

(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  
10. März 2005 (10.03.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/022657 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 41/22,  
41/24

DÖLLGAST, Bernhard [DE/DE]; Hindenburgstr. 4a,  
91054 Erlangen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/051775

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

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. August 2004 (11.08.2004)

(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, DE, 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, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10338486.3 21. August 2003 (21.08.2003) DE

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

(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, 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, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

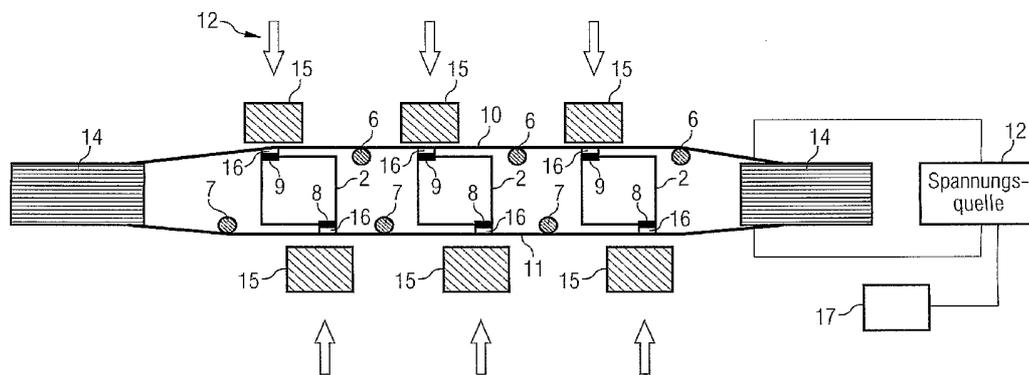
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DENZLER, Michael [DE/DE]; Gabrielenstrasse 4, 80636 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CREATING AN ELECTRICAL CONTACT FOR A PIEZOELECTRIC ACTUATOR AND POLARIZING THE PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER ELEKTRISCHEN KONTAKTIERUNG EINES PIEZOELEKTRISCHEN AKTORS UND POLARISIERUNG DES PIEZOELEKTRISCHEN AKTORS



12... VOLTAGE SOURCE

(57) Abstract: Disclosed is a method for creating a soldered joint to contacts of a piezoelectric actuator and polarizing the piezoelectric layers of the piezoelectric actuator. Polarization and soldering of the joint are done simultaneously such that the duration of the process is reduced.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Herstellen einer Lötverbindung zu Kontakten eines piezoelektrischen Aktors und einer Polarisation der piezokeramischen Schichten des piezoelektrischen Aktors beschrieben. Die Polarisation und die Lötverbindung werden gleichzeitig durchgeführt. Dadurch ist die Verfahrensdauer reduziert.



WO 2005/022657 A1



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

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*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.*

## Beschreibung

Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung eines piezoelektrischen Aktors und Polarisierung des piezoelektrischen Aktors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung eines piezoelektrischen Aktors und ein Verfahren zum Polarisieren des piezoelektrischen Aktors gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Piezoelektrische Aktoren bestehen üblicherweise aus gemeinsam gesinterten Stapeln von piezokeramischen Schichten mit dazwischenliegenden Metallelektroden. Jede zweite Metallelektrode ist an einer ersten Seite herausgeführt und mit einer ersten Metallisierungsbahn verbunden. An der gegenüberliegenden Seite ist eine zweite Metallisierungsbahn vorgesehen, die mit den anderen Metallelektroden elektrisch leitend verbunden ist. Somit sind zwei Metallelektrodenanordnungen vorgesehen, die voneinander elektrisch isoliert sind.

Beim Betrieb der piezoelektrischen Aktoren werden parallel zu einer Polarisationsrichtung der piezokeramischen Schichten große Kräfte, aber nur kleine relative Auslenkungen erreicht. Zur Erzielung geringer Betriebsspannungen besteht der piezoelektrische Aktor aus einer Vielzahl von piezokeramischen Schichten. Zur Polarisierung des Aktors wird an die zwei Elektrodenstrukturen ein elektrisches Polarisationsfeld angelegt, wodurch sich eine maximale remanente Polarisierung und eine geordnete Verteilung der in Feldrichtung in den Kristallen der keramischen Schichten ausgerichteten Domänen gegenüber einem unpolarisierten Ausgangszustand ergibt. Die Polarisierung wird bei einer Temperatur der piezokeramischen Schicht durchgeführt, die über der Curietemperatur der piezokeramischen Schicht liegt.

Weiterhin ist es zur elektrischen Kontaktierung des piezo-  
elektrischen Aktors erforderlich, die Metallisierungsbahnen  
mit elektrischen Leitungen zu kontaktieren. Dazu werden die  
elektrischen Leitungen in einem Lötprozess an den Metallisie-  
5 rungsbahnen festgelötet.

Aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 350 941 A2 ist ein  
piezoelektrischer Aktor und ein Verfahren zur Herstellung des  
piezoelektrischen Aktors bekannt, der in Form von mehreren  
10 piezoelektrischen Schichten aufgebaut ist, wobei zwischen den  
piezoelektrischen Schichten jeweils eine Elektrode angeordnet  
ist. Jede zweite Elektrode ist mit einer Metallisierungsbahn  
elektrisch leitend verbunden, die an einer Außenseite des  
piezoelektrischen Aktors angeordnet ist. Die anderen Elektro-  
15 den sind mit einer zweiten Metallisierungsbahn elektrisch  
leitend verbunden, die gegenüberliegend zur ersten Metallie-  
sierungsbahn auf der Außenseite des piezoelektrischen Aktors  
angeordnet ist. Der piezoelektrische Aktor wird für einen  
Verbindungsvorgang über die Curietemperatur erwärmt, so dass  
20 eine chemische Bindung zwischen den Elektroden und den piezo-  
keramischen Schichten ausgebildet wird. In einem folgenden  
Abkühlungsprozess wird die Polarisierung der piezokeramischen  
Schichten durchgeführt, wobei die Temperatur der piezokerami-  
schen Schichten noch über der Curietemperatur liegt. In einem  
25 späteren Lötprozess werden elektrische Leitungen an die Me-  
tallisierungsbahnen gelötet.

Aus der deutschen Patentanmeldung DE 100 26 635 A1 ist ein  
Verfahren zum Herstellen einer Lötverbindung zwischen einer  
30 elektrischen Kontaktfläche eines piezokeramischen Aktors und  
einer Drahtoberfläche beschrieben. Dabei werden Metallisie-  
rungstreifen des piezoelektrischen Aktors mit parallel ange-  
ordneten Drähten verlötet. Die Verlötung erfolgt nach der Po-  
larisierung des piezokeramischen Aktors. Bei dem Lötvorgang  
35 weist der piezokeramische Aktor eine Temperatur auf, die un-  
terhalb der Curietemperatur liegt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung eines piezoelektrischen Aktors und ein Verfahren zur Polarisierung des piezoelektrischen Aktors bereit zu stellen, die schneller auszuführen ist.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Das Verfahren gemäß Patentanspruch 1 weist den Vorteil auf, dass die elektrische Kontaktierung des piezoelektrischen Aktors und die Polarisierung des piezoelektrischen Aktors in kürzerer Zeit durchgeführt werden können. Dieser Vorteil wird dadurch erreicht, dass die elektrische Kontaktierung und die Polarisierung wenigstens teilweise gleichzeitig durchgeführt werden. Vorzugsweise wird der Lötvorgang oberhalb der Curietemperatur durchgeführt und gleichzeitig wird die Polarisierung der piezokeramischen Schichten des Aktors durchgeführt.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Polarisierungsspannung auch während einer Abkühlphase bis unter die Curietemperatur angelegt und auf einen maximalen Wert begrenzt. Damit wird zum Einen erreicht, dass die Polarisierung sicher beibehalten wird und zum Anderen wird eine Beschädigung der piezokeramischen Schichten vermieden.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Polarisierungsspannung schon vor Erreichen einer maximalen Temperatur angelegt und der fließende Strom wird während des Erwärmens des Aktors auf einen maximalen Wert begrenzt. Damit wird schon vor Erreichen der maximalen Temperatur des piezoelektrischen Aktors eine Polarisierung erreicht und gleichzeitig wird durch die Begrenzung auf einen maximalen Stromwert eine Beschädigung der piezokeramischen

Schichten sicher vermieden. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die während der Polarisierung angelegte Spannung erfasst und ausgewertet, um eine Aussage über die Qualität der Polarisierung oder über die Qualität des piezoelektrischen Aktors machen zu können.

10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird der während der Polarisierung fließende Strom erfasst und ausgewertet, um die Polarisierung und/oder den piezoelektrischen Aktor bewerten zu können.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Leitungen über Heizblöcke auf Lötflächen der Kontakte gedrückt, wobei die Heizblöcke den Aktor wenigstens teilweise erwärmen. Auf diese Weise wird der Lötprozess durch das mechanische Aufdrücken der Leitungen erleichtert und zudem wird die Temperatur im Bereich der Lötverbindung zugeführt. Damit wird eine Verbesserung des Lötprozesses erreicht.

20 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden mehrere Aktoren gleichzeitig mit Leitungen verlötet und polarisiert. Damit wird eine effiziente Durchführung des Verfahrens erreicht, so dass eine Massenfertigung möglich ist.

25 Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen piezoelektrischen Aktor;  
Figur 2 einen Querschnitt durch einen Randbereich des piezoelektrischen Aktors nach dem Lötprozess;  
30 Figur 3 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und  
Figur 4 ein Diagramm mit den zeitlichen Verläufen verschiedener Parameter während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.  
35

Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung einen piezokeramischen Aktor 1, der ein piezokeramisches Bauelement 2 mit einer Vielzahl von piezokeramischen Schichten 3 (Figur 2) aufweist. Zwischen zwei Schichten 3 ist jeweils eine flächige Elektrode 4 (Figur 2) ausgebildet. Die Elektroden 4 sind über Drähte 5 mit einem ersten bzw. einem zweiten Kontaktstift 6, 7 elektrisch leitend verbunden. Jede zweite Elektrode 4 ist über einen Draht 5 mit dem ersten Kontaktstift 6 elektrisch leitend verbunden. Die anderen Elektroden 4 sind über Drähte 5 mit dem zweiten Kontaktstift 7 elektrisch leitend verbunden. Auf diese Weise ist eine Schichtstruktur ausgebildet, wobei jede piezokeramische Schicht 3 von zwei Elektroden 4 begrenzt wird, die elektrisch leitend mit verschiedenen Kontaktstiften 6, 7 verbunden sind. Durch das Anlegen von verschiedenen Spannungspotentialen an den ersten und den zweiten Kontaktstift 6, 7 werden alle piezokeramischen Schichten 3 mit der gleichen Spannung beaufschlagt, so dass sich die Schichten 3 entsprechend der angelegten Spannung ausdehnen.

Figur 2 zeigt einen Teilquerschnitt von einem Randbereich des piezokeramischen Bauteils 2. Auf dem piezokeramischen Bauteil 2 ist eine erste Metallisierungsbahn 8 aufgebracht. Die erste Metallisierungsbahn 8 ist elektrisch leitend mit jeder zweiten Elektrode 4 verbunden. Gegenüberliegend zur ersten Metallisierungsbahn 8 ist auf der anderen Seite des Bauteils 2 eine zweite Metallisierungsbahn 9 angeordnet, die mit den anderen Elektroden 4 elektrisch leitend verbunden ist. Die Metallisierungsbahn 8 ist über eine Lotschicht 13 mit den Drähten 5 elektrisch leitend verbunden. Die Drähte 5 der ersten Metallisierungsbahn 8 sind an den ersten Kontaktstift 6 geführt.

In entsprechender Weise ist die zweite Metallisierungsbahn 9 über Drähte 5 elektrisch leitend mit dem zweiten Kontaktstift 7 verbunden.

Figur 3 zeigt eine schematische Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Bei der Herstellung des piezoelektrischen Aktors 1 werden zu-  
5 erst die Schichten 3 und die Elektroden 4 in einem Sinterpro-  
zess hergestellt. Zudem ist es erforderlich, eine Polarisie-  
rung der piezokeramischen Schichten 3 durchzuführen. Dazu  
wird eine Polarisierungsspannung über die Elektroden 4 an die  
Schichten 3 angelegt, wobei die piezokeramischen Schichten 3  
10 eine Temperatur aufweisen, die über der Curietemperatur der  
piezokeramischen Schichten 3 liegt. Weiterhin ist es erfor-  
derlich, elektrische Leitungen 10, 11 an die Metallisierungs-  
bahnen 8, 9 anzuschließen.

15 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden in der dargestell-  
ten Ausführungsform drei piezoelektrische Bauteile 2 angeord-  
net. Die Bauteile 2 weisen bereits die piezokeramischen  
Schichten 3, die Elektroden 4 und die Metallisierungsbahnen  
8, 9 auf. Die Metallisierungsbahnen 8, 9 sind an gegenüber-  
20 liegenden Seiten und an diametral angeordneten Eckbereichen  
des im Querschnitt quadratförmig ausgebildeten Bauteils 2 an-  
geordnet. An die erste und die zweite Metallisierungsbahn 8,  
9 werden erste und zweite Leitungen 10, 11 angelegt. Die ers-  
ten und die zweiten Leitungen 10, 11 sind in Form von Drähten  
25 ausgebildet und mit einer Spannungsquelle 12 elektrisch lei-  
tend verbunden. Die Enden der Leitungen 10, 11 liegen an Ab-  
standsblöcken 14 an.

Die Bauteile 2 werden auf eine Temperatur erhitzt, die ober-  
30 halb der Curietemperatur der piezoelektrischen Schichten 3  
liegt. Anschließend werden die Leitungen 10, 11 gegen die  
erste und zweite Metallisierungsbahn 8, 9 gedrückt. Zudem  
wird Lot 13 zwischen die erste und die zweite Metallisie-  
rungsbahn und der ersten bzw. zweiten Leitung 10, 11 einge-  
35 bracht. Als Lotmaterial wird Lot 13 verwendet, das eine Löt-  
temperatur aufweist, die oberhalb der Curietemperatur liegt.  
Vorzugsweise werden zum Andrücken der ersten und der zweiten

Leitung 10, 11 Heizelemente 15 verwendet, die neben dem An-  
drücken der ersten und der zweiten Leitungen 10, 11 zugleich  
auch das Bauteil 2 wenigstens teilweise erhitzen. In einer  
bevorzugten Ausführungsform ist das Lot 13 in Form einer Lot-  
5 folie 16 zwischen den Metallisierungsbahnen 8, 9 und den ers-  
ten und den zweiten Leitungen 10, 11 eingelegt.

Gleichzeitig zum Lötvorgang wird eine Polarisierungsspannung  
über die Spannungsquelle 12 an die Leitungen 10, 11 angelegt  
10 und dadurch die Polarisierung der piezoelektrischen Schichten  
3 bewirkt. Bei der Polarisierung werden Feldstärken von 1 bis  
2 kV/mm verwendet. Die verwendeten Stromwerte liegen bei ei-  
nigen A/cm<sup>2</sup>. Vorzugsweise wird die Polarisierung schon vor  
Erreichen einer Maximaltemperatur des Bauteils 2 angelegt.  
15 Zudem wird vorzugsweise die Polarisierungsspannung beibehal-  
ten, wenn sich das Bauteil 2 von der maximalen Temperatur bis  
unter die Curietemperatur abkühlt. Damit die Stromstärke beim  
Erhitzen des Bauteils 2 nicht über einen Maximalstrom steigt,  
wird die Stromstärke von der Spannungsquelle 12 auf einen Ma-  
20 ximalwert begrenzt. Gleichzeitig wird die anliegende Spannung  
beim Abkühlen des Bauteils 2 von der Spannungsquelle 12 auf  
eine Maximalwert begrenzt, damit keine Beschädigung der pie-  
zokeramischen Schichten 3 erfolgt.

25 Die Leitungen 10, 11 sind oder werden an die ersten bzw.  
zweiten Kontaktstifte 6, 7 angelötet. Nach dem Löt- und Pola-  
risierungsvorgang werden die Leitungen 10, 11 aufgetrennt, so  
dass einzelne Aktoren 1 gemäß Figur 1 erhalten werden.

30 Figur 4 zeigt in einem Diagramm den zeitlichen Verlauf der  
Polarisierungsspannung  $U$  und des Polarisierungsstromes  $I$ . Zu-  
dem sind in dem Diagramm ist die Temperatur  $T_0$  an der Ober-  
fläche der Metallisierungsbahn 8, 9 und die Temperatur  $T_K$  der  
piezokeramischen Schichten 3 angegeben. In das Diagramm ist  
35 die Curietemperatur für die piezoelektrischen Schichten 3 und  
die Löttemperatur für das verwendete Lötmaterial eingetragen.

In dem Diagramm sind die Kennlinien über die Zeit  $t$  aufgetragen.

Beim Beginn des Polarisierungs- und Lötvorganges sind die Leitungen 10, 11 an die Metallisierungsbahnen 8, 9 angedrückt, das Bauteil 2 ist noch nicht aufgeheizt und die Spannungsquelle 12 hat noch keine Polarisierungsspannung angelegt.

Zu einem ersten Zeitpunkt  $t_1$  wird die Polarisierungsspannung  $U$  angelegt. Gleichzeitig werden über die Heizblöcke 15 die Bauteile 2 aufgeheizt. Zu einem zweiten Zeitpunkt  $t_2$  erreicht die Temperatur  $T_K$  der piezokeramischen Schicht 3 die Curietemperatur. Mit ansteigender Temperatur steigt die Leitfähigkeit der piezokeramischen Schichten 3, so dass der Strom  $I$  ansteigt und die Spannung  $U$  sinkt. Zu einem dritten Zeitpunkt  $t_3$  erreicht die Oberflächentemperatur  $T_0$  der Bauteile 2 die Löttemperatur, so dass der Lötvorgang beginnt. Die Löttemperatur ist höher als die Curietemperatur. Zu einem vierten Zeitpunkt  $t_4$  ist der Lötprozess beendet und die Heizblöcke 15 werden abgeschaltet, so dass das Bauteil 2 abkühlt. In dem Zeitraum zwischen dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  und dem vierten Zeitpunkt  $t_4$  wird der maximal fließende Strom begrenzt. Nach dem vierten Zeitpunkt  $t_4$  sinkt sowohl die Oberflächentemperatur  $T_0$  als auch die Temperatur  $T_K$  der piezokeramischen Schicht 3 ab. Durch die Abnahme der Temperatur steigt der Widerstand der piezokeramischen Schichten 3, so dass die Spannung  $U$  wieder ansteigt. Die Spannungsquelle 12 sorgt dafür, dass die Polarisierungsspannung  $U$  einen Maximalwert nicht überschreitet. Dazu ist eine entsprechende Spannungsregelung in der Spannungsquelle 12 vorgesehen.

Unterhalb der Curietemperatur entsteht zu einem fünften Zeitpunkt  $t_5$  ein Ladungsimpuls, der sich in einem kurzzeitigen Ansteigen der Stromstärke  $I$  widerspiegelt. Der Ladungsimpuls kann zur Bewertung des piezoelektrischen Aktors 1 verwendet werden. Vorzugsweise wird der Ladungsimpuls mit einem Ver

gleichladungsimpuls verglichen. Überschreitet oder unterschreitet der gemessene Ladungsimpuls den Vergleichsladungsimpuls um einen festgelegten Wert, so wird ein Defekt des piezoelektrischen Aktors erkannt. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind Vergleichskurven für die Polarisationsspannung während des Polarisations- und Lötvorganges in einem Steuergerät 17 abgelegt. Das Steuergerät 17 vergleicht die während des Löt- und Polarisationsvorganges anliegende Spannungskurve und/oder die anliegende Stromkurve mit der abgelegten Spannungskurve bzw. der abgelegten Stromkurve. Aus dem Vergleich kann eine Aussage über die Qualität der Polarisation und/oder über die Qualität des piezoelektrischen Aktors 1 getroffen werden. Weichen die gemessene Spannungskurve oder die gemessene Stromkurve um mehr als einen festgelegten Wert von der abgelegten Spannung- bzw. Stromkurve ab, so wird ein defekter Aktor 1 erkannt. Wird der Aktor 1 als defekt erkannt, so wird der Aktor 1 aussortiert und nicht weiter verarbeitet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktie-  
rung eines piezoelektrischen Aktors (1) und zum Polari-  
sieren des piezoelektrischen Aktors (1), wobei der Ak-  
tor (1) wenigstens eine piezokeramische Schicht (3)  
aufweist, die zwei beabstandete elektrische Kontakte  
(4, 8, 9) aufweist, wobei an die elektrischen Kontakte  
(4, 8, 9) elektrische Leitungen (5, 10, 11) angelötet  
werden, wobei während des Lötvorgangs der piezoelektri-  
sche Aktor (1) auf eine Löttemperatur erwärmt wird, da-  
durch gekennzeichnet, dass während des Lötvorganges an  
die Leitungen (5, 10, 11) eine Polarisierungsspannung  
angelegt wird und die piezokeramische Schicht (3) pola-  
risiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Lotmaterial (13) verwendet wird, dessen Löttempera-  
tur über der Curietemperatur der piezokeramischen  
Schicht (3) liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeich-  
net, dass die Polarisierungsspannung auch während eines  
Abkühlprozesses angelegt wird, und dass die Spannung  
während der Abkühlung des Aktors auf einen maximalen  
Wert begrenzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass die Polarisierungsspannung während  
eines Aufheizvorgangs vor Erreichen einer maximalen  
Temperatur angelegt wird, und dass der Strom während  
des Erwärmens des Aktor (1) auf einen maximalen Wert  
begrenzt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung während der Polarisierung erfasst und ausgewertet wird, um die Polarisierung und/oder den Aktor (1) zu bewerten.
- 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der während der Polarisierung fließende Strom erfasst und ausgewertet wird, um die Polarisierung und/oder den Aktor zu bewerten.
- 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitungen (10, 11) über Heizblöcke (15) auf Lötflächen der Kontakte (8, 9) gedrückt werden, und dass die Heizblöcke (15) den Aktor (1) wenigstens teilweise erwärmen.
- 15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Aktoren (1) gleichzeitig mit Leitungen (10, 11) verlötet und polarisiert werden.
- 20
9. Verfahren nach Anspruch 8, dass die Leitungen (10, 11) eines Kontaktes (8, 9) einstückig für mehrere Aktoren (1) beim Verlöten und Polarisieren verwendet werden, und dass nach dem Verlöten und dem Polarisieren die Leitungen (10, 11) für jeden Aktor (1) in einzelne Leitungsstücke aufgetrennt wird.
- 25
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitungen (10, 11) vor dem Verlöten und Polarisieren an Kontaktstifte (6, 7) angeschlossen sind.
- 30
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor (1) während des Lötvorganges über die Curietemperatur der piezokeramischen Schicht (3) erwärmt wird.
- 35

FIG 1

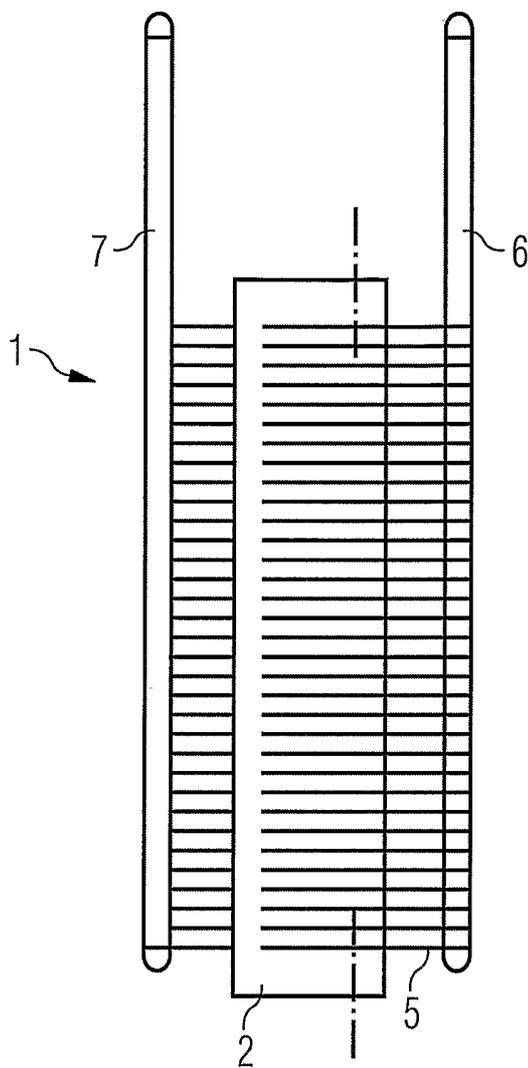
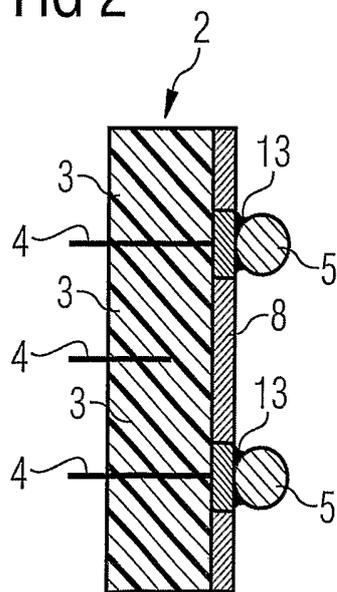


FIG 2



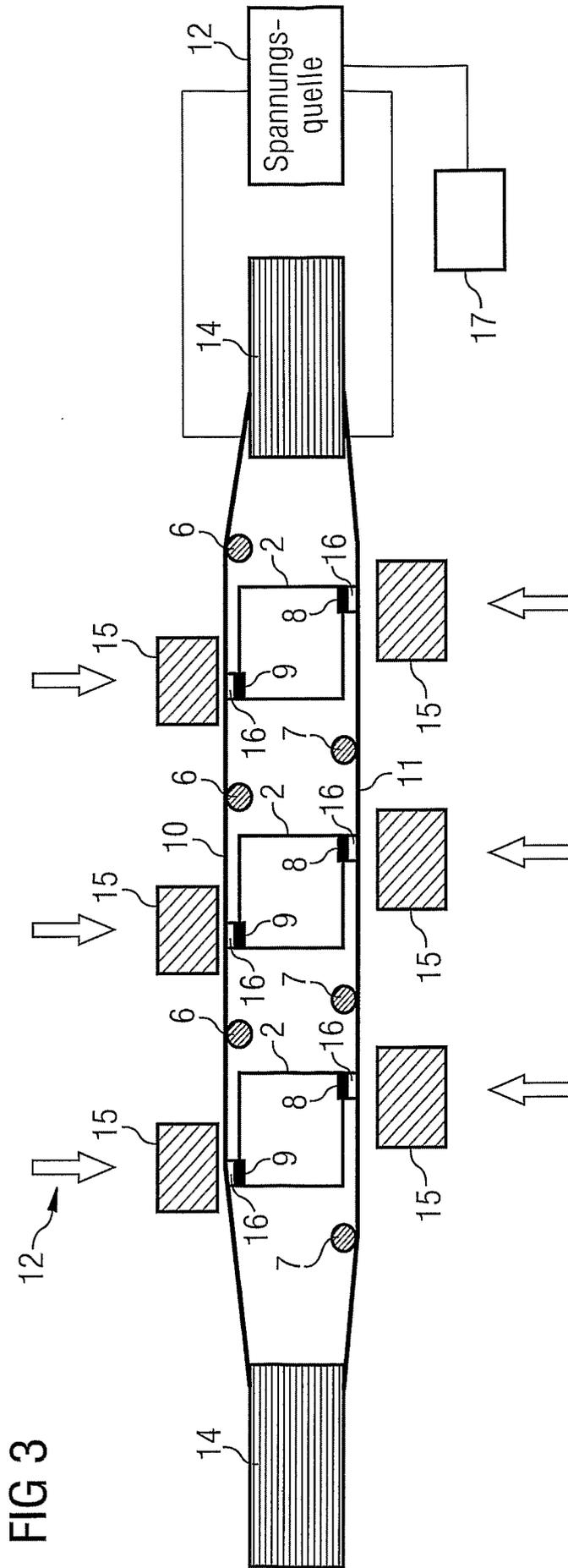
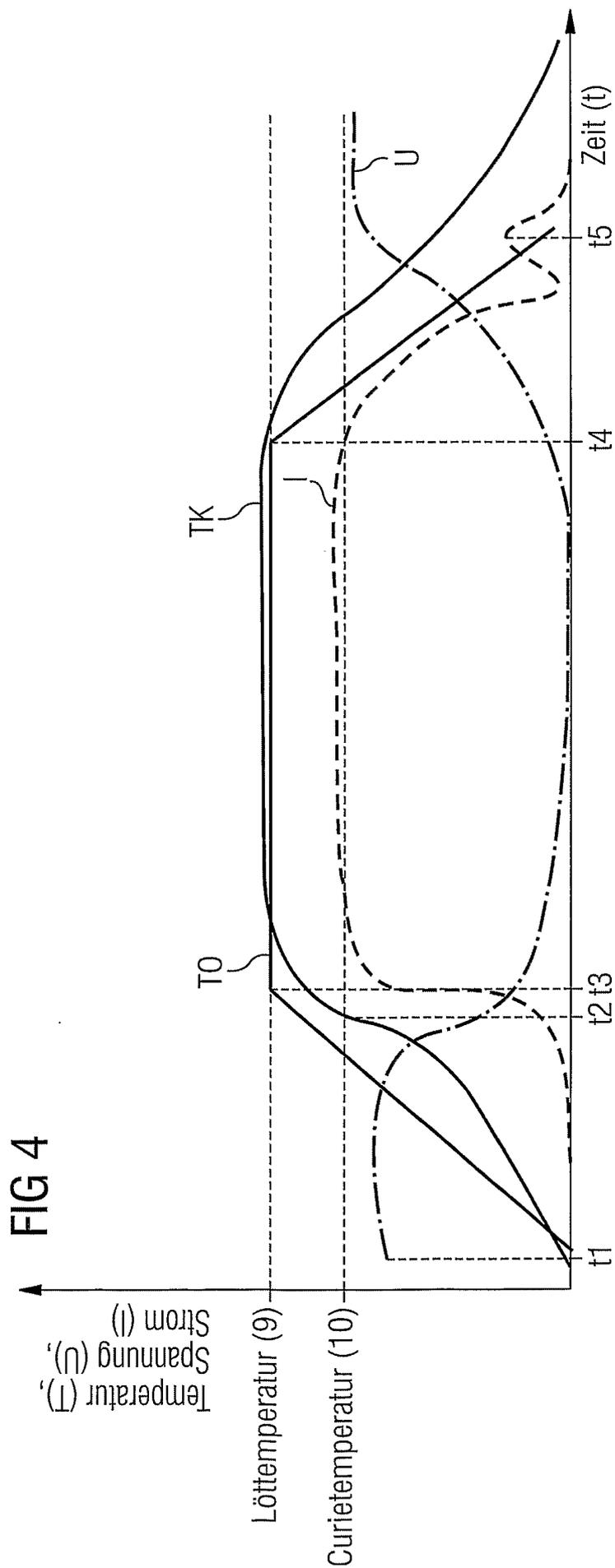


FIG 3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/051775

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 H01L41/22 H01L41/24

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.
A	EP 0 350 941 A (HITACHI LTD) 17 January 1990 (1990-01-17) cited in the application column 2, line 46 - column 5, line 50 figure 1	1
A	DE 100 26 635 A (EPCOS AG ; SIEMENS AG (DE)) 3 January 2002 (2002-01-03) cited in the application paragraph '0001! - paragraph '0010!	1
A	DE 102 31 929 A (MURATA MANUFACTURING CO) 13 March 2003 (2003-03-13) paragraph '0021! - paragraph '0026!	1
A	US 5 325 012 A (SATO ICHIYA ET AL) 28 June 1994 (1994-06-28) abstract	1

Further documents are listed in the continuation of box C.       Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*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)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>*I* 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</p> <p>*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</p> <p>*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.</p> <p>*Z* document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search  <b>9 November 2004</b>	Date of mailing of the international search report  <b>17/11/2004</b>
---	---

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  <b>Steiner, M</b>
--	---

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/051775

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 0350941	A	17-01-1990	JP 2026087 A	29-01-1990
			JP 2738706 B2	08-04-1998
			DE 68919556 D1	12-01-1995
			DE 68919556 T2	13-04-1995
			EP 0350941 A2	17-01-1990
			US 5196756 A	23-03-1993
DE 10026635	A	03-01-2002	DE 10026635 A1	03-01-2002
DE 10231929	A	13-03-2003	JP 2003037306 A	07-02-2003
			DE 10231929 A1	13-03-2003
			US 2003020371 A1	30-01-2003
US 5325012	A	28-06-1994	JP 3039971 B2	08-05-2000
			JP 3218687 A	26-09-1991

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/051775

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01L41/22 H01L41/24

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.
A	EP 0 350 941 A (HITACHI LTD) 17. Januar 1990 (1990-01-17) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeile 46 - Spalte 5, Zeile 50 Abbildung 1 -----	1
A	DE 100 26 635 A (EPCOS AG ; SIEMENS AG (DE)) 3. Januar 2002 (2002-01-03) in der Anmeldung erwähnt Absatz '0001! - Absatz '0010! -----	1
A	DE 102 31 929 A (MURATA MANUFACTURING CO) 13. März 2003 (2003-03-13) Absatz '0021! - Absatz '0026! -----	1
A	US 5 325 012 A (SATO ICHIYA ET AL) 28. Juni 1994 (1994-06-28) Zusammenfassung -----	1

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

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. November 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/11/2004

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/EP2004/051775

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0350941	A	17-01-1990	JP 2026087 A	29-01-1990
			JP 2738706 B2	08-04-1998
			DE 68919556 D1	12-01-1995
			DE 68919556 T2	13-04-1995
			EP 0350941 A2	17-01-1990
			US 5196756 A	23-03-1993
DE 10026635	A	03-01-2002	DE 10026635 A1	03-01-2002
DE 10231929	A	13-03-2003	JP 2003037306 A	07-02-2003
			DE 10231929 A1	13-03-2003
			US 2003020371 A1	30-01-2003
US 5325012	A	28-06-1994	JP 3039971 B2	08-05-2000
			JP 3218687 A	26-09-1991