



(10) **DE 10 2009 057 416 B4** 2011.11.10

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 057 416.6**  
(22) Anmeldetag: **08.12.2009**  
(43) Offenlegungstag: **09.06.2011**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **10.11.2011**

(51) Int Cl.: **H01L 23/42 (2006.01)**  
**H01L 21/58 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE**

(72) Erfinder:  
**Guckenberger, Herbert, 90579, Langenzenn, DE;**  
**Wormuth, Dirk, 12203, Berlin, DE**

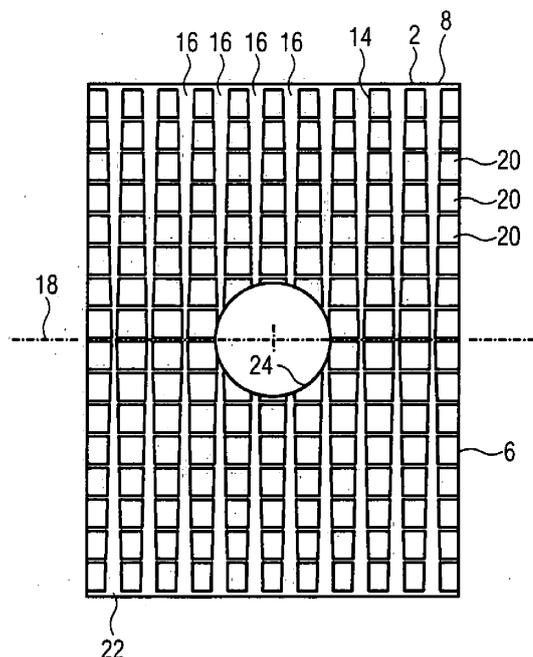
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>103 43 502</b>	<b>B4</b>
<b>DE</b>	<b>10 2007 003824</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>60 59 116</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>52 47 426</b>	<b>A</b>

**Semikron Technical Information, Pre-applied  
thermal paste on Mini SKiiP, 13.09.2007, Version  
2.6**

(54) Bezeichnung: **Leistungshalbleiter-Modul mit strukturierter Wärmeleitpastenschicht**

(57) Hauptanspruch: Leistungshalbleiter-Modul (2) mit einer Modulbodenplatte (8), wobei auf einer dem Leistungshalbleiter-Modul (2) abgewandten Seite (22) der Modulbodenplatte (8) eine strukturierte Wärmeleitpastenschicht (6) aufgebracht ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur der Wärmeleitpastenschicht (6) eine Vielzahl von Stegen (14) aufweist, die senkrecht zu einer Längsmittellinie (18) des Moduls (2) angeordnet und zueinander beabstandet sind, wobei diese Stege (14) jeweils ausgehend von der Längsmittellinie (18) sich beidseitig verjüngen.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Leistungshalbleiter-Modul gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Um ein Leistungshalbleiter-Modul thermisch mit einem Kühlkörper leitend zu verbinden, wird zwischen diesem Modul und dem Kühlkörper eine Wärmeleitpastenschicht verwendet. Diese Wärmeleitpaste wird entweder auf der Modulbodenplatte des Leistungshalbleiter-Moduls oder auf den Kühlkörper aufgetragen. Der Wirkungsgrad einer derartigen thermisch leitenden Verbindung wird bestimmt durch die Wärmeleitfähigkeit der Wärmeleitpaste und deren Schichtdicke. Bekannt sind Schichtdicken bei bekannten Anwendungen von mehr 100 µm. Eine Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit und/oder eine Reduzierung der Schichtdicke führen zu einer verbesserten Wärmeabfuhr aus einem Leistungshalbleiter-Modul und damit zu einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit.

**[0003]** Zum Auftragen der Wärmeleitpaste wird diese mittels einer Rolle oder eines Siebes aufgetragen. Mittels einer Rolle wird die Wärmeleitpaste aufgenommen und auf die Modulbodenplatte eines Leistungshalbleiter-Moduls oder eine Aufnahmefläche des Kühlkörpers übertragen. Durch das Rollen der Wärmeleitpaste ist deren Schicht Dickenschwankungen unterworfen. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Wärmeübergangswerte je nach Schichtdicke. Zu wenig Schichtdicke gleicht Unebenheiten von Modulbodenplatte und Kühlkörper nicht aus. Zu viel Schichtdicke reduziert ebenfalls den Wärmeübergangswert. Nur in einem ganz bestimmten Bereich der Schichtdicke erreicht man den optimalen Wärmeübergangswert.

**[0004]** Wird die Wärmeleitpaste mittels eines Siebes aufgetragen, erfordert diese exakte Kenntnis in der Fertigung Siebdruck mit seinen Parametern. Sind die Parameter nicht geschickt gewählt, ist die Druckdicke nicht innerhalb der gewünschten Grenzen.

**[0005]** Aus der DE 10 2007 003 824 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Aufbringen einer Materialschicht auf einer unebenen Oberfläche bekannt, wobei die Materialschicht eine ebene Oberfläche auf der unebenen zu beschichtenden Oberfläche ausbildet. Für das Aufbringen einer Materialschicht wird eine Schablone verwendet, die über mehrere Öffnungen mit unterschiedlichen Querschnittsflächen verfügt. Diese Schablone ist individuell an ein Höhenprofil einer zu bedeckenden Oberfläche angepasst. Mittels dieser individuell angepassten Schablone wird eine Schicht auf der unebenen Oberfläche aufgetragen, dass diese zwischen Modulbodenplatte und Kühlkörper nach dem Anschrauben des Moduls eine vorgegebene Schichtdicke nicht unterschreitet.

**[0006]** Aus der US 6 59 116 A ist ein Kühlkörper bekannt, der bereichsweise mit Wärmeleitpaste versehen ist. Dieser Kühlkörper ist für den Transport mit einer wieder abnehmbaren Folie bedeckt, damit die Bereiche mit der Wärmeleitpaste nicht zerstört werden. Mittels dieser Bereiche mit Wärmeleitpaste werden Unebenheiten einer Montageplatte eines Kühlkörpers ausgeglichen. Erst wenn dieser Kühlkörper installiert werden soll, wird die abnehmbare Folie von der Montageplatte des Kühlkörpers entfernt.

**[0007]** Die US 5 247 462 A ist auf die Wärmeabfuhr von der Oberfläche eines Halbleiters gerichtet, der betriebsmäßig Bereiche mit höherer und niedrigerer Verlustwärmeentwicklung aufweist. Um die daraus resultierende ungleichmäßige Temperaturverteilung auf der Halbleiteroberfläche zu homogenisieren, wird eine ungleichmäßig wirkende Wärmeabfuhr-Struktur vorgeschlagen. Dazu werden besonders gut wärmeleitende Klebstoffinseln dort gebildet, wo mit hohen oder durchschnittlichen Betriebstemperaturen auf der Halbleiteroberfläche zu rechnen ist. Dagegen wird von Bereichen mit geringer Verlustwärmeentwicklung die Wärme über schlechter wärmeleitende Pfade abgeführt, so dass sich insgesamt eine homogenisierte Temperaturverteilung auf dem Substrat ergibt.

**[0008]** Aus der DE 103 43 502 B4 ist ein Verfahren zum Herstellen einer wärmeleitenden Verbindung zwischen einer Wärmeableitfläche eines Leistungshalbleitermoduls und einem Kühlkörper bekannt, bei dem Wärmeleitpaste zwischen der Wärmeleitfläche und dem Kühlkörper angeordnet wird. Diese Wärmeleitpaste wird mittels einer Schablone mit unterschiedlichen Abmessungen und damit unterschiedlichen Öffnungsweiten aufgetragen. Dadurch wird in vorbestimmten Bereichen des Kühlkörpers Wärmeleitpaste vermindert oder erhöht aufgetragen, so dass eine gewünschte Pastenschichtdicke erzeugt wird. Mittels dieser Schablone wird eine Wärmeleitpaste rasterförmig aufgebracht, wodurch eine reproduzierbare sehr geringe Wärmeleitpasten-Schichtdicke realisiert werden kann.

**[0009]** Im Handel sind Leistungshalbleiter-Module erhältlich, die vom Modulhersteller mit einer strukturierten Wärmeleitpastenschicht versehen sind. Gemäß der technischen Information mit dem Titel "Pre-applied Hurmal paste on MiniSKiiP®" der Firma Semikron vom 13.9.2007, version 2.6, ist die Struktur der Wärmeleitpastenschicht wabenförmig, die mittels Siebdruck auf die Modulbodenplatte des Leistungshalbleiter-Moduls der Firma Semikron aufgebracht ist. Als Wärmeleitpaste wird eine silikonhaltige Paste Wacker® P12 oder Electrolube HTC verwendet.

**[0010]** Trotz der wabenförmigen Struktur der Wärmeleitpastenschicht kann nicht ausgeschlossen werden, dass trotz der Entlüftungskanäle Luft zwischen Modulbodenplatte und Kühlkörper eingeschlossen

werden kann. Lufteinschlüsse haben jedoch den denkbar schlechtesten Wärmeübergangswert. Diese Gefahr von Lufteinschlüssen steigt bei der Verwendung von silikonfreien Wärmeleitpasten.

**[0011]** Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Struktur für die Wärmeleitpastenschicht eines Leistungshalbleiter-Moduls anzugeben, bei dem die Gefahr von Lufteinflüssen, insbesondere bei der Verwendung von silikonfreier Wärmeleitpaste, nicht mehr gegeben ist.

**[0012]** Diese Aufgabe wird mit der erfindungsgemäßen Struktur gemäß dem kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 1 gelöst.

**[0013]** Dadurch, dass die Struktur der Wärmeleitpastenschicht eines Leistungshalbleiter-Moduls eine Vielzahl von zueinander beabstandeten Stegen aufweist, die senkrecht zu einer Längsmittellinie des Moduls angeordnet sind und die sich jeweils von der Längsmittellinie aus beidseitig verjüngen, sind ausreichend Entlüftungskanäle vorgesehen, mittels denen eingeschlossene Luft entweichen kann. Außerdem wird durch diese Struktur erreicht, dass sich die Wärmeleitpaste über die gesamte Modulbodenplatte mit einer definierten Schichtdicke verteilt.

**[0014]** Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Leistungshalbleiter-Moduls ist jeder Steg in einer Vielzahl beabstandeter Flächenelemente unterteilt. Dadurch wird eine konstante Schichtdicke der Wärmeleitpastenschicht über die gesamte Modulbodenplatte eines Leistungshalbleiter-Moduls erreicht.

**[0015]** Außerdem ist diese Struktur derart bemessen, dass ein umlaufender unbehandelter Rand der Modulbodenplatte entsteht, damit nicht bei der Montage des Leistungshalbleiter-Moduls auf einen Kühlkörper Wärmeleitpaste an den Rändern des Leistungshalbleiter-Moduls herausquillt. Aus diesem Grund sind auch die Bereiche der Verschraubungen von der Struktur ausgenommen.

**[0016]** Der Vorteil dieser erfindungsgemäßen Struktur liegt darin, dass diese von den Abmessungen der Modulbodenplatte unterschiedlicher Leistungshalbleiter-Modulen unabhängig ist. Bei allen Leistungshalbleiter-Modulen wird mittels der erfindungsgemäßen Struktur der Wärmeleitpastenschicht erreicht dass nach Montage eines Leistungshalbleiter-Moduls mit strukturierter Wärmeleitpastenschicht, diese Wärmeleitpastenschicht sich gleichmäßig über die Modulbodenplatte verteilt hat, keine Luft eingeschlossen ist und die Wärmeleitpastenschicht eine vorbestimmte Schichtdicke aufweist. Diese Vorteile werden insbesondere dann erreicht, wenn als Wärmeleitpaste eine silikonfreie Paste verwendet wird.

**[0017]** Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der mehrere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Leistungshalbleiter-Moduls schematisch veranschaulicht sind.

**[0018]** **Fig. 1** zeigt ein Leistungshalbleiter-Modul auf einem Kühlkörper, die

**[0019]** **Fig. 2** zeigt eine erfindungsgemäße Struktur einer Wärmeleitpastenschicht auf einer Modulbodenplatte eines Leistungshalbleiter-Moduls nach **Fig. 1** und die

**[0020]** **Fig. 3** bis **Fig. 5** zeigen jeweils unterschiedliche Leistungshalbleiter-Module mit dem erfindungsgemäßen Druckbild der Wärmeleitpastenschicht.

**[0021]** In der **Fig. 1** sind mit **2** ein Leistungshalbleiter-Modul, mit **4** ein Kühlkörper und mit **6** eine Wärmeleitpastenschicht bezeichnet. Dieses Leistungshalbleiter-Modul weist als Modulbodenplatte **8** ein Keramiksubstrat **10** auf, das mit einer Kupferkaschierung **12** versehen ist. Eine dem Kühlkörper **4** zugewandte Seite des Keramiksubstrats **10** weist diese Kupferkaschierung **12** auf. Zwischen der Kupferkaschierung **12** und dem Kühlkörper **4** ist die Wärmeleitpastenschicht angeordnet. Diese Wärmeleitpastenschicht **6** ist strukturiert auf die Kupferkaschierung **12** des Keramiksubstrats **10** aufgetragen. Die folgenden Ausführungen gelten selbstverständlich auch für Leistungshalbleiter-Module **2**, die als Modulbodenplatte **8** eine Kupferplatte aufweisen. Das Leistungshalbleiter-Modul **2** ist mit dem Kühlkörper **4** lösbar befestigt. Um einen vorbestimmten Wärmeübergang zu erreichen, ist dieses Leistungshalbleiter-Modul **2** mit einem vorgegebenen Anzugsmoment lösbar befestigt. Als Leistungshalbleiter-Modul **2** könnte das aus der technischen Information der Firma Semikron erhältliche Leistungshalbleiter-Modul vorgesehen sein, das mit einer aufgedruckten strukturierten Wärmeleitpastenschicht **6** versehen ist.

**[0022]** In der **Fig. 2** ist eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Struktur für die Wärmeleitpastenschicht **6** eines Leistungshalbleiter-Moduls **2** näher dargestellt. Diese Struktur ist derart ausgestaltet, dass eine Vielzahl von Stegen **14** nebeneinander beabstandet angeordnet sind. Diese Stege **14** verjüngen sich von der Mitte eines jeden Steges **14**. Dadurch nehmen die Kanäle **16** jeweils zwischen zwei Stegen **14** in der Breite zu. Dadurch sind diese Kanäle **16** annähernd V-förmig ausgestaltet. Die Stege **14** sind mit ihren Mitten entlang einer Längsmittellinie **18** des Moduls **2** angeordnet. Außerdem ist jeder Steg **14** in eine Vielzahl von beabstandeten Flächenelementen **20** unterteilt.

**[0023]** Diese erfindungsgemäße Struktur einer Wärmeleitpastenschicht **6** ist auf eine dem Leistungshalb-

leiter-Modul **2** abgewandten Seite **22** der Modulbodenplatte **8** aufgebracht. In der Mitte dieser Modulbodenplatte **8** ist eine Bohrung **24** für eine zentrale Befestigung des Moduls **2** auf einen Kühlkörper **4** vorgesehen.

**[0024]** Durch diese Strukturierung der Wärmeleitpastenschicht **6** wird erreicht, dass eventuell eingeschlossene Luft über die Kanäle **16** nach außen entweichen kann. D. h., mit dieser erfindungsgemäßen Struktur der Wärmeleitpastenschicht **6** wird bei der Montage des Leistungshalbleiter-Moduls **2** auf einem Kühlkörper **4** eine gute Entlüftung erreicht. Dadurch erhält man über die gesamte Modulbodenplatte **8** einen konstanten Wärmeübergangswert. Durch diese Segmentierung der Stege **14** in einzelne Flächenelemente **20** erhält man nach erfolgter Montage des Leistungshalbleiter-Moduls **2** auf einen Kühlkörper **4** eine Wärmeleitpastenschicht **6**, die eine definierte Schichtdicke aufweist. Diese Struktur kann wie die bekannte Struktur mittels eines Siebes oder einer Schablone auf die Seite **22** der Modulbodenplatte **8** aufgebracht werden. Diese strukturierte Wärmeleitpastenschicht **6** kann auch auf der Montagefläche des Kühlkörpers **4** aufgebracht werden.

**[0025]** In den **Fig. 3** bis **Fig. 5** sind Modulbodenplatten **8** verschiedener Leistungshalbleiter-Module **2** mit Sicht auf die den Leistungshalbleiter-Modul **2** abgewandten Seite **22** der Modulbodenplatte **8** dargestellt. Diese Leistungshalbleiter-Module **2** unterscheiden sich einerseits von der Flächengröße der Modulbodenplatte **8** und von der Befestigungsart. Bei allen Ausführungsformen der Modulbodenplatte **8** entspricht die strukturierte Wärmeleitpastenschicht **6** annähernd der Modulbodenplatte **8**. D. h., um die auf der Modulbodenplatte **8** aufgebrachte strukturierte Wärmeleitpastenschicht **6** ist ein umlaufender Randbereich **26** der Modulbodenplatte **8** frei von der Wärmeleitpastenschicht **6**.

**[0026]** Dadurch quillt im montierten Zustand des Leistungshalbleiter-Moduls **2** keine Wärmeleitpaste seitwärts heraus.

**[0027]** Durch diese erfindungsgemäße Strukturierung einer Wärmeleitpastenschicht **6** wird erreicht, dass die Wärmeleitpaste sich mit einer konstanten Schichtdicke über die gesamte Modulbodenplatte **8** eines Leistungshalbleiter-Moduls **2** im montierten Zustand erstreckt, wodurch ein definierter Wärmeübergangswert zwischen Modul **2** und Kühlkörper **4** erreicht wird. Dieser über die gesamte Modulbodenplatte **8** einstellender definierte Wärmeübergangswert stellt sich deshalb ein, weil bei der Montage eventuell eingeschlossene Luft über die V-förmigen Kanäle **16** entweichen kann. Diese Entlüftung wird durch die Segmentierung eines jeden Steges **14** in eine Vielzahl von Flächenelementen **20** unterstützt. Diese Strukturierung der Wärmeleitpastenschicht **6** ist be-

sonders vorteilhaft bei der Verwendung von silikonfreien Wärmeleitpasten. Durch das Fehlen von Silikon ist die Fließfähigkeit der Wärmeleitpasten herabgesetzt. Dieses Manko wird jedoch durch die erfindungsgemäße Struktur der Wärmeleitpastenschicht **6** wieder aufgehoben.

### Patentansprüche

1. Leistungshalbleiter-Modul (**2**) mit einer Modulbodenplatte (**8**), wobei auf einer dem Leistungshalbleiter-Modul (**2**) abgewandten Seite (**22**) der Modulbodenplatte (**8**) eine strukturierte Wärmeleitpastenschicht (**6**) aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Struktur der Wärmeleitpastenschicht (**6**) eine Vielzahl von Stegen (**14**) aufweist, die senkrecht zu einer Längsmittellinie (**18**) des Moduls (**2**) angeordnet und zueinander beabstandet sind, wobei diese Stege (**14**) jeweils ausgehend von der Längsmittellinie (**18**) sich beidseitig verzweigen.

2. Leistungshalbleiter-Modul (**2**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Steg (**14**) in einer Vielzahl beabstandeter Flächenelemente (**20**) unterteilt ist.

3. Leistungshalbleiter-Modul (**2**) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stege (**14**) derart längenmäßig dimensioniert sind, dass die Modulbodenplatte (**8**) einen nichtbehandelten Randbereich (**26**) aufweist.

4. Leistungshalbleiter-Modul (**2**) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Stege (**14**) derart bestimmt ist, dass die Modulbodenplatte (**8**) stirnseitig jeweils einen nicht behandelten Randbereich (**26**) aufweist.

5. Leistungshalbleiter-Modul (**2**) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitpaste silikonfrei ist.

6. Leistungshalbleiter-Modul (**2**) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulbodenplatte (**8**) aus Kupfer ist.

7. Leistungshalbleiter-Modul (**2**) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulbodenplatte (**8**) aus Keramik ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

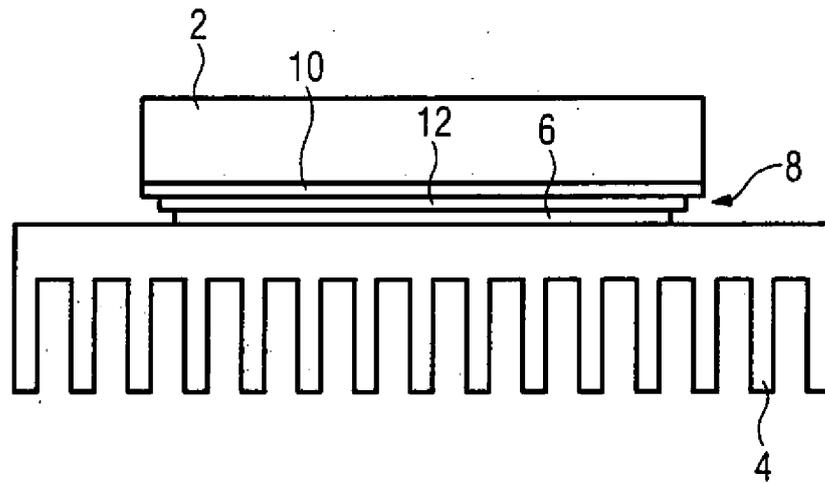


FIG 2

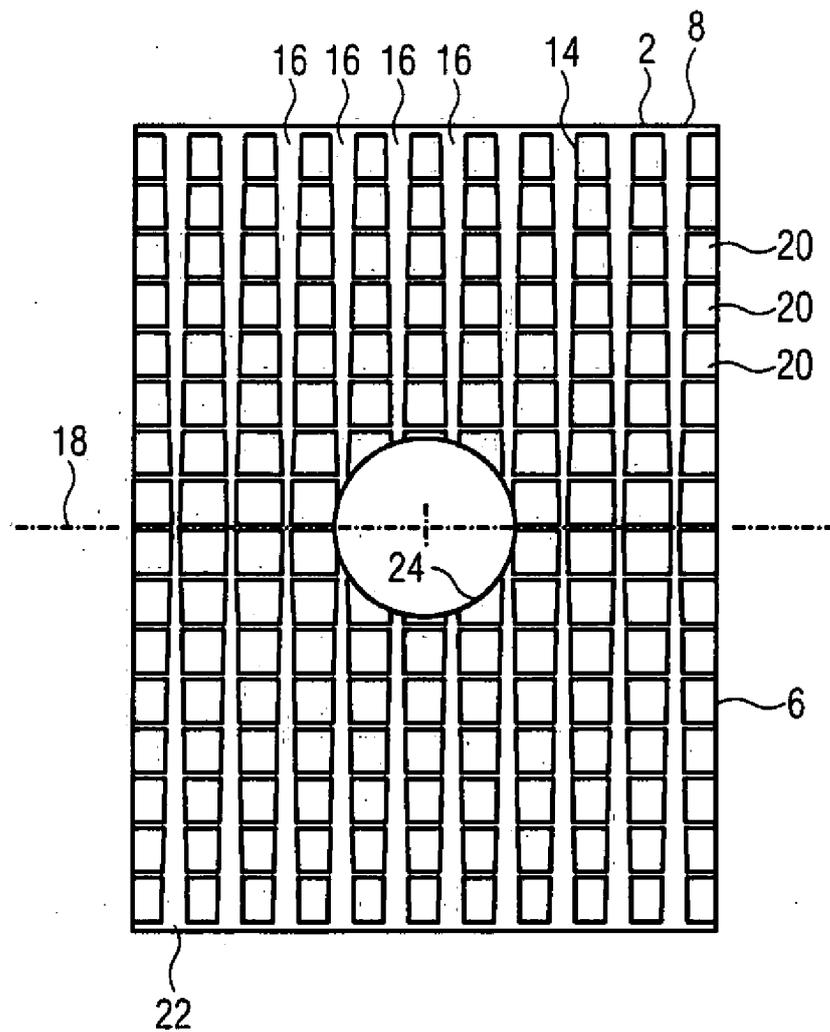


FIG 3

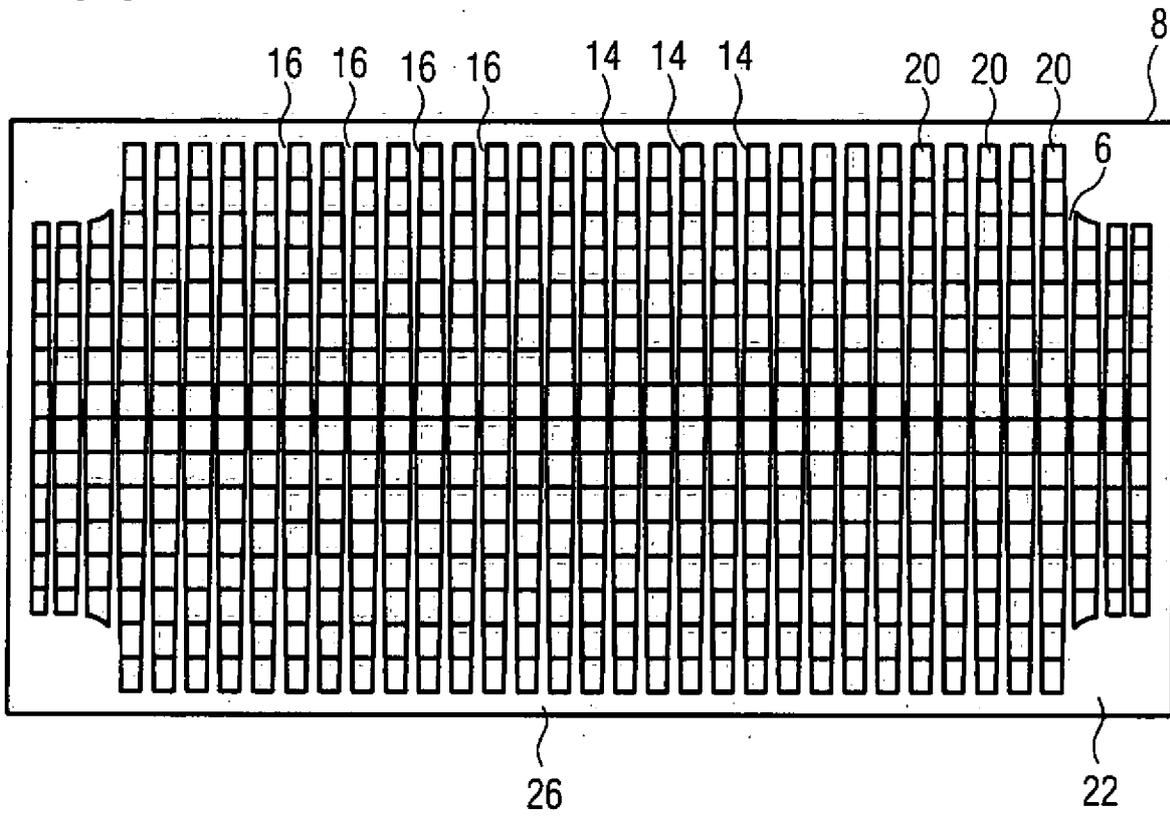


FIG 4

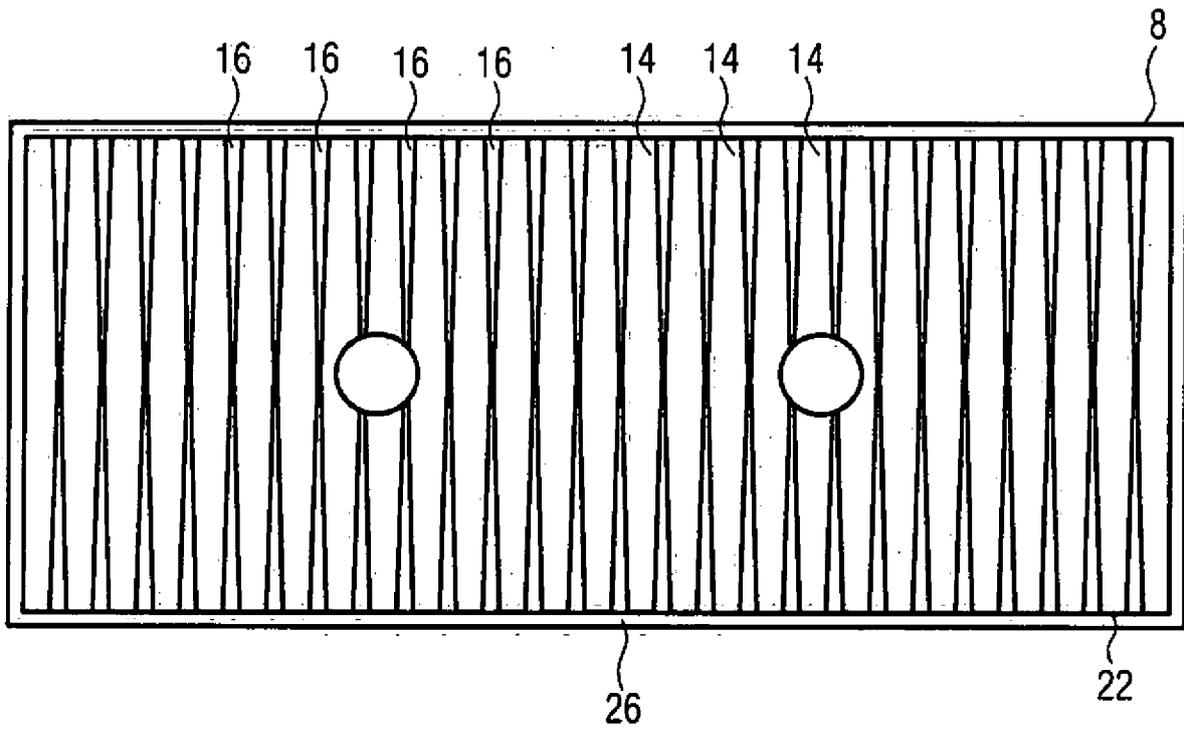


FIG 5

