vom gegenüberliegenden Rand beabstandet sind. Durch einfache Beschichtung (18a, 18b) der Seitenflächen des Stapels können die Elektroden abwechselnd gegenpolig elektrisch verbunden werden, wobei der jeweilige Abstand der Elektrodenlagen zum gegenüberliegenden Rand für eine jeweilige Isolation zwischen der Elektrodenlage (beispielsweise 13b) und der Elektrodenbeschichtung (beispielsweise 18a) sorgt, mit der die Elektrodenlage nicht kontaktiert werden soll. Eine besonders zuverlässige Kontaktierung der Elektrodenlage (13) ist möglich, wenn der Stapel (11) einen treppenartigen Querschnitt aufweist.

## Beschreibung

Polymeraktor in Stapelbauweise und Verfahren zu dessen Herstellung

5

Die Erfindung betrifft einen Polymeraktor, bei dem ein Stapel aus abwechselnd geschichteten elektrisch leitfähigen Elektrodenlagen und insbesondere elektroaktiven Polymerlagen gebildet ist.

10

Ein Polymeraktor dieser Bauform ist beispielsweise aus einem Konferenzbeitrag von M. Jungmann u. a. zum 47. internationalen wissenschaftlichen Kolloquium an der technischen Universität Ilmenau vom 23. bis zum 26. September 2002 bekannt. Danach können Stapelaktoren aus einer abwechselnden Schichtfolge von aufgeschleuderten Elastomerfilmen beispielsweise aus Silikon und aufgesprühten Graphitpulverschichten ausgebildet sein. Die Graphitschichten bilden Elektroden, wobei jeweils aufeinander folgende Elektroden gegenpolig kontaktiert werden können. Durch Anlegen einer Spannung an die benachbarten Elektroden wird daher ein elektrisches Feld in der zwischen diesen Elektroden befindlichen Elastomerschicht erzeugt, welches aufgrund der Eigenschaften des Elastomerfilms zu einer reversiblen Verformung desselben führt, da sich die Elektroden anziehen. Das Anlegen einer Spannung hat daher eine Verringerung der Höhe des gebildeten Stapelaktors zur Folge. Eine gegenpolige Kontaktierungsmöglichkeit der jeweils benachbarten Graphitpulverschichten kann durch eine geeignete Maskierung des zugehörigen Elastomerfilms vor dem Aufsprühen des Graphitpulvers geschaffen werden. An Stelle von Silikon kann auch ein elektroaktives Polymer wie z. B. PMMA (Polymethyl Methacrylat) als Polymerschicht verwendet werden.

20  
25  
30

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Polymeraktor mit einem Stapel aus abwechselnd geschichteten elektrisch leitfähigen Elektrodenlagen und Polymeren anzugeben, welcher einfach und kostengünstig hergestellt werden kann.

5

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Stapel an seiner durch die Gesamtheit der Lagenränder gebildeten Seitenfläche einen ersten und einen hiervon elektrisch getrennten zweiten Kontaktierungsbereich aufweist, wobei die Elektrodenlagen bezogen auf die Schichtfolge abwechselnd entweder mit ihrem Lagenrand einen Teil des ersten Kontaktierungsbereiches bilden, während der Lagenrand von dem zweiten Kontaktierungsbereich einen elektrisch isolierenden Abstand aufweist oder mit ihrem Lagenrand einen Teil des zweiten Kontaktierungsbereiches bilden, während der Lagenrand von dem ersten Kontaktierungsbereich einen elektrisch isolierenden Abstand aufweist. Als Seitenfläche im Sinne der Erfindung wird die gesamte Fläche des Stapels verstanden, welche sich durch die Gesamtheit der Lagenränder von der ersten bis zur letzten Lage des Stapels ergibt. Diese Seitenfläche kann dabei durch eine einzige zusammenhängende Fläche (beispielsweise Mantelfläche eines zylindrischen Stapels) oder auch durch mehrere Teilflächen (beispielsweise vier Seiten eines Stapels mit quadratischer Grundfläche) gebildet sein.

25

Die erfindungsgemäße Form der Elektrodenlagen, die einerseits vom Lagenrand der Polymerlage zum einen Kontaktierungsbereich hin beabstandet ist und am anderen Kontaktierungsbereich den Lagenrand berühren, ermöglicht vorteilhaft eine einfache abwechselnde Kontaktierung der jeweils benachbarten Elektrodenlagen, indem auf die beiden Kontaktierungsbereiche beispielsweise eine elektrisch leitende Beschichtung aufgebracht wird, welche die Elektrodenschichten jeweils eines Kontaktierungs-

bereiches untereinander verbindet. Die beiden Kontaktierungsbereiche ermöglichen dann das Anlegen einer Spannung zur Betätigung des Polymeraktors.

5 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Stapel aus Abschnitten eines bahnförmigen Halbzeugs zusammengesetzt ist, wobei das Halbzeug als Polymerband mit darauf aufgebrachtener Elektrodenlage ausgebildet ist, derart, dass der Lagenrand der Elektrodenlage an die ei-  
10 ne Seitenkante des Polymerbandes heranreicht und von der anderen Seitenkante einen Abstand aufweist, und dass die Abschnitte derart geschichtet sind, dass abwechselnd Seitenkanten mit und ohne Elektrodenlage aufeinanderfolgen. Als Seitenkanten des Polymerbandes werden im Sinne der Erfindung die  
15 beiden Ränder des Bandes entlang seiner Längsausdehnung verstanden.

Die Verwendung eines Polymerbandes zur Herstellung eines bahnförmigen Halbzeuges hat den Vorteil, dass das Halbzeug  
20 mit hoher Effizienz in der Serienfertigung hergestellt werden kann. Das Polymerband kann als Ausgangsmaterial direkt vom Bandhersteller bezogen werden und muss zur Fertigstellung des Halbzeugs lediglich mit der Elektrodenlage unter Einhaltung des geforderten Abstandes von einer der Seitenkanten des Po-  
25 lymerbandes beschichtet werden. Die Beschichtung kann beispielsweise durch Aufbringung von Graphitpulver erfolgen. Die beschichteten Polymerlagen für die herzustellenden Polymeraktoren können aus dem Halbzeug durch Ablängen desselben gewonnen werden.

30

Eine besondere Bauform des Polymeraktors sieht vor, dass sich die Fläche der Polymerlagen in Stapelrichtung des Stapels kontinuierlich verkleinert und die Elektrodenlagen derart an

die Fläche der jeweils benachbarten Polymerlagen angepasst sind, dass der elektrisch isolierende Abstand zum betreffenden Kontaktierungsbereich gewährleistet ist. Die Stapelrichtung des Stapels erstreckt sich im Sinne der Erfindung senkrecht zur Oberfläche der Lagen. Durch die kontinuierliche  
5 Verkleinerung der Fläche der Polymerlagen ergibt sich im Schnitt des Stapels gesehen daher ein treppenartiger Aufbau. Dieser Aufbau hat den Vorteil, dass die stufenartigen Seitenflächen des Stapels eine größere Kontaktierungsfläche der  
10 einzelnen Elektrodenlage im jeweiligen Kontaktierungsbereich zur Verfügung stellen. Daher kann die Kontaktierung der mit dem jeweiligen Kontaktierungsbereich verbundenen Elektrodenlagen besonders zuverlässig erfolgen.

15 Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Erzeugen von Stapelaktoren. Ein solches Verfahren ist in dem eingangs erwähnten Konferenzbeitrag beschrieben. Der herzustellende Stapelaktor wird durch Aufschleudern und Aushärten eines Elastomerfilms auf eine rotierende Unterlage und anschließendes Druckluftbeschichten dieses Elastomerfilms mit  
20 Graphitpulver und eine Wiederholung dieses Vorgangs entsprechend der Anzahl der herzustellenden Schichten des Stapelaktors erzeugt.

25 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Erzeugen von Polymeraktoren in Stapelbauform anzugeben, welches kostengünstig ist und sich zur Serienherstellung der Polymeraktoren eignet.

30 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Erzeugen eines Polymeraktors mit einem Stapel aus abwechselnd geschichteten elektrisch leitfähigen Elektrodenlagen und insbesondere elektroaktiven Polymerlagen gelöst, bei dem die Po-

lymerlagen mit Elektrodenlagen beschichtet werden, derart, dass der Lagenrand der Elektrodenlagen jeweils teilweise unter Ausbildung eines Kontaktabschnittes an den Lagenrand der Polymerlage zumindest weitgehend heranreichen und teilweise unter Ausbildung eines Isolierabschnittes von diesen einen Abstand aufweisen, und die beschichteten Polymerlagen aufeinander geschichtet werden, derart, dass die Kontaktabschnitte und die Isolierabschnitte jeweils jeder zweiten Polymerlage übereinander liegen und dass die Kontaktabschnitte beim Schichten abwechselnd zur Bildung eines ersten oder eines zweiten Kontaktierungsbereiches für die Elektrodenlagen beitragen. Hierdurch werden die bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Polymeraktor beschriebenen Vorteile erreicht, insbesondere, dass durch die gebildeten Kontaktierungsbereiche eine einfache Kontaktierung der beiden Gruppen von Elektrodenlagen ermöglicht wird. Diese Kontaktierung kann insbesondere durch Aufbringung von Elektrodenschichten auf den Kontaktierungsbereich erfolgen.

Eine vorteilhafte Variante des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass ein bahnförmiges Halbzeug hergestellt wird, wobei das Halbzeug durch Beschichtung eines Polymerbandes mit der Elektrodenlage gewonnen wird, derart, dass der Lagenrand der Elektrodenlage an die eine Seite des bahnförmigen Halbzeugs zumindest weitgehend heranreicht und von der anderen Seitenkante einen Abstand aufweist, und das bahnförmige Halbzeug in die Polymerlagen bildende Abschnitte zerlegt wird. Wie bereits erläutert, lässt sich das bahnförmige Halbzeug vorteilhaft einfach, insbesondere mit einer vergleichsweise hohen Produktionsgeschwindigkeit herstellen, wobei sich die Abschnitte zur Bildung der Polymerlagen des Stapelaktors durch einfaches Ablängen gewinnen lassen. Diese können bei-

spielsweise anschließend zu den Stapelaktoren zusammengefügt werden.

Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn vor dem Zerlegen  
5 des Halbzeugs in Abschnitte zwei Bahnen des Halbzeugs derart  
geschichtet werden, dass jeweils die Seitenkanten mit und ohne  
Elektrodenlage übereinanderliegen und die geschichteten  
Bahnen des Halbzeugs auf eine Walze aufgerollt werden, wobei  
bei dem Zerlegen des Halbzeugs die Stapel entstehen. Hier-  
10 durch entfällt die Notwendigkeit, einzelne Abschnitte von Po-  
lymerlagen vor dem Zusammenfügen zu Stapelaktoren zu handha-  
ben. Vielmehr können durch das Zerlegen nach dem Aufrollen  
des Halbzeugs bereits die fertigen Stapelaktoren hergestellt  
werden, wodurch vorteilhaft der Fertigungsprozess bedeutend  
15 an Effektivität gewinnt.

Gemäß einer weiteren Ausführung des Verfahrens werden die  
Bahnen des Halbzeugs trapezförmig ausgebildet, wobei die Sei-  
tenkanten die Trapezschenkel bilden. Wird eine solche trapez-  
20 förmige Bahn aufgerollt, so entsteht nach dem Zerlegen der  
Rolle eine Anzahl von Stapelaktoren, bei den sich die Fläche  
der Polymerlagen in Stapelrichtung des Stapels kontinuierlich  
verkleinert. Der Abstand des Lagenrandes der Elektrodenlage  
von der einen Seitenkante des trapezförmigen Halbzeugs muss  
25 so bemessen sein, dass der elektrisch isolierende Abstand zum  
betreffenden Kontaktierungsbereich gewährleistet ist, so dass  
jede Elektrodenlage jeweils nur mit dem anderen Kontaktie-  
rungsbereich in Verbindung steht. Durch Verwendung des tra-  
pezförmig ausgebildeten Halbzeugs lassen sich Polymeraktoren  
30 mit dem bereits beschriebenen treppenartigen Querschnitt und  
den damit verbundenen Vorteilen erzeugen.



Es ist günstig, wenn die Bahnen des Halbzeugs während des Aufwickelns auf die Walze derart verformt werden, dass der trapezförmige Verlauf der Bahnen erzeugt wird. Hierbei kann vorteilhaft als Halbzeug eine Bahn aus einem Polymerband und einer Elektrodenlage mit parallelen Seitenkanten verwendet werden, welches sich einfach herstellen lässt. Der trapezförmige Verlauf der Bahnen wird dann durch eine gezielte Verformung des Halbzeugs erzeugt. So lässt sich durch eine Streckung des Halbzeugs in Richtung des Bahnverlaufs die Breite desselben kontinuierlich oder auch in Stufen verringern, durch eine Streckung des Halbzeugs im rechten Winkel zum Bahnverlauf die Breite der Bahn vergrößern. Im verformten Zustand wird die Bahn dann aufgerollt, wobei dieser Zustand in den fertiggestellten Stapelaktoren erhalten bleibt. Im verformten Zustand der Polymerlagen liegen in dieser Spannungen in einer Richtung vor, die zu einer bevorzugten Verformung der Polymerlage im rechten Winkel zu diesen Spannungen führen, sobald die Polymerlage einem elektrischen Feld ausgesetzt wird. Hinsichtlich eines notwendigen Einbauraumes für den Stapelaktor ist diese bevorzugte Verformung der Polymerlagen jedoch unschädlich, da sie sich in derjenigen Richtung bevorzugt verformt, in der die Spannungen auch zu einer Verringerung der Abmessungen der Polymerlage geführt haben.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn der erste und der zweite Kontaktierungsbereich einer selektiven Ätzbehandlung unterworfen werden, derart, dass die zur Kontaktierung vorgesehene Fläche der Elektrodenschichten vergrößert wird. Hierdurch können vorteilhaft beispielsweise Fertigungsungenauigkeiten bei der Beschichtung der Polymerlagen mit der Elektrodenlage ausgeglichen werden, da die Elektrodenlage auch dann zur Kontaktierung im Kontaktierungsbereich freigelegt wird, wenn diese nicht bis an den Lagenrand der Polymerschicht heran-

reicht. Auch für den Fall, dass der Lagenrand der Elektrodenlage mit dem Lagenrand der Polymerlage genau abschließt, kann durch eine selektive Ätzbehandlung vorteilhaft die zur Kontaktierung zur Verfügung stehende Fläche der Elektrodenlage  
5 vergrößert werden.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnung beschrieben. Hierbei zeigen  
Figur 1 und 2 Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Polymeraktors als schematische Schnitte,  
10 Figur 3 schematisch die Seitenansicht und die Aufsicht auf eine Fertigungsanlage zur Durchführung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens,  
15 Figur 4 das Detail IV gemäß Figur 3a,  
Figur 5 den Schnitt V-V gemäß Figur 3a und  
Figur 6 die Aufsicht auf eine Polymerlage mit Elektrodenlage eines weiteren Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Polymeraktors.

20 Ein Polymeraktor gemäß Figur 1 besteht aus einem Stapel 11, bei dem abwechselnd Polymerlagen 12 und Elektrodenlagen 13a, 13b aufeinanderliegen. Jeweils eine Polymerlage 12 bildet mit einer der Elektrodenlagen 13a, 13b eine Einheit, die vor dem  
25 Zusammenfügen des Stapels 11 als Abschnitt eines bahnförmigen Halbzeugs hergestellt wurde (vgl. Figur 3a). Die Abschnitte im Stapel 11 weisen Seitenkanten 15a, 15b auf, wobei die Elektrodenlagen 13a bis an die zugehörigen Seitenkanten 15a heranreichen und die Elektrodenlagen 13b an die Seitenkanten  
30 15b. Hierdurch entstehen an der Seitenfläche 16 des Stapels die Kontaktierungsbereiche 17a, 17b.

Der Kontaktierungsbereich 17a ist direkt nach der Herstellung des Stapels 11 durch Schichten dargestellt. Die Darstellung des Kontaktierungsbereiches 17b zeigt den Zustand desselben nach einem anschließenden, selektiven Ätzschritt, wodurch das Material der Polymerlagen 12 abgetragen wurde und so die Elektrodenlagen 13b eine größere Fläche für die anschließende Aufbringung einer Elektrodenschicht 18b zur Verfügung stellt. Die Elektrodenschicht kann gleichzeitig unter die unterste Polymerlage geführt werden, wo sie die Funktion einer dort fehlenden Elektrodenlage übernimmt.

Die Varianten der weiteren Ausführungsbeispiele sind, soweit sich Übereinstimmungen ergeben, mit denselben Bezugszeichen wie der Polymeraktor gemäß Figur 1 versehen und werden nur insoweit erläutert, wie sich Unterschiede zu der bereits beschriebenen Bauform ergeben.

Bei dem Polymeraktor gemäß Figur 2 besteht der Stapel 11 aus ringförmigen Polymerlagen 12, wobei sich die Seitenfläche 16 aus dem Außenmantel sowie der entstehenden Lochwand im Stapel zusammengesetzt. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, die Elektrodenlagen 13a durch die Elektrodenschicht 18a außen auf der Mantelfläche des Stapels 11 zu kontaktieren, während die Elektrodenschichten 13b mittels der Elektrodenschicht 18b im Durchgangsloch kontaktiert sind. Weiterhin ist eine Spannungsquelle 19 angedeutet, die mit den Elektrodenschichten 18a, 18b verbunden werden kann, um den Polymeraktor zu aktivieren.

Der Figur 3 kann der Ablauf des Fertigungsverfahrens für die erfindungsgemäßen Polymeraktoren entnommen werden. Von zwei Vorratsrollen 20a, 20b wird jeweils ein Polymerband 21 abgerollt. Über Schlitzdüsen 22a, 22b wird Graphitpulver auf die

Polymerbahnen 21 aufgebracht, wodurch jeweils ein bahnförmiges Halbzeug 23a, 23b, bestehend aus dem Polymerband 21 und einer Elektrodenlage (vgl. beispielsweise 13a in Figur 3b), entsteht. Das Halbzeug 23a wird über eine Umlenkwalze 24 zum  
5 Halbzeug 23b hingeführt, nachdem letzteres mittels eines Klebstoffverteilers 25a mit einer Klebstoffschicht versehen wurde. Über Druckwalzen 26a wird eine bleibende Verbindung zwischen den Halbzeugen 23a, 23b erzeugt. Nach Aufbringung einer weiteren Klebstoffschicht (27 in Figur 3b) mittels ei-  
10 nes weiteren Klebstoffverteilers 25b wird der Schichtverbund aus den Halbzeugen 23a, 23b auf einer Walze 28 aufgewickelt und dabei mittels einer Druckwalze 26b angedrückt. So wird ein Wickel 29 der Halbzeuge 23a, 23b erhalten, der im weiteren Herstellungsprozess zur Erzeugung der Stapel dient (vgl.  
15 Figur 4).

In Figur 3b ist der Prozess gemäß Figur 3a als Aufsicht dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass die Spaltdüse 22a nicht über die gesamte Breite des Polymerbandes 21 reicht, so  
20 dass die ausgebildete Elektrodenschicht 13b nur auf der einen Seite bis zur Seitenkante 15a, auf der anderen Seite jedoch nicht bis zur Seitenkante 15b der hergestellten Bahn des bahnförmigen Halbzeugs reicht. In Figur 3b nicht zu erkennen ist das bahnförmige Halbzeug 23b, bei dem die Elektroden-  
25 schicht in gleicher Breite, jedoch mit einem Abstand zur entgegengesetzten Seitenkante erzeugt wird.

Weiterhin ist der Figur 3b eine Möglichkeit zu entnehmen, wie die bahnförmigen Halbzeuge 23a, 23b durch Verformung in die  
30 Form eines Trapezes gebracht werden können, d. h. dass die Seitenkanten 15a, 15b die Trapezschenkel bilden. Dies kann einerseits rechtwinklig zum Bahnverlauf mittels Streckwalzen 30 bewerkstelligt werden, die aufgrund ihrer Haftung auf den

Halbzeugen 23a, 23b die Kraft  $F_1$  auf die Halbzeuge 23a, 23b ausüben können. Entlang der Richtung des Bandes kann durch die (Druck)Walzen 26a, 26b, 28 mittels der Kraft  $F_2$  eine Streckung des Bandes vorgenommen werden, in dem das Band mit unterschiedlichen Tangentialgeschwindigkeiten über die jeweiligen Rollenpaare transportiert wird. Wird das Band mit trapezförmigem Verlauf auf der Walze 28 zum Wickel 29 aufgewickelt, so entsteht der in Figur 3b angedeutete treppenartige Verlauf der Seitenkanten 15a, 15b (vgl. auch Figur 5).

10

In Figur 4 ist dargestellt, wie aus dem Wickel 29 mehrere Stapel 11 der Polymeraktoren erzeugt werden können, indem der Wickel entlang der angedeuteten Schnittlinien 31 bis auf den Grund der Walze 28 geschnitten werden kann. Dabei wird der Wickel 29 in Abschnitte 14 zerteilt. Aus Figur 4, die den Ausschnitt IV gemäß Figur 3a darstellt, wird weiterhin deutlich, dass bei hinreichend großem Durchmesser  $d$  der Walze 28 die Krümmung des Wickels für die Planarität der Stapel 11 nicht mehr ins Gewicht fällt, da diese Stapel 11 eine genügende Elastizität aufweisen, die Krümmung auszugleichen.

20

In Figur 5 ist ein Stapel 11, der gemäß Figur 4 hergestellt wurde, im Schnitt dargestellt. Dieser Schnitt entspricht dem Schnitt V-V des Wickels 29 gemäß Figur 3a. Es ist zu erkennen, dass die Trapezform der Halbzeuge 23a, 23b zu einem treppenartigen Verlauf des Stapels 11 führen. Ansonsten weist der Polymeraktor gemäß Figur 5 einen mit dem Polymeraktor gemäß Figur 1 vergleichbaren Aufbau auf.

25

In Figur 6 ist die Aufsicht auf eine Polymerlage 12 mit Elektrodenlage 13b eines Polymeraktors mit runder Grundfläche gezeigt. Anstelle von Elektrodenlagen sind in Nuten in der Seitenfläche 16 des Stapels 11 Elektroden 32a, 32b eingegos-

30

sen, wobei die Elektrodenlagen (dargestellt ist die Elektrodenlage 13b) abwechselnd mit der Elektrode 32a oder der Elektrode 32b verbunden sind. Zu diesem Zweck weist der Rand der Elektrodenlage 13b zur Elektrode 32b einen Kontaktabschnitt 33 und zur Elektrode 32a einen Isolierabschnitt 34 auf. Bei den Elektrodenlagen 13a (nicht dargestellt) liegt der Kontaktabschnitt an der Elektrode 32a und der Isolierabschnitt an der Elektrode 32b.

## Patentansprüche

1. Polymeraktor, bei dem ein Stapel (11) aus abwechselnd geschichteten elektrisch leitfähigen Elektrodenlagen (13a, 13b) und insbesondere elektroaktiven Polymerlagen (12) gebildet ist,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Stapel (11) an seiner durch die Gesamtheit der Lagenränder gebildeten Seitenfläche (16) einen ersten (17a) und einen  
10 hiervon elektrisch getrennten zweiten (17b) Kontaktierungsbe-  
reich aufweist, wobei die Elektrodenlagen (13a, 13b) bezogen  
auf die Schichtfolge abwechselnd
- entweder mit ihrem Lagenrand einen Teil des ersten Kontaktierungs-  
bereiches (17a) bilden, während der Lagenrand von  
15 dem zweiten Kontaktierungsbereich (17b) einen elektrisch  
isolierenden Abstand aufweist,
  - oder mit ihrem Lagenrand einen Teil des zweiten Kontaktierungs-  
bereiches (17b) bilden, während der Lagenrand von dem  
ersten Kontaktierungsbereich (17a) einen elektrisch iso-  
20 lierenden Abstand aufweist.
2. Polymeraktor nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
dass der Stapel (11) aus Abschnitten (14) eines bahnförmigen  
25 Halbzeuges (23a, 23b) zusammengesetzt ist,  
- wobei das Halbzeug (23a, 23b) als Polymerband (21) mit  
darauf aufgebrachtener Elektrodenlage (13a, 13b) ausgebildet  
ist, derart, dass der Lagenrand der Elektrodenlage (13a,  
13b) an die eine Seitenkante des Polymerbandes (21) heran-  
30 reicht und von der anderen Seitenkante einen Abstand auf-  
weist, und

- wobei die Abschnitte (14) derart geschichtet sind, dass abwechselnd Seitenkanten mit und ohne Elektrodenlage (13a, 13b) aufeinanderfolgen.
- 5 3. Polymeraktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Fläche der Polymerlagen (12) in Stapelrichtung des Stapels kontinuierlich verkleinert und die Elektrodenlagen (13a, 13b) derart an die Fläche der jeweils benachbarten Po-
- 10 lymerlagen (12) angepasst sind, dass der elektrisch isolierende Abstand zum betreffenden Kontaktierungsbereich (17a, 17b) gewährleistet ist.
4. Polymeraktor nach einem der vorangehenden Ansprüche, 15 dadurch gekennzeichnet, dass auf den Kontaktierungsbereichen je eine Elektrodenschicht (18a, 18b) aufgebracht ist.
5. Verfahren zum Erzeugen eines Polymeraktors mit einem Sta- 20 pel (11) aus abwechselnd geschichteten elektrisch leitfähigen Elektrodenlagen (13a, 13b) und insbesondere elektroaktiven Polymerlagen (12), bei dem
- die Polymerlagen (12) mit Elektrodenlagen (13a, 13b) be- schichtet werden, derart, dass der Lagenrand der Elektro- 25 denlagen (13a, 13b) jeweils teilweise unter Ausbildung ei- nes Kontaktabschnittes (33) an den Lagenrand der Polymer- lage (12) zumindest weitgehend heranreichen und teilweise unter Ausbildung eines Isolierabschnittes (34) von diesem einen Abstand aufweisen und
  - 30 - die beschichteten Polymerlagen (12, 13a, 13b) aufeinander geschichtet werden, derart, dass die Kontaktabschnitte (33) und die Isolierabschnitte (34) jeweils jeder zweiten Polymerlage (12) übereinanderliegen und dass die Kontakt-



abschnitte (33) beim Schichten abwechselnd zur Bildung eines ersten (17a) oder eines zweiten (17b) Kontaktierungsbereiches für die Elektrodenlagen (13a, 13b) beitragen

- 5 6. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- ein bahnförmiges Halbzeug (23a, 23b) hergestellt wird, wobei das Halbzeug (23a, 23b) durch Beschichtung eines Polymerbandes (21) mit der Elektrodenlage (13a, 13b) gewonnen
  - 10 wird, derart, dass der Lagenrand der Elektrodenlage (13a, 13b) an die eine Seitenkante des bahnförmigen Halbzeugs (23a, 23b) zumindest weitgehend heranreicht und von der anderen Seitenkante einen Abstand aufweist, und
  - das bahnförmige Halbzeug (23a, 23b) in die Polymerlagen
  - 15 (12) bildende Abschnitte (14) zerlegt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- vor dem Zerlegen des Halbzeugs (23a, 23b) in Abschnitte (14)
- 20 - zwei Bahnen des Halbzeugs (23a, 23b) derart geschichtet werden, dass jeweils die Seitenkanten mit und ohne Elektrodenlage (13a, 13b) übereinander liegen und
  - die geschichteten Bahnen des Halbzeugs (23a, 23b) auf einer Walze (28) aufgerollt werden,
  - 25 wobei bei dem Zerlegen des Halbzeugs die Stapel (11) entstehen.

8. Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 30 die Bahnen des Halbzeugs (23a, 23b) trapezförmig ausgebildet werden, wobei die Seitenkanten die Trapezschenkel bilden.

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Bahnen des Halbzeugs (23a, 23b) während des Aufwickelns  
auf die Walze (28) derart verformt werden, dass der trapez-  
förmige Verlauf der Bahnen erzeugt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der erste (17a) und der zweite (17b) Kontaktierungsbereich  
einer selektiven Ätzbehandlung unterworfen werden, derart,  
dass die zur Kontaktierung vorgesehene Fläche der Elektroden-  
lagen (13a, 13b) vergrößert wird.

FIG 1

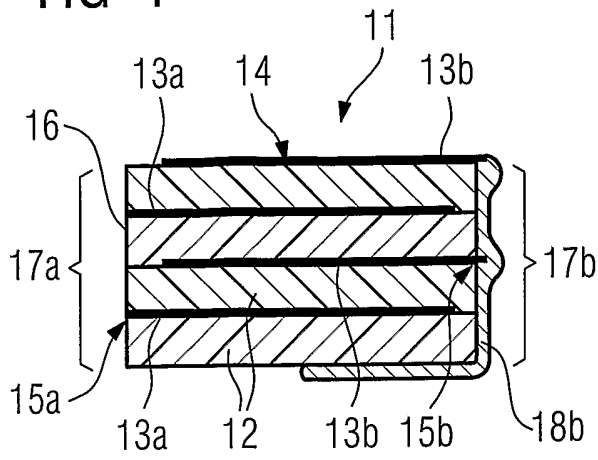


FIG 2

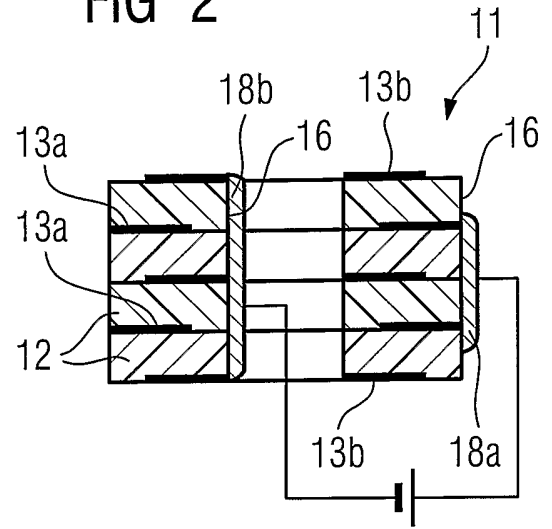


FIG 3a

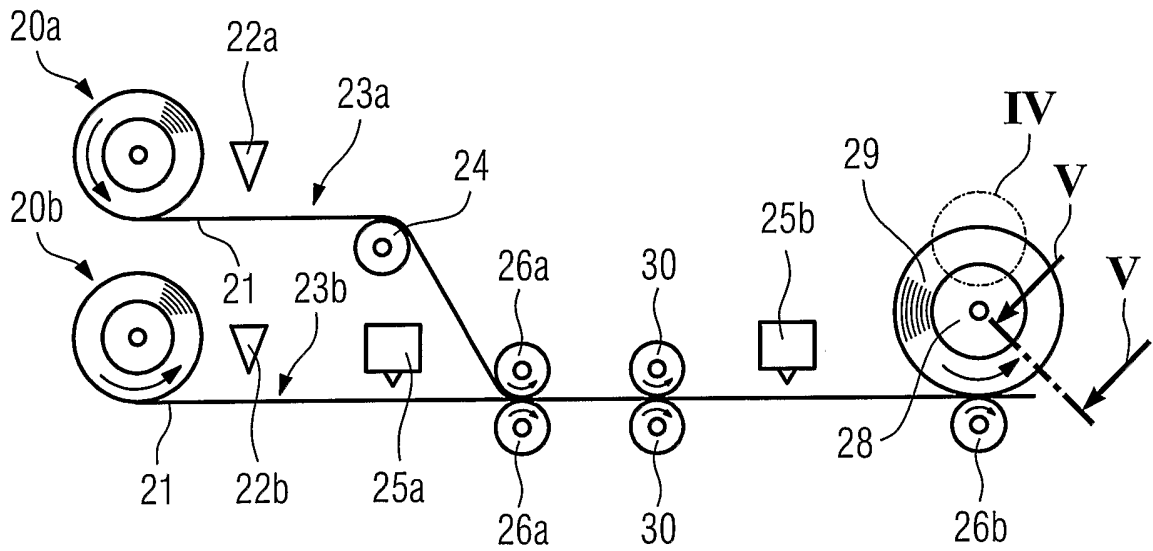


FIG 3b

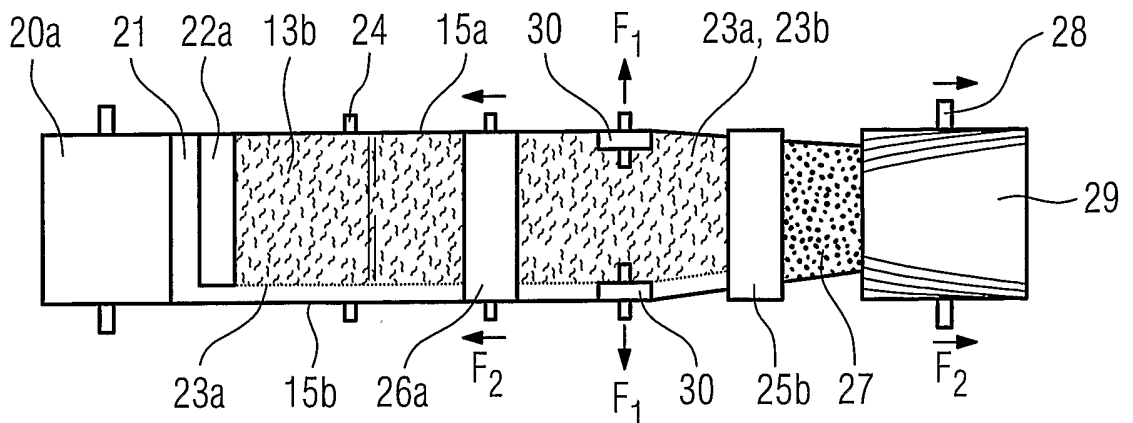


FIG 4

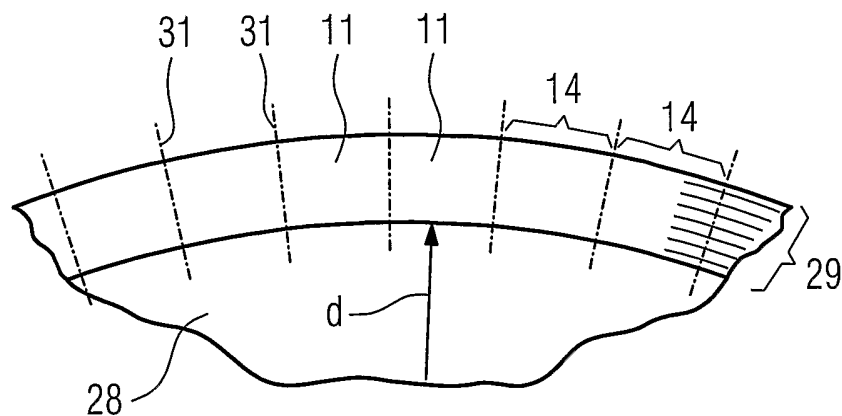


FIG 5

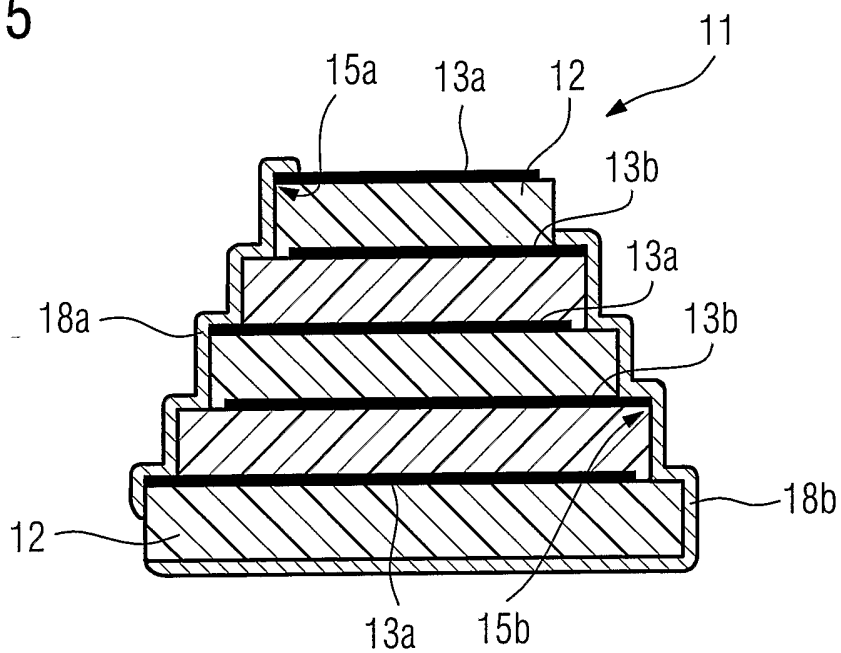
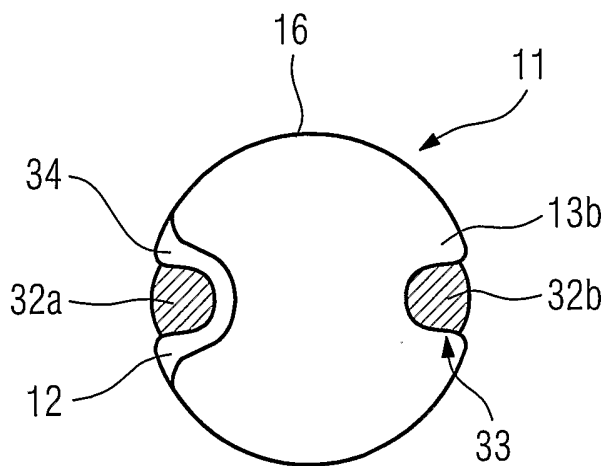


FIG 6



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2005/000347

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 H01L41/26 H01L41/083

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)

IPC 7 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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 33 21 435 A1 (SIEMENS AG) 20 December 1984 (1984-12-20) page 4, line 27 - page 5, line 11 figure 1	1,2,4-7
X	EP 0 083 526 A (THOMSON-CSF) 13 July 1983 (1983-07-13) page 2, line 19 - line 31 figures 3,4,9,10,12	1,2,4-7
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in 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

10 May 2005

Date of mailing of the international search report

27/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Steiner, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2005/000347

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JUNGMANN, M, SCHLAAK, H F: "Taktiler Display mit elektrostatischen Polymer-Aktoren" 47. INTERNATIONALES WISSENSCHAFTLICHES KOLLOQUIUM TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU, 23 September 2002 (2002-09-23), XP002327545 cited in the application page 4, paragraph 5 - page 6, paragraph 6 -----	1
A	EP 0 441 438 A (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN; PHILIPS ELECTRONICS N.V) 14 August 1991 (1991-08-14) column 1, line 1 - column 3, line 55 figures 1,2 -----	1
A	EP 0 190 574 A (EASTMAN KODAK COMPANY) 13 August 1986 (1986-08-13) page 1, line 3 - page 2, line 36 page 6, line 16 - page 7, line 2 figures 1-4 -----	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2005/000347

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3321435	A1	20-12-1984	NONE	
EP 0083526	A	13-07-1983	FR 2519293 A1	08-07-1983
			DE 3267469 D1	19-12-1985
			EP 0083526 A2	13-07-1983
			JP 58122790 A	21-07-1983
			US 4500377 A	19-02-1985
EP 0441438	A	14-08-1991	DE 69110694 D1	03-08-1995
			DE 69110694 T2	22-02-1996
			EP 0441438 A1	14-08-1991
			JP 4213881 A	04-08-1992
			US 5113566 A	19-05-1992
EP 0190574	A	13-08-1986	US 4632856 A	30-12-1986
			CA 1263078 A1	21-11-1989
			EP 0190574 A2	13-08-1986
			JP 61182944 A	15-08-1986

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2005/000347

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01L41/26 H01L41/083

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 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, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 33 21 435 A1 (SIEMENS AG) 20. Dezember 1984 (1984-12-20) Seite 4, Zeile 27 - Seite 5, Zeile 11 Abbildung 1	1,2,4-7
X	EP 0 083 526 A (THOMSON-CSF) 13. Juli 1983 (1983-07-13) Seite 2, Zeile 19 - Zeile 31 Abbildungen 3,4,9,10,12	1,2,4-7
	----- -/-- -----	

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

10. Mai 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Steiner, M



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2005/000347

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JUNGMANN, M, SCHLAAK, H F: "Taktiler Display mit elektrostatischen Polymer-Aktoren" 47. INTERNATIONALES WISSENSCHAFTLICHES KOLLOQUIUM TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU, 23. September 2002 (2002-09-23), XP002327545 in der Anmeldung erwähnt Seite 4, Absatz 5 - Seite 6, Absatz 6 -----	1
A	EP 0 441 438 A (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN; PHILIPS ELECTRONICS N.V) 14. August 1991 (1991-08-14) Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 3, Zeile 55 Abbildungen 1,2 -----	1
A	EP 0 190 574 A (EASTMAN KODAK COMPANY) 13. August 1986 (1986-08-13) Seite 1, Zeile 3 - Seite 2, Zeile 36 Seite 6, Zeile 16 - Seite 7, Zeile 2 Abbildungen 1-4 -----	1

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/000347

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3321435	A1	20-12-1984	KEINE	
EP 0083526	A	13-07-1983	FR 2519293 A1	08-07-1983
			DE 3267469 D1	19-12-1985
			EP 0083526 A2	13-07-1983
			JP 58122790 A	21-07-1983
			US 4500377 A	19-02-1985
EP 0441438	A	14-08-1991	DE 69110694 D1	03-08-1995
			DE 69110694 T2	22-02-1996
			EP 0441438 A1	14-08-1991
			JP 4213881 A	04-08-1992
			US 5113566 A	19-05-1992
EP 0190574	A	13-08-1986	US 4632856 A	30-12-1986
			CA 1263078 A1	21-11-1989
			EP 0190574 A2	13-08-1986
			JP 61182944 A	15-08-1986