



(10) **DE 10 2010 022 599 B3** 2011.12.01

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 022 599.1**
(22) Anmeldetag: **31.05.2010**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **01.12.2011**

(51) Int Cl.: **C22C 1/08 (2006.01)**
B22F 1/00 (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

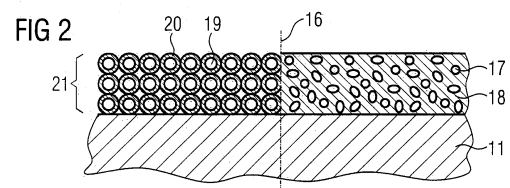
(72) Erfinder:
Heinrichsdorff, Frank, Dr., 15831, Mahlow, DE;
Dahl Jensen, Jens, Dr., 14050, Berlin, DE; Krüger,
Ursus, Dr., 14089, Berlin, DE; Winkler, Gabriele,
13587, Berlin, DE

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

DE	41 01 630	C2
DE	40 18 360	C1
DE	10 2006 020860	B4
AT	4 06 557	B
US	51 51 246	A
WO	2008/1 45 173	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erzeugung eines geschlossenenporigen Metallschaums sowie Bauteil, welches einen geschlossenenporigen Metallschaum aufweist**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines geschlossenenporigen Metallschaums. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Bauteil, in dem ein solcher Metallschaum zum Einsatz kommt. Das Bauteil (11) wird zwecks Bildung des Metallschaums (18) mit geschlossenen Poren (17) vor einer Wärmebehandlung mit einem Verbund (21) aus Partikeln (19) eines Metalls versehen, wobei diese Partikel beispielsweise eine Schicht (20) eines Treibmittels aufweisen können. Alternativ (nicht dargestellt) können das Metall und das Treibmittel auch in mehreren Lagen einer Schicht oder als Gemisch von Partikeln angeordnet sein. Durch die Wärmebehandlung setzt das Treibmittel ein Treibgas frei, wobei erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass das Treibmittel aus Metalloxiden besteht, welche bei einer Temperatur zerfallen, die um bis zu 120°C unter der Solidus-Temperatur des zu schäumenden Metalles liegt. Hierbei können beispielsweise durch Molybdänoxid Zerfallstemperaturen von 1100°C oder Kupferoxid Zerfallstemperaturen von bis zu 1800°C verwirklicht werden. Hierdurch wird es vorteilhaft möglich, Metalle mit vergleichsweise hohen Solidus-Temperaturen von bis zu 1900°C zu Metallschäumen zu verarbeiten. Vorteilhaft entsteht eine größere Vielfalt von erzeugbaren Metallschäumen und daraus folgend eine größere konstruktive Freiheit.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines geschlossenenporigen Metallschaums, bei dem ein Verbund aus einem Metall oder einer Metalllegierung und einem Treibmittel zur Verfügung gestellt wird. Dieser Verbund wird einer Wärmebehandlung unterworfen, wobei die Erwärmung des Verbundes ausreicht, damit das Treibmittel unter Ausbildung von geschlossenen Poren im Verbund ein Treibgas ausbildet. Dies bedeutet, dass die geschlossenen Poren dadurch entstehen, dass das Treibgas entsteht und in den sich ausbildenden geschlossenen Poren gefangen wird.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Bauteil, welches zumindest teilweise aus einem geschlossenenporigen Metallschaum besteht.

[0003] Ein Bauteil mit einer Komponente eines geschlossenenporigen Metallschaums sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung ist beispielsweise aus der US 5,151,246 bekannt. Das Bauteil kann beispielsweise aus einer Hülse bestehen, in dessen Inneren der geschlossenenporige Metallschaum untergebracht ist. Um diese Komponente aus einem geschlossenen Metallschaum herzustellen, werden Treibmittel verwendet, wie z. B. Metallhydride, insbesondere Titanhydrid oder Carbonate, wie z. B. Kalziumcarbonat. Aus diesen Treibmitteln und dem Metall, welches den Metallschaum bilden soll, wird ein Verbund hergestellt, der beispielsweise aus Partikeln beider Stoffe bestehen kann und durch Pressen verdichtet wird. Dieser so gebildete Grünkörper kann anschließend einer Wärmebehandlung unterzogen werden, wobei die Temperatur hoch genug sein muss, damit einerseits eine Verbindung zwischen den einzelnen Pulverteilchen des Metalls erfolgt und andererseits das Treibmittel ein Treibgas ausbildet. Um eine Verbindung zwischen den Metallpartikeln zu gewährleisten, müssen zumindest Diffusionsvorgänge zwischen den Partikeln ermöglicht werden. Hierzu muss eine genügende Erwärmung des metallischen Stoffes erfolgen. Bei den genannten Treibmitteln können Partikel aus Metallen geschäumt werden, welche eine Solidus-Temperatur von bis zu 660° haben.

[0004] Metallschäume werden beispielsweise zur Abdichtung von Gehäusestrukturen verwendet. Gemäß der WO 2008/145173 A1 ist dies z. B. vorteilhaft bei Gasentladungslampen, die in einem Lampenkörper montiert werden. Um eine elektrische Kontaktierung zu ermöglichen, müssen Kontakte aus dem Lampenkörper herausgeführt werden, wobei eine hermetische Abdichtung dieser Durchführungen gewährleistet sein muss, damit kein Sauerstoff in das Lampeninnere gelangt. Das Ausfüllen der Durchführung zwischen Lampenkörper und Metallelektrode kann zuverlässig mittels eines Metallschaums erfolgen.

[0005] Weiterhin muss das ausgewählte Treibmittel hinsichtlich seiner thermischen Eigenschaften so ausgewählt werden, dass es zur Solidus-Temperatur des zu schäumenden Metalls (oder der zu schäumenden Metalllegierung) passt. Hierbei darf die Temperaturdifferenz zwischen der Solidus-Temperatur des Metalls und der geringeren Temperatur, bei der das Treibmittel das Treibgas freisetzt, nicht mehr als 120°C betragen. Nur so ist gewährleistet, dass sich zuverlässig ein Metallschaum bildet. Ist im Folgenden von Metallschäumen die Rede, so sind hiermit auch Schäume aus Metalllegierungen zu verstehen.

[0006] Gemäß der AT 406 557 B ist beschrieben, dass als Treibmittel zur Herstellung von Metallschäumen auch Schwermetalloxide verwendet werden können. Hierbei ist vorgesehen, dass in dem Pulvergemisch, welches als Treibmittel diese Schwermetalloxide enthält, zusätzlich als Treibmittel Kohlenstoff vorgesehen ist, so dass der Sauerstoffanteil des Oxides mit dem Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid reagieren kann. Dieses Gas steht dann als Treibgas zur Ausbildung des Metallschaums zur Verfügung.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung liegt darin, ein Verfahren zur Erzeugung eines geschlossenenporigen Metallschaums sowie ein Bauteil mit einem solchen geschlossenenporigen Metallschaum anzugeben, bei dem Metalle mit Solidus-Temperaturen von mehr als 660°C zum Einsatz kommen können.

[0008] Diese Aufgabe wird mit dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass als Treibmittel ein Metalloxid (oder mehrere Metalloxide) zum Einsatz kommt, wobei als Treibgas bei einem Zerfall des Metalloxids Sauerstoff als Treibgas freigesetzt wird. Die Metalloxide zerfallen nämlich oberhalb bestimmter Temperaturen zu dem im Oxid gebundenen Sauerstoff und dem reinen Metall. Da diese Temperaturen recht hoch sind, können vorteilhaft Metalle zur Herstellung der Metallschäume Verwendung finden, deren Solidus-Temperatur bis 2000°C betragen. Besonders vorteilhaft ist es, Edelmetalloxide zu verwenden, da diese aufgrund ihrer geringeren Affinität zu Sauerstoff leichter in die Metallkomponente und die Sauerstoffkomponente zerfallen, und zwar bei Temperaturen, die für die Bildung von Metallschäumen interessant sind. So zerfallen Iridiumoxid und Platinoxid beispielsweise bei Temperaturen um 1200°C, Rutheniumoxid und Rhodiumoxid bei Temperaturen von ungefähr 1100°C und Molybdändioxid ebenfalls bei 1100°C. Oxide mit höheren Zerfallstemperaturen sind Magnetit mit einer Zerfallstemperatur von 1580°C, Kupfer(I)-Oxid mit einer Zerfallstemperatur von 1800°C und Vanadiumpentoxid mit einer Zerfallstemperatur von 1750°C. Es wird also deutlich, dass die Oxide je nach Solidus-Temperatur des zum Schäumen verwendeten Metalls geeignet ausgewählt werden können, wobei berücksichtigt werden muss, dass die Zerfallstemperatur des

gewählten Metalloxids geringer ausfallen muss, als die betreffende Solidus-Temperatur des verwendeten Metalls, und zwar um bis zu 120°C.

[0009] Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Verbund aus Metallpartikeln oder Metalllegierungspartikeln gebildet ist, wobei zumindest ein Teil dieser Partikel mit einer Schicht des Treibmittels beschichtet ist. Hierbei wird das Treibmittel also bereits vor der Verarbeitung der Metallpartikel zu einem Bauteil (Grünling) so konditioniert, dass bei der Herstellung des Grünlings das Treibmittel bereits in den Grünling eingebaut wird. Die Konzentration des Treibmittels lässt sich durch die Dicke der Beschichtung auf den Partikeln, die Partikelgröße bzw. den Anteil von beschichteten Partikeln im Vergleich zu unbeschichteten Partikeln einstellen. Hierdurch steht vorteilhaft ein sehr genaues Verfahren zur Einstellung der Konzentration an Treibmittel zur Verfügung. Die Konzentration des Treibmittels entscheidet anschließend über die Größe und die Konzentration an Poren in dem Metallschaum und somit auch über dessen Dichte.

[0010] Eine andere Ausgestaltung der Erfindung wird erhalten, wenn der Verbund aus einer Schicht mit mehreren Lagen besteht, wobei aufeinanderfolgende Lagen aus dem Metall oder der Metalllegierung und aus dem Treibmittel vorgesehen sind. Besonders vorteilhaft ist es, wenn Lagen des Treibmittels und Lagen der Metalllegierung oder des Metalls einander abwechseln. Die Konzentration an Treibmittel kann dann durch das Verhältnis der Dicke der Metallschichten zu den Treibmittelschichten eingestellt werden. Allerdings müssen die Lagen hinreichend dünn ausgeführt sein, damit eine gleichmäßige Verteilung des Treibgases in dem Verbund erfolgen kann, so dass auch eine gleichmäßige Verteilung der Poren in dem sich ausbildenden Schaum erfolgt. Hierdurch lassen sich insbesondere größerflächige Bauteile vorteilhaft sehr wirtschaftlich mit Schichten eines Metallschaums überziehen.

[0011] Besonders vorteilhaft ist es, wenn in den Verbund zusätzlich ein Material mit einem negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten eingebracht wird. Dies kann beispielsweise, wie oben für das Treibmittel bereits erläutert, durch Beschichten von Partikeln oder das Vorsehen von Lagen dieses Materials zwischen anderen Lagen des Metalls bzw. des Treibmittels erfolgen. Werden Materialien mit einem negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten in dem Metallschaum vorgesehen, so kann hierdurch der thermische Ausdehnungskoeffizient des Metallschaums beeinflusst werden, der hierdurch sinkt. Voraussetzung ist allerdings, dass das Material thermisch so beständig ist, dass es die zur Bildung des Metallschaumes notwendige Wärmebehandlung übersteht.

[0012] Der durch das Material verringerte thermische Ausdehnungskoeffizient des Metallschaumes ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der Metallschaum mit Bauteilen in Verbindung gebracht wird, welche einen geringeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen als der Metallschaum, bei dem die Komponente des Materials mit dem negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten fehlt. Beispielsweise können Metallschäume durch diese Maßnahme vorteilhaft zuverlässig mit keramischen Bauteilen oder gläsernen Bauteilen verbunden werden. Die Verbindung zwischen dem entsprechenden Bauteil und dem Metallschaum ist durch Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Metallschaum und Bauteil geringeren mechanischen Belastungen ausgesetzt. Insbesondere kann hierdurch erreicht werden, dass eine dichtende Verbindung zwischen dem Metallschaum und dem Bauteil zuverlässiger und über einen längeren Zeitraum erfolgen kann.

[0013] Weiterhin wird die Aufgabe durch ein Bauteil gelöst, bei dem in dem zum Einsatz kommenden Metallschaum die geschlossenen Poren Sauerstoff als Treibgas enthalten. Der Sauerstoff wird als Treibgas durch die bereits erwähnten Metalloxide zur Verfügung gestellt, die bei dem erfindungsgemäßen Bauteil das Treibmittel zur Verfügung stellen. Hierzu eignen sich bei den in dem Bauteil verwendeten Metallschäumen, bestehend aus Metalle mit Solidus-Temperaturen von 1100°C bis 1900°C, lediglich die bereits oben erwähnten Metalloxide, die bei entsprechenden Temperaturen zerfallen und somit den Sauerstoff als Treibgas zur Verfügung stellen. Dabei muss in der bereits beschriebenen Weise das zu schäumende Metall mit seiner Solidus-Temperatur jeweils zum Treibmittel passend ausgewählt werden, d. h. dass die Solidus-Temperatur um bis zu 120°C höher liegt als die Zerfallstemperatur des betreffenden Treibmittels (Metalloxid).

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Bauteils ist vorgesehen, dass dieses als Gehäusestruktur aus einem vom Metallschaum verschiedenen Material mit einer Öffnung aufweisenden Hohlraum ausgebildet ist, wobei die Öffnung durch den Metallschaum verschlossen ist. Hierbei ist vorteilhaft eine hermetische Versiegelung des Hohlraums möglich, da sie zwischen dem Metallschaum und der Gehäusestruktur im Bereich der Öffnung eine innige Verbindung ausbildet. Insbesondere, wenn der Metallschaum hinsichtlich seines thermischen Ausdehnungskoeffizienten in der oben angegebenen Weise an denjenigen der Gehäusestruktur angepasst ist, lässt sich eine hermetische Versiegelung auch bei thermischer Belastung des Bauteils über einen längeren Zeitraum vorteilhaft sicherstellen. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn der Hohlraum durch einen Glaskörper, insbesondere einer Lampe, ausgebildet ist.

[0015] Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind in den einzelnen Figuren jeweils mit dem gleichen Bezugszeichen versehen und werden nur insoweit mehrfach erläutert, wie sich Unterschiede zwischen den einzelnen Figuren ergeben. Es zeigen:

[0016] **Fig. 1** bis **Fig. 3** Ausführungsbeispiele für erfindungsgemäße Bauteile im Schnitt, bei denen jeweils links und rechts einer Bruchlinie der Zustand vor bzw. nach Anwendung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Wärmebehandlung (Bildung des Metallschaumes) schematisch dargestellt ist und

[0017] **Fig. 4** einen Lampenkörper mit versiegelter Durchführungen für die Kontaktierung, wobei die Versiegelung durch ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Metallschaums ausgebildet ist.

[0018] Ein Bauteil mit einer Gehäusestruktur **11** gemäß **Fig. 1** weist einen Hohlraum **12** auf, wobei das Bauteil beispielsweise ein Rohr sein kann, welches an beiden Enden offen ist. Durch das Bauteil verläuft weiterhin ein Kupferleiter **13**, wobei der Rest des Querschnitts des Hohlraums **12** abgedichtet werden soll. Zu diesem Zweck werden Schichten **14** (dargestellt in der Hälfte links von der Bruchlinie **16**) auf die Innenwände der Gehäusestruktur **11** aufgebracht, die sich einander abwechselnde Lagen **15a** eines Metalls und **15b** eines Treibmittels aufweisen. Die Lagen **15a**, **15b** sind in **Fig. 1** mit einer nicht realistischen Dicke dargestellt. Es können selbstverständlich dünnere Lagen und hiervon eine wesentlich höhere Anzahl vorgesehen werden. Diese Lagen können beispielsweise durch Kaltgasspritzen, durch elektrochemisches Beschichten oder auch durch ein ALD-Verfahren (ALD steht für Atomic Layer Deposition) aufgebracht werden. Nicht dargestellt ist die Möglichkeit, weitere Lagen in dem Verbund vorzusehen, die aus Materialien mit einem negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestehen. Als solche Materialien sind beispielsweise ZrW_2O_5 , ZrV_2O_7 , $Sc_2W_3O_{12}$, $Y_2W_3O_{12}$, $K_5Zr(PO_4)_2$ oder $KZr_2(PO_4)_3$.

[0019] In der rechten Hälfte der Darstellung gemäß **Fig. 1**, also rechts der Bruchlinie **16**, ist der fertig gestellte Metallschaum **18** dargestellt. Dieser weist Poren **17** auf, wobei der Metallschaum den Hohlraum **12** vollständig ausfüllt. Dabei liegt der Metallschaum sowohl an dem Kupferleiter **13** als auch an der Innenwand des Hohlraums **12** an, so dass eine hermetische Versiegelung ausgebildet ist.

[0020] Wie groß die Konzentration an Poren **17** im Metallschaum **18** ist, hängt von der Konzentration des Treibmittels ab. In **Fig. 1** (sowie auch in den weiteren Figuren) sind die Poren lediglich exemplarisch dargestellt. Die Konzentration der Poren kann in

der Realität sehr viel größer sein, so dass zwischen diesen lediglich verhältnismäßig dünnwandige metallische Strukturen ausgebildet sind. Hierdurch lässt sich insbesondere eine Dichtungsstruktur mit einem geringen spezifischen Gewicht erzielen.

[0021] Bei der Gehäusestruktur **11** gemäß **Fig. 2** sind auf die Oberfläche Metallpartikel **19** aufgebracht, welche alle eine Schicht **20** aus dem Treibmittel aufweisen. Nicht dargestellt ist eine Variante, nach der lediglich ein Teil der Partikel **19** eine solche Schicht aufweisen, wodurch ein Gemisch aus beschichteten und unbeschichteten Partikeln **19** entstehen würde. Nach einer Wärmebehandlung entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren bildet sich durch Entstehung eines Treibgases aus der Schicht **20** des Treibmittels ein geschlossenporiger Metallschaum **18** aus, der rechts der Bruchlinie **16** dargestellt ist.

[0022] Gemäß **Fig. 3** wird der Verbund **21** aus unterschiedlichen Partikeln gebildet, nämlich den Metallpartikeln **19** und Treibmittelpartikeln **22**, welche gemischt vorliegen (siehe links der Bruchlinie **16**). Auch hier erzeugt eine Wärmebehandlung den rechts der Bruchlinie dargestellten Metallschaum **18** mit den Poren **17**.

[0023] Gemäß **Fig. 4** ist als Bauteil, welches die Hohlraumstruktur **11** bildet, ein Glaskörper **23** für eine Gasentladungslampe dargestellt. In dem Hohlraum **12** befinden sich zwei Elektroden **24**, die über in Quetschungen befindliche Flachleiter **25** mit Anschlusskontakten **26** verbunden sind. Die Anschlusskontakte **26** werden durch Öffnungen **27** geführt, damit eine Kontaktierung von außen möglich ist. Diese Öffnungen **27** sind in der erfindungsgemäßen Weise mit dem Metallschaum **18** gefüllt, um eine hermetische Versiegelung der Kontaktdurchführungen in den Öffnungen **27** zu gewährleisten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines geschlossenporigen Metallschaumes (**18**), bei dem
 - ein Verbund (**21**) aus einem Metall oder einer Metalllegierung und einem Treibmittel zur Verfügung gestellt wird und
 - der Verbund (**21**) einer Wärmebehandlung unterworfen wird, wobei die Erwärmung des Verbundes ausreicht, damit das Treibmittel unter Ausbildung von geschlossenen Poren (**17**) im Verbund (**21**) ein Treibgas ausbildet, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Treibmittel ein Metalloxid zum Einsatz kommt, wobei bei einem Zerfall des Metalloxids Sauerstoff als Treibgas freigesetzt und in die sich ausbildenden Poren eingeschlossen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Treibmittel ein Edelmetalloxid verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Treibmittel Iridiumoxid und/oder Molybdänoxid und/oder Platinoxid und/oder Kupfer (1)-Oxid und/oder Magnetit und/oder Vanadiumpentoxid verwendet werden.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbund (21) aus Metallpartikeln (19) oder Metalllegierungspartikeln gebildet ist, wobei zumindest ein Teil dieser Partikel mit einer Schicht (20) des Treibmittels beschichtet ist.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbund aus einer Schicht (14) mit mehreren Lagen (15a, 15b) besteht, wobei (15a, 15b) aufeinander folgende Lagen aus dem Metall oder der Metalllegierung und aus dem Treibmittel vorgesehen sind.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in den Verbund (21) zusätzlich ein Material mit einem negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten eingebracht wird.

7. Bauteil, welches zumindest teilweise aus einem geschlossenenporigen Metallschaum (18) besteht, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Metallschaum (18) die geschlossenen Poren Sauerstoff als Treibgas enthalten.

8. Bauteil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass dieses als Gehäusestruktur (11) aus einem vom Metallschaum (18) verschiedenen Material mit einer Öffnung 20 aufweisenden Hohlraum (12) ausgebildet ist, welche durch den Metallschaum (18) verschlossen ist.

9. Bauteil nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (12) durch einen Glaskörper (23), insbesondere eine Lampe, gebildet ist.

10. Bauteil nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein Material mit einem negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten in dem Metallschaum vorhanden ist, dessen Anteil so gewählt ist, dass der Metallschaum (18) zumindest im wesentlichen den gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie die Gehäusestruktur (11) im Bereich der Öffnung (27) aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

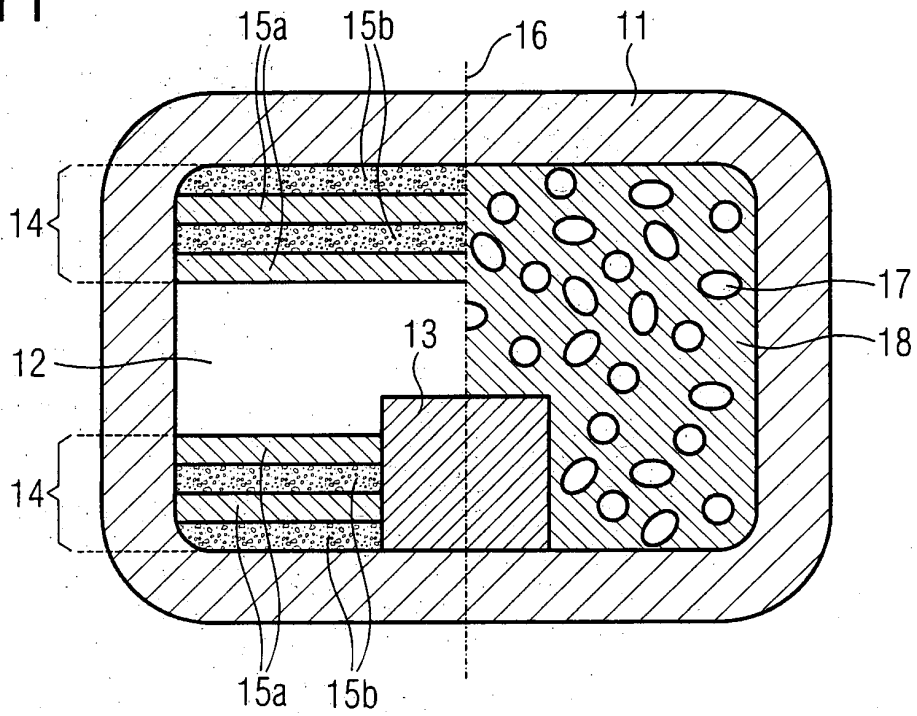


FIG 2

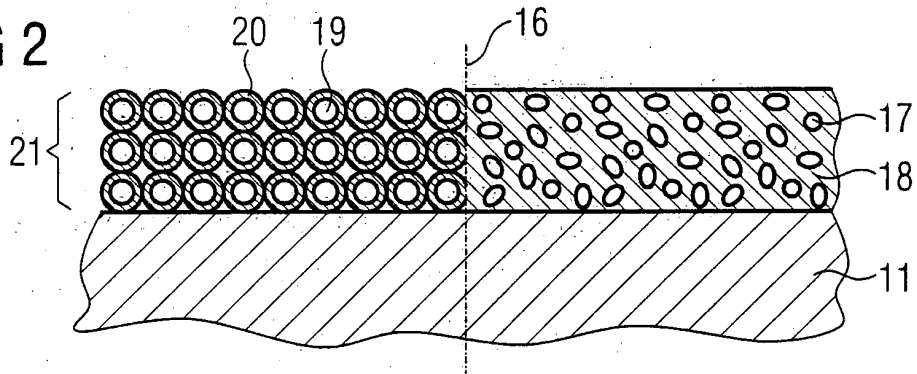


FIG 3

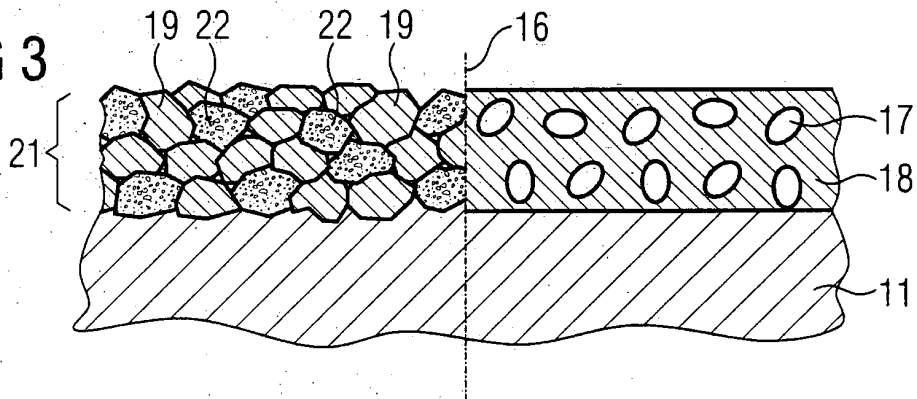


FIG 4

