

(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
16. April 2009 (16.04.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/047048 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 41/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/061481

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. September 2008 (01.09.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 047 657.6 5. Oktober 2007 (05.10.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Strasse 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HAMANN, Christoph** [DE/DE]; Josef-Riedhammer-Str. 11, 93107 Thalmassing (DE). **REICHINGER, Christian** [DE/DE]; Barbingerstr. 4, 93073 Neutraubling (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**; Postfach 22 16 39, 80506 München (DE).

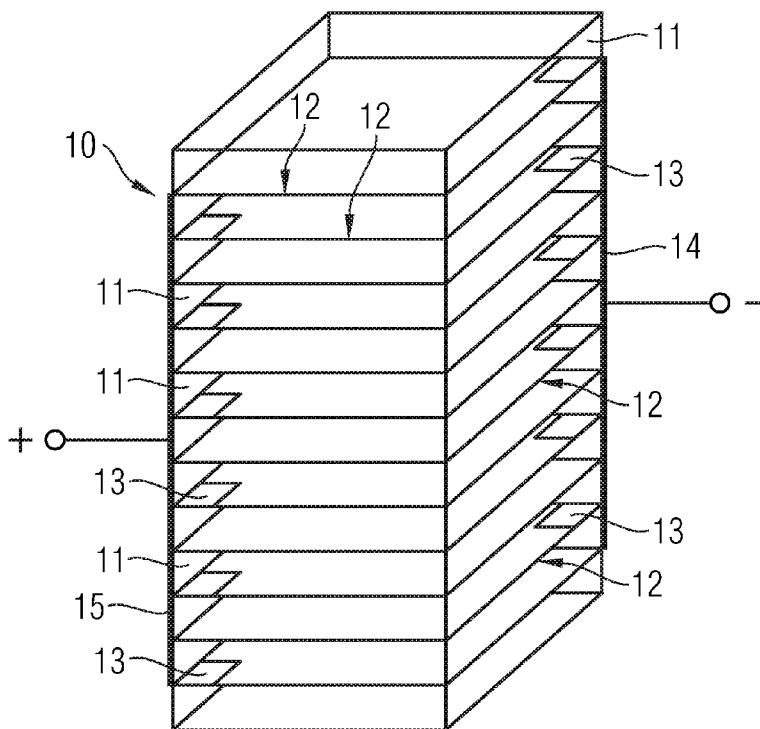
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR POLARIZING A PIEZOELECTRIC ELEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM POLARISIEREN EINES PIEZOELEKTRISCHEN ELEMENTS

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for polarizing a piezoelectric element. The piezoelectric element is subjected to voltage pulses for a first period of time, the pulse amplitude of said pulses being selected such that polarity cracks form within the piezoelectric element. The piezoelectric element is further subjected to pulses for a second period of time, the pulse amplitude of said pulses increasing from a starting pulse amplitude to a maximum amplitude value.

(57) Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Polarisieren eines piezoelektrischen Elements. Das piezoelektrische Element wird für eine erste Zeitdauer mit Spannungspulsen beaufschlagt, deren Pulsamplitude derart gewählt ist, dass sich Polungsrisse innerhalb des piezoelektrischen Elements ausbilden. Ferner wird das piezoelektrische Element für eine zweite Zeitdauer mit Pulsen beaufschlagt, deren Pulsamplitude ausgehend von einer Ausgangspulsamplitude bis

auf einen maximalen Amplitudenwert ansteigt.

WO 2009/047048 A1



PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

(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,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Beschreibung

Verfahren zum Polarisieren eines piezoelektrischen Elements

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Polarisieren eines piezoelektrischen Elements gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

Piezoelektrische Elemente, die beispielsweise als Piezoaktoren zur Kraftstoffeinspritzung in Brennkraftmaschinen zum
10 Einsatz kommen, bestehen aus gemeinsam gesinterten Stapeln von Piezokeramiksichten mit jeweils zwischen den Piezokeramiksichten liegenden Metallelektroden. Die einzelnen Metallelektroden sind jeweils alternierend mit dem Plus- bzw.
15 Minuspol einer Spannungsquelle verbunden, über die an dem piezoelektrischen Element Spannung zur Polarisierung zugeführt wird. Um die piezoelektrischen Elemente zu polarisieren, wird an diese durch die Metallelektroden ein Polarisationsfeld angelegt. Infolge der Polarisierung ergibt sich eine
20 geordnete Verteilung der in Feldrichtung in den Kristallen der Keramik ausgerichteten Domänen gegenüber dem ursprünglich unpolarisierten Ausgangszustand.

Im Anschluss an die Polarisierung ist das piezoelektrische Element bleibend in Richtung des angelegten Felds verlängert.
25 Durch diese Verlängerung können im piezoelektrischen Element Zugspannungen in dem durch die Feldeinwirkung nicht verlängerten Bereich der Keramiksichten auftreten, wodurch sich innerhalb der Keramiksichten Polungsrisse ausbilden können,
30 die die Betriebsdauer des piezoelektrischen Elements verkürzen.

In der Offenlegungsschrift A1 wird ein Verfahren zum Polarisieren einer Piezokeramik beschrieben, bei dem ausgehend von

einer Mindestspannung die Amplitude der Polungspulse, die mit einer festen Frequenz abgegeben werden, kontinuierlich bis zum Maximalwert angehoben wird und dann mit diesem Maximalwert der Aktor weiter pulsend gepolt wird.

5

Bedingt durch die geometrische Form der piezoelektrischen Elemente existieren aber Schwachstellen innerhalb der Keramikschichten des piezoelektrischen Elements, bei denen eine Rissbildung die Betriebsdauer des piezoelektrischen Elements stärker verkürzt, als eine Rissbildung außerhalb dieser Schwachstelle.

10

Die der vorliegenden Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe besteht nun darin, die Betriebsdauer des piezoelektrischen Elements zu verlängern.

15

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

20

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass die Pulsamplitude der ersten Zeitdauer derart gewählt ist, dass sich Polungsrisse innerhalb des piezoelektrischen Elements ausbilden. Ferner ist in der zweiten Zeitdauer die Pulsamplitude derart gewählt, dass das piezoelektrische Element möglichst schonend gepolt wird.

25

Das Beaufschlagen des piezoelektrischen Elements für eine erste Zeitdauer mit einer vorgebbaren Anzahl von Pulsen mit vorgebbarer Pulsamplitude bietet den Vorteil, dass die Polungszeit verkürzt wird. Ferner wird die Pulsamplitude derart gewählt, dass dadurch innerhalb des piezoelektrischen Elements Polungsrisse gezielt erzeugt werden und somit die Betriebsdauer des piezoelektrischen Elements verlängert wird.

30

Einzelheiten der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Figur 1: eine schematische Ansicht eines Aufbaus eines piezo-
5 elektrischen Elements, und
Figur 2: einen Pulsverlauf zum Polarisieren des piezoelektri-
schen Elements.

Figur 1 zeigt eine schematisch Ansicht eines Aufbaus eines
10 piezoelektrischen Elements. Ein piezoelektrisches Element 10
besteht aus mehreren übereinander angeordneten Piezokeramik-
schichten 11, zwischen denen jeweils eine Metallelektrode 12
angeordnet ist. Die einzelnen Metallelektroden 12 weisen an
einer ihrer Ecken jeweils eine Aussparung 13 auf, wobei die
15 Aussparung 13 abwechselnd an jeweils gegenüberliegenden Ecken
aufeinander folgenden Metallelektroden 12 angeordnet ist. An
den beiden Ecken sind jeweils diejenigen Metallelektroden 12,
die dort keine Aussparung aufweisen, untereinander verbunden
und an den Plus- bzw. Minuspol einer Spannungsquelle ange-
20 schlossen.

Mittels einer an den Elektroden 14, 15 anliegenden Spannung
wird ein Feld zum Polarisieren des piezoelektrischen Elements
und im Anschluss an die Polarisierung zum Betrieb des piezo-
25 elektrischen Elements erzeugt. Die an den Elektroden 14, 15
anliegende Spannung wird durch eine in der Figur 1 nicht
sichtbare Spannungsquelle bereitgestellt. Ferner wird durch
die Aussparungen 13 sichergestellt, dass eine Metallelektrode
12 jeweils nur mit einer Elektrode 14 verbunden ist.

30

Figur 2 zeigt einen Pulsverlauf zum Polarisieren des piezo-
elektrischen Elements. Zum Polarisieren des piezoelektrischen
Elements wird diesem ein bestimmter Pulsverlauf für eine vor-
gebbare Zeitdauer t mit einer bestimmten Pulsamplitude A zu-

geführt. Das piezoelektrische Element wird dabei vorzugsweise mit einem Spannungsimpuls beaufschlagt.

Dem piezoelektrischen Element wird für eine erste Zeitdauer
5 t1 eine bestimmte Anzahl von Spannungsimpulsen mit einer konstanten Pulsamplitude A1 zugeführt. Die Pulsamplitude A1 ist dabei derart gewählt, dass sich innerhalb des piezoelektrischen Elements erste Polungsrisse ausbilden. Mittels der gezielten Erzeugung dieser Polungsrisse soll der Einfluss der
10 Polungsrisse, die sich in den durch die geometrische Form des piezoelektrischen Elements bedingten Schwachstellen bilden, auf die Lebensdauer des piezoelektrischen Elements verringert werden.

15 Im Anschluss an die erste Zeitdauer t1 wird das piezoelektrische Element für eine zweite Zeitdauer t2 mit weiteren Spannungsimpulsen beaufschlagt. Dabei ist die Ausgangsamplitude A2 des ersten Spannungsimpulses I1 und die folgenden Pulsamplituden der zweiten Zeitdauer t2 derart gewählt, dass eine
20 Bildung von Polungsrisse möglichst vermieden werden soll. Ausgehend von der Ausgangsamplitude A2 steigt die Pulsamplitude, die dem piezoelektrischen Element innerhalb der Zeitdauer t2 zugeführt wird, bis ein maximaler Amplitudenwert Amax erreicht wird. Der Anstieg der Pulsamplitude von der Ausgangsamplitude A2 bis zum maximalen Amplitudenwert Amax erfolgt vorzugsweise linear. Mit diesem maximalen Amplitudenwert Amax wird das piezoelektrische Element bis zum Ende der
25 zweiten Zeitdauer t2 und damit der Polarisation beaufschlagt. Mittels des Polungsverlauf wird eine schonende Polarisierung
30 des piezoelektrischen Elements sichergestellt.

Die Zeitdauern der einzelnen Pulsimpulse können dabei unterschiedlich lang sein und müssen nicht auf den in dieser Aus-

föhrungsform vorgestellten dreieckförmigen Pulsimpuls beschränkt sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Polarisieren von piezoelektrischen Elementen, insbesondere Piezoaktoren, die aus einer Vielzahl von
5 Piezokeramiksichten und jeweils zwischen zwei Piezokeramiksichten liegenden Metallelektroden gebildet sind und die Metallelektroden alternierend mit je einem Pol einer Spannungsquelle verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallelektroden für eine erste Zeitdauer mit einer vor-
10 gebbaren Anzahl von Spannungspulsen beaufschlagt werden, deren Pulsamplitude derart gewählt ist, dass sich Polungsrisse innerhalb des piezoelektrischen Elements ausbilden, und dass die Metallelektroden für eine zweite Zeitdauer mit Spannungspulsen beaufschlagt werden, deren Ausgangsamplitude kleiner
15 ist als die Pulsamplitude der Spannungspulse der ersten Zeitdauer, und dass die Pulsamplitude innerhalb der zweiten Zeitdauer, ausgehend von dieser Ausgangsamplitude auf einen maximalen Amplitudenwert ansteigt, der oberhalb der Pulsamplitude der ersten Zeitdauer liegt und bis zum Ende der zweiten Zeit-
20 dauer konstant gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer der einzelnen Pulse unterschiedlich lang ist.
- 25 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsamplitude der einzelnen Pulse der ersten Zeitdauer konstant ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-
30 durch gekennzeichnet, dass die Pulsamplitude für die zweite Zeitdauer ausgehend von einer Ausgangspulsamplitude bis auf einen maximale Amplitudenwert linear ansteigt.

FIG 1

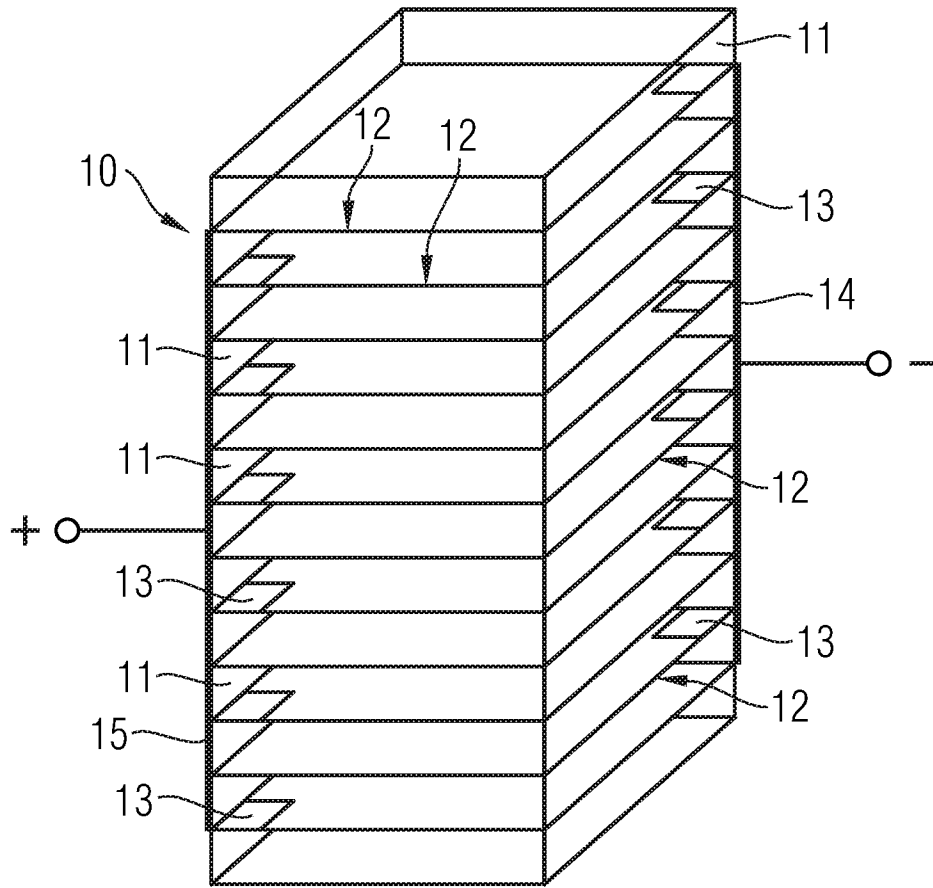
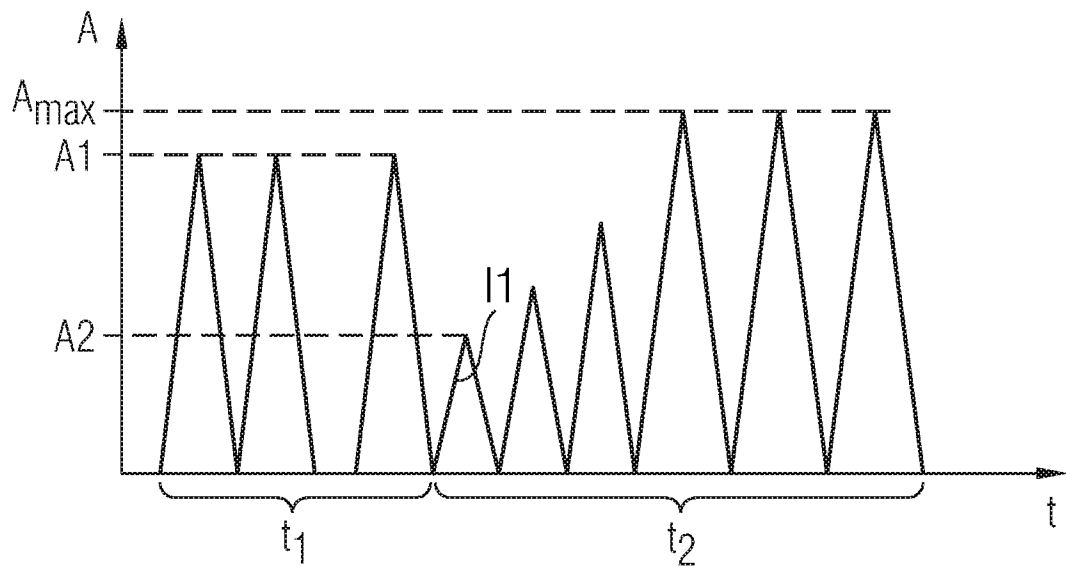


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/061481

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. 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)
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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/109501 A (NGK INSULATORS LTD [JP]; OHNISHI TAKAO [JP]; YAMADA TOMOHIRO [JP]; NEH) 19 October 2006 (2006-10-19)	1-4
A,P	-& US 2008/030102 A1 (OHNISHI TAKAO [JP] ET AL) 7 February 2008 (2008-02-07)	1-4
A	WO 03/065468 A (SIEMENS AG [DE]; VOIGT ANDREAS [DE]; GOLLER MATTHIAS [DE]; KOHN STEFAN) 7 August 2003 (2003-08-07)	1-4

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

21 November 2008

Date of mailing of the international search report

02/12/2008

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

Koskinen, Timo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/061481

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006109501 A	19-10-2006	EP 1865311 A1	12-12-2007
		US 2008030102 A1	07-02-2008
US 2008030102 A1	07-02-2008	EP 1865311 A1	12-12-2007
		WO 2006109501 A1	19-10-2006
WO 03065468 A	07-08-2003	AT 308119 T	15-11-2005
		DE 50301490 D1	01-12-2005
		EP 1470595 A2	27-10-2004
		US 2005017416 A1	27-01-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/061481

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L41/24

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2006/109501 A (NGK INSULATORS LTD [JP]; OHNISHI TAKAO [JP]; YAMADA TOMOHIRO [JP]; NEH) 19. Oktober 2006 (2006-10-19)	1-4
A,P	-& US 2008/030102 A1 (OHNISHI TAKAO [JP] ET AL) 7. Februar 2008 (2008-02-07)	1-4
A	WO 03/065468 A (SIEMENS AG [DE]; VOIGT ANDREAS [DE]; GOLLER MATTHIAS [DE]; KOHN STEFAN) 7. August 2003 (2003-08-07)	1-4

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 erfindersicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindersicher 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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
21. November 2008	02/12/2008

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 Koskinen, Timo
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/061481

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006109501 A	19-10-2006	EP 1865311 A1	12-12-2007
		US 2008030102 A1	07-02-2008
US 2008030102 A1	07-02-2008	EP 1865311 A1	12-12-2007
		WO 2006109501 A1	19-10-2006
WO 03065468 A	07-08-2003	AT 308119 T	15-11-2005
		DE 50301490 D1	01-12-2005
		EP 1470595 A2	27-10-2004
		US 2005017416 A1	27-01-2005