

(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
4. September 2003 (04.09.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/073524 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷:
41/083

H01L 41/22,

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, US.

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE03/00305

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

(22) Internationales Anmeldedatum:

4. Februar 2003 (04.02.2003)

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten JP, europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR)

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

(30) Angaben zur Priorität:

102 07 292.2

21. Februar 2002 (21.02.2002)

DE

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

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

(72) Erfinder; und

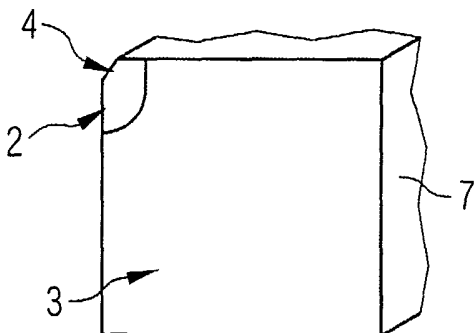
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHÜRZ, Willibald** [AT/DE]; Lindenweg 3, 93188 Pielenhofen (DE).

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.

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

(54) Title: PIEZOSTACK AND METHOD FOR PRODUCING A PIEZOSTACK

(54) Bezeichnung: PIEZOSTACK UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES PIEZOSTACKS



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a piezostack, whereby the asymmetry of the electrically inactive zones (2, 2.1, 2.2) in a piezostack (5) having electrically inactive zones (2, 2.1, 2.2) on a plurality of sides thereof is determined, and the electrically inactive zone with an oversize is then reduced until the asymmetry reaches an acceptable proportion.

(57) Zusammenfassung: Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Piezostacks weist folgende Schritte auf. Bei einem Piezostack (5) mit auf mehreren Seiten des Piezostacks (5) angeordneten elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) wird zuerst die Unsymmetrie der elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) bestimmt. Anschließend wird die elektrisch inaktive Zone (2, 2.1, 2.2) mit Übergröße so lange verkleinert, bis die Unsymmetrie ein zulässiges Maß erreicht.

WO 03/073524 A2

Beschreibung

Piezostack und Verfahren zur Herstellung eines Piezostacks

- 5 Die Erfindung betrifft einen Piezostack und ein Verfahren zur Herstellung eines Piezostacks, wie er beispielsweise für Aktoren zum Antrieb von Kraftstoffinjektoren im Motoren- und Kraftfahrzeugbau verwendet werden kann.
- 10 Bisher bekannte Vielschicht-Piezoaktoren werden in einem Fertigungsverfahren hergestellt, welches im Wesentlichen die folgenden Prozessschritte aufweist. In einem ersten Schritt wird eine Folie hergestellt, die in einem zweiten Schritt bedruckt, in einem dritten Schritt gestapelt und in einem vier-
- 15 ten Schritt zu einer Scheibe oder einem Block mit einer Abmessung von beispielsweise 10 x 10 cm gepresst wird. In einem fünften Schritt erfolgt die Trennung, der Scheibe in mehrere beispielsweise 5 mm breite Piezostacks. Die Trennung kann zum Beispiel durch Sägen erfolgen. Anschließend werden in einem
- 20 sechsten Schritt die Piezostacks entbindert. Das heißt, das Bindemittel in Form von Kunstharz, mit dem das Keramikpulver gemischt und zu Folien verarbeitet wurde, wird wieder ausgetrieben. In einem siebten Schritt werden die Piezostacks gesintert und in einem achten Schritt geschliffen. In einem
- 25 neunten Schritt werden die Piezostacks metallisiert, das heißt mit einem Außenleiter für die elektrische Kontaktierung versehen, in einem zehnten Schritt erfolgt die Einbrennung, in einem elften Schritt das Löten der Außenkontaktierung, in einem zwölften Schritt das Vergießen, in einem dreizehnten
- 30 Schritt der Einbau in ein Gehäuse und in einem vierzehnten Schritt das elektrische Polen.

Die Außenelektroden, in der Regel sind dies zwei, erstrecken sich über die Längsseite des Piezostacks und liegen zueinander diagonal gegenüber. Um zu verhindern, dass jede Innen-

35 elektrode mit jeder Außenelektrode elektrisch in Verbindung kommt, sind auf jeder Schicht des Piezostacks ebenfalls zu-

einander diagonal gegenüberliegende elektrisch inaktive Zonen vorhanden.

Ein entsprechender prinzipieller Aufbau eines Vielschicht-
5 Keramikaktors ist in Figur 1 gezeigt. Die einzelnen Keramik-
schichten 7 sind durch metallische Innenelektroden 3, deren
Schichtstärke wenige μm beträgt, voneinander getrennt. Durch
die elektrisch inaktiven Zonen 2.1 und 2.2 der Innenelektro-
den 3, welche in dieser Ausführungsform zueinander diagonal
10 gegenüberliegend im äußeren Bereich des Piezostacks 5 ange-
ordnet sind, ist es möglich, über eine Außenmetallisierung 1
im Bereich der inaktiven Zonen 2, die Innenelektroden 3 ab-
wechselungsweise auf unterschiedliches elektrisches Potential
zu legen. Die dabei in den Piezoaktor eingebrachten elektri-
15 schen Ladungen bewirken die Längenänderung des Piezoaktors.

Um eine reine Längenänderung des Piezoaktors ohne Verkrümmung
entlang der Längsachse 6 zu erreichen, ist es erforderlich,
dass die elektrisch inaktiven Zonen 2 nur innerhalb sehr en-
20 ger Toleranzen in ihrer Größe und Lage unterschiedlich sein
dürfen. Die Verkrümmung des Piezostacks 5 ist insbesondere
dann ausgeprägt, wenn sich die elektrisch inaktiven Zonen 2
einer Seite in ihrer Größe deutlich von den elektrisch inak-
tiven Zonen der gegenüberliegenden Seite unterscheiden.

25 Um die Verkrümmung des Piezostacks 5 unterhalb einer zulässi-
gen Grenze zu halten, sind die Toleranzanforderungen an die
Größe und die Lage der elektrisch inaktiven Zonen derart
hoch, dass diese bisher durch ein kostengünstiges Fertigungs-
30 verfahren nicht prozesssicher erreicht werden können.

Eine Möglichkeit den Nachteil der Verkrümmung des Piezostacks
während einer Längenänderung zu vermeiden, besteht darin, die
Verkrümmung zu kompensieren. Dies geschieht, indem der Pie-
35 zostack auf eine Membran gestellt wird, welche sich radial am
Piezoaktorgehäuse abstützt. Mit einer derartigen Führung wird
ein seitliches Auslenken vermieden. Diese Ausführungsform be-

seitigt jedoch die Verkrümmung des Piezostacks nicht und hat zudem den Nachteil, dass sie durch die Membran mehr Bauraum in Anspruch nimmt.

5 Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Piezostacks anzugeben, bei dem der nach diesem Verfahren hergestellte Piezostack bei einer Längenänderung eine geringere Verkrümmung aufweist als dies bisher der Fall ist.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Piezostacks hat zudem den Vorteil, dass der nach diesem Verfahren hergestellte Piezostack mit einem geringeren Bauraum auskommt als die zuvor beschriebene Ausführungsform.

15

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Herstellung eines Piezostacks mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen und durch einen Piezostack mit den im Patentanspruch 12 angegebenen Merkmalen gelöst.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Piezostacks weist folgende Schritte auf. Bei einem Piezostack mit auf mehreren Seiten des Piezostacks angeordneten elektrisch inaktiven Zonen, wird zuerst die Unsymmetrie der elektrisch inaktiven Zonen bestimmt. Anschließend werden die elektrisch inaktiven Zonen mit Übergröße so lange verkleinert, bis die Unsymmetrie ein zulässiges Maß erreicht.

25

Der erfindungsgemäße Piezostack weist auf mehreren Seiten elektrisch inaktive Zonen auf. Zur Vereinheitlichung der Größen der elektrisch inaktiven Zonen, ist eine Fase entlang des Piezostacks im Bereich der elektrisch inaktiven Zonen mit Übergröße vorgesehen.

30

35 Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Piezostacks und des erfindungsgemäßen

Piezostacks ergeben sich aus den in den abhängigen Patentansprüchen angegebenen Merkmalen.

Bei der Weiterbildung gemäß Patentanspruch 2 werden zur Bestimmung der Unsymmetrie der elektrisch inaktiven Zonen die inaktiven Zonen vermessen.

Vorteilhafter Weise sind Maße, die zur Bestimmung der Unsymmetrie herangezogen werden, die Breiten der elektrisch inaktiven Zonen.

Bei einer weiteren Ausführungsform erfolgt die Vermessung durch ein optisches Messverfahren.

Es ist von Vorteil, wenn bei dem optischen Messverfahren eine digitale Bildverarbeitung angewendet wird. Dadurch kann schnell, einfach, sicher und mit gleichbleibender Qualität die Unsymmetrie der elektrisch inaktiven Zonen bestimmt werden.

Die Verkleinerung der inaktiven Zonen kann dadurch erfolgen, dass sie angeschliffen werden.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Kante des Piezostacks, bei der sich die elektrisch inaktiven Zonen des Piezostacks befinden, angeschliffen.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird durch das Verkleinern der elektrisch inaktiven Zonen eine Fase erzeugt.

Vorteilhafter Weise ist der Fasenwinkel einstellbar. Dadurch kann sowohl die eine als auch die andere Seite der elektrisch inaktiven Zonen, welche die Übergröße aufweisen, auf die Maße der gegenüberliegenden inaktiven Zonen angepasst werden.

Zudem ist es von Vorteil, wenn über die Länge der Kante des Piezostacks die Fase mit einem bestimmten Profil erzeugt werden kann. Eine über die Länge des Piezostacks ungleichmäßig verteilte Unsymmetrie der elektrisch inaktiven Zonen kann dadurch beseitigt werden.

In einer Weiterbildung wird auf dem Piezostack eine Außenmetallisierung aufgebracht, um die elektrisch aktiven Zonen miteinander zu verbinden.

Schließlich weist bei einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Piezoaktors die Fase des Piezoaktors über die Länge des Piezostacks ein von der Übergröße der elektrisch inaktiven Zonen abhängiges Profil auf. Damit wird erreicht, dass eine sich über die Länge des Piezostacks verändernde Unsymmetrie der elektrisch inaktiven Zonen ausgeglichen werden kann.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von zwei Figuren weiter erläutert.

Figur 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Piezostacks in einer dreidimensionalen Ansicht.

Figur 2 zeigt eine Schicht des Piezostacks in der Draufsicht.

Der Piezostack 5 in seiner Ausgangsform, wie er in Figur 1 prinzipiell gezeigt ist, ist grundsätzlich, wie in den Schritten eins bis vierzehn in der Beschreibungseinleitung beschrieben, hergestellt und aufgebaut. Der Piezostack 5 weist eine Vielzahl von Keramikschichten 7 auf, die beidseitig mit einer elektrisch aktiven Zone, im Folgenden auch als Innenelektrode 3 bezeichnet, versehen sind. Zusätzlich weisen die Keramikschichten 7 auch elektrisch inaktive Zonen 2 auf. In der Figur 1 ist eine elektrisch inaktive Zone 2.1 einer n-ten Keramikschicht und eine elektrisch inaktive Zone 2.2 einer n+1-ten Keramikschicht gezeigt. An den Kanten des Pie-

zostacks 5, an denen die elektrisch inaktiven Zonen 2, 2.1, 2.2 angeordnet sind, befindet sich eine Außenmetallisierung 1 oder Außenleiter, welche dazu dient, die elektrisch aktiven Zonen 3 elektrisch miteinander zu verbinden. Die elektrisch inaktiven Zonen 2, 2.1, 2.2 dienen, wie bereits eingangs erwähnt, dazu, dass nicht alle elektrisch aktiven Zonen 3 miteinander über den Außenleiter 1 elektrisch verbunden sind. Die zwei angeordneten Außenmetallisierungen 1, 8 sind an gegenüber liegenden Eckbereichen des Piezostacks 5 angebracht. Die aktiven Zonen 3 sind abwechselnd mit einer der zwei Außenmetallisierungen 1, 8 verbunden. Durch das Anlegen unterschiedlicher Spannungen an die zwei Außenmetallisierungen 1, 8 wird ein elektrisches Feld an eine Keramikschiicht 7 angelegt, die von zwei Zonen 3 begrenzt ist. Abhängig vom elektrischen Feld dehnt sich die Keramikschiicht 7 aus oder zieht sich zusammen. In entsprechender Weise verhalten sich alle Keramikschiichten 7, so dass es zu einer Verlängerung oder Verkürzung des Piezostack 5 kommt. In Figur 1 ist dies exemplarisch gezeigt. Nur jeweils jede zweite elektrisch aktive Zone 3 einer Seite des Piezostacks ist mit dem gleichen Außenleiter 1, 8 verbunden.

Beim Zertrennen oder Zersägen der Vielschiicht-Keramikschiiche in mehrere Piezostacks und Schleifen der Piezostacks auf ihre Sollmaße, entsteht in der Regel, bedingt durch Fertigungstoleranzen, eine Unsymmetrie bezüglich der elektrisch inaktiven Zonen 2.1, 2.2. Das heißt, die eine oder die andere Kante, an der die elektrisch inaktiven Zonen 2.1, 2.2 angeordnet sind, weist unterschiedlich große elektrisch inaktive Zonen 2.1, 2.2 auf. Um diese Unsymmetrie zu beseitigen, wird die Kante, an der sich die größeren elektrisch inaktiven Zonen 2.1, 2.2 befinden, mit einer Fase 4 versehen, so dass die Länge und Breite der elektrisch inaktiven Zonen 2.1, 2.2 verkleinert wird. Das Ergebnis dieser Bearbeitung ist in Figur 2 gezeigt.

Wird beim Zersägen nicht exakt rechtwinklig gearbeitet, so entsteht über die Länge des Piezostacks 5 eine unterschiedli-

che Verteilung der Unsymmetrie. Es kann sein, dass am einen Ende des Piezostacks 5 keine und am anderen Ende eine erhebliche Unsymmetrie vorliegt. Dem kann beim Schleifen der Kante entgegnet werden, indem die durch das Schleifen der Kante entstehende Fase 4 ein über die Länge des Piezostacks 5 verändertes Profil erhält. Das bedeutet, dass auf der Seite, auf der kein Fehler vorhanden ist, keine Fase 4 angebracht wird und zu der Seite hin, auf der die Unsymmetrie erheblich ist, die Fase 4 zunimmt.

10

Der Fasenwinkel kann so gewählt werden, dass die Unsymmetrie weiter reduziert wird.

15

Es ist auch möglich an beiden zueinander diagonal gegenüberliegenden Kanten des Piezostacks, an denen die elektrisch inaktiven Zonen 2.1, 2.2 angeordnet sind, jeweils eine Fase 4 derart anzubringen, dass die elektrisch inaktiven Zonen 2, 2.1, 2.2 gleiche Abmaße erhalten.

20

Im Hinblick auf die Fertigungskosten erscheint es jedoch günstiger, lediglich eine Fase 4 am Piezostack 5 anzubringen, da damit ein zusätzlicher Schleifvorgang entfällt.

25

Die Vermessung der elektrisch inaktiven Zonen erfolgt durch ein optisches Verfahren und eine digitale Bildverarbeitung. Die Unsymmetrie wird aus den gewonnenen Messwerten errechnet. Dazu werden mittels einer Kamera die Außenflächen des Piezostacks 5 aufgenommen und die Bilder einer digitalen Bildverarbeitungseinheit zugeführt. Da auf den von der Kamera gelieferten Bildern die Länge und die Lage der Innenelektroden 3 des Piezostacks 5 erkennbar sind, kann anhand dieser Werte ausgewertet werden, auf welcher Seite des Piezostacks 5 die größeren elektrisch inaktiven Zonen vorhanden sind. Eine Kameraaufnahme des Piezostacks 5 im Querschnitt ist somit nicht erforderlich. Für eine ausreichend genaue Bestimmung der Unsymmetrie genügt die Kenntnis über die äußerlich am Piezostack 5 erkennbaren Dimensionen, vorzugsweise der Breite,

35

der elektrisch inaktiven Zonen 2, 2.1, 2.2 oder der elektrisch aktiven Zonen 3. Von den Dimensionen der elektrisch aktiven Zonen 3 kann auch auf die Dimensionen der elektrisch inaktiven Zonen 2, 2.1, 2.2 geschlossen werden.

5

Nachdem die Unsymmetrie beseitigt wurde, wird die Außenmetallisierungen 1, 8 auf den Piezostack 5 aufgebracht.

Die Anordnung der Außenleiter 1, 8 der elektrisch inaktiven Zonen 2, 2.1, 2.2 sowie der elektrisch aktiven Zonen 3 ist in den Figuren nur beispielhaft gezeigt. Je nach Anwendungsfall können die Außenleiter 1, 8, die elektrisch inaktiven Zonen 2, 2.1, 2.2 sowie die elektrisch aktiven Zonen 3 ohne weiteres auch anders angeordnet werden. Dadurch wird der Rahmen
15 der Erfindung nicht verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Piezostacks,
das folgende Schritte aufweist:
5 bei einem Piezostack (5) mit auf mehreren Seiten des Piezostacks (5) angeordneten elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) wird die Unsymmetrie der elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) bestimmt,
die elektrisch inaktive Zone (2, 2.1, 2.2) mit Übergröße
10 wird auf ein zulässiges Maß der Unsymmetrie verkleinert.
2. Verfahren nach Patentanspruch 1,
bei dem zur Bestimmung der Unsymmetrie der elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) die elektrisch inaktiven Zonen
15 (2, 2.1, 2.2) vermessen werden.
3. Verfahren nach Patentanspruch 2,
bei dem zur Bestimmung der Unsymmetrie die Breiten der elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) sind herangezogen
20 werden.
4. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 3,
bei dem die Vermessung durch ein optisches Messverfahren erfolgt.
25
5. Verfahren nach Patentanspruch 4,
bei dem beim optischen Messverfahren eine digitale Bildverarbeitung angewendet wird.
- 30 6. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 5,
bei dem die Verkleinerung der elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) dadurch erfolgt, dass die elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) angeschliffen werden.

7. Verfahren nach Patentanspruch 6,
bei dem die Kante des Piezostacks (5) bei der sich die elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) des Piezostacks (5) befinden, angeschliffen wird.

5

8. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 7,
bei dem durch das Verkleinern der elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) eine Fase (4) erzeugt wird.

10 9. Verfahren nach Patentanspruch 8,
bei dem der Fasenwinkel einstellbar ist.

10. Verfahren nach Patentanspruch 7, 8 oder 9,
bei dem über die Länge der Kante des Piezostacks (5) die
15 Fase (4) mit einem bestimmten Profil erzeugt wird.

11. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 10,
bei dem auf dem Piezostack (5) Außenmetallisierungen
(1, 8) aufgebracht werden, um abwechselnd die aufeinander
20 folgenden elektrisch aktiven Zonen (3) miteinander zu
verbinden.

12. Piezostack (5),
bei dem auf mehreren Seiten elektrisch inaktive Zonen (2,
25 2.1, 2.2) vorhanden sind,
bei dem zur Vereinheitlichung der Größen der elektrisch
inaktiven Zonen (2, 2.1, 2.2) eine Fase (4) entlang einer
Seite des Piezostacks (5) im Bereich der elektrisch inak-
tiven Zonen (2, 2.1, 2.2) vorgesehen ist.

30

13. Piezostack nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass
die Fase (4) über die Länge des Piezostacks (5) ein von
der Übergröße der elektrisch inaktiven Zonen (2, 2.1,
2.2) abhängiges Profil aufweist.

35

FIG 1

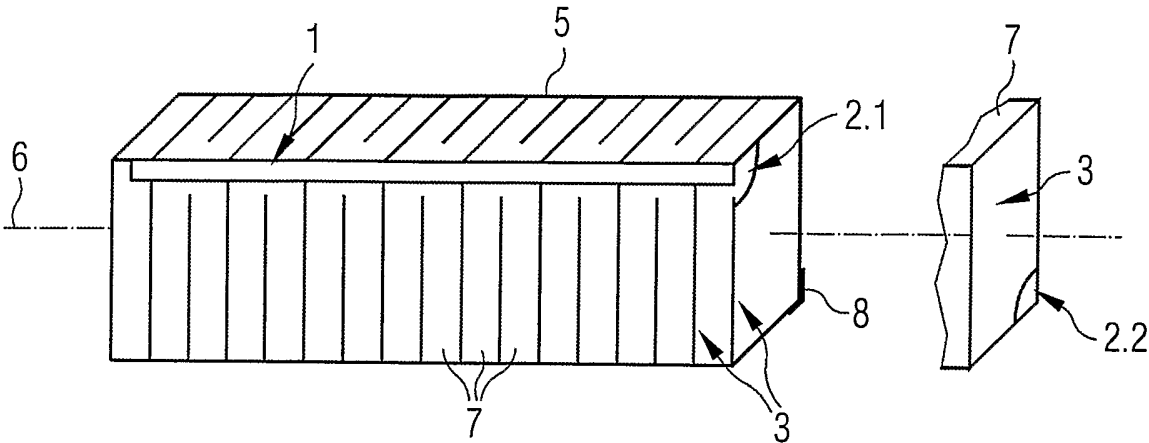


FIG 2

