

(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
14. Mai 2010 (14.05.2010)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/052095 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/063237

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Oktober 2009 (12.10.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 057 428.7
7. November 2008 (07.11.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V.** [DE/DE]; Linder Höhe, 51147 Köln (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KUHN, Markus** [DE/DE]; Paracelsusstrasse 72, 70771 Leinfelden-Echterdingen (DE). **HALD, Hermann** [DE/DE]; Eibenweg 7,

71287 Weissach (DE). **ROTÄRMEL, Waldemar** [DE/DE]; Vischerstrasse 4, 70563 Stuttgart (DE).

(74) Anwalt: **HOEGER, STELLRECHT & PARTNER PATENTANWÄLTE**; Uhlandstrasse 14c, 70182 Stuttgart (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, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, 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, PE, PG, 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.

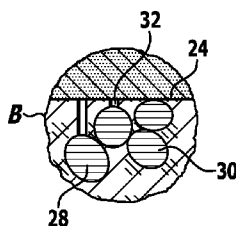
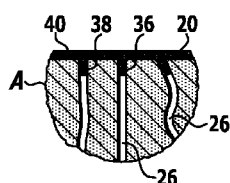
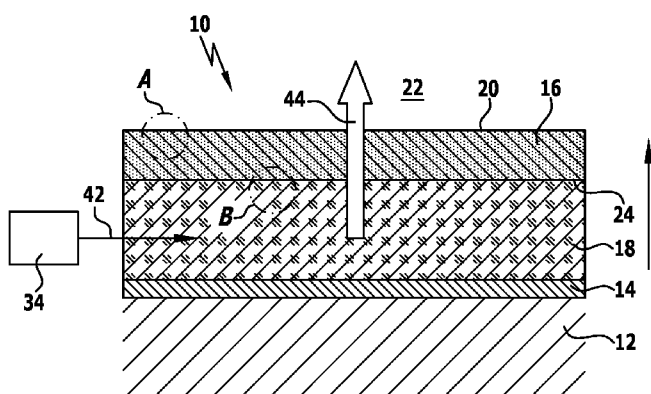
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PROTECTIVE STRUCTURE AND USE THEREOF

(54) Bezeichnung : SCHUTZSTRUKTUR UND DEREN VERWENDUNG

FIG.1



(57) Abstract: The invention relates to a protective structure comprising a first material area having a surface facing the exterior and an inner boundary surface, wherein channels extend between the outer surface and the inner boundary surface to conduct fluid, and a second material area, which is thermally connected to the inner boundary surface of the first material area at least in partial areas and which is porous, wherein in pores, a reaction medium and/or cooling medium are stored and channels extend to the inner boundary surface of the first material area to conduct fluid.

(57) Zusammenfassung: Schutzstruktur, umfassend einen ersten Materialbereich mit einer in den Außenraum weisenden Oberfläche und einer inneren Grenzfläche, wobei zwischen der äußeren Oberfläche und der inneren Grenzfläche Kanäle zur Fluidführung verlaufen, und einen zweiten Materialbereich, welche mindestens in Teilbereichen mit der inneren Grenzfläche des ersten Materialbereichs thermisch verbunden ist und welcher porös ausgebildet ist, wobei in Poren ein Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium eingelagert ist und Kanäle zu der inneren Grenzfläche des ersten Materialbereichs zur Fluidführung verlaufen.



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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Schutzstruktur und deren Verwendung

5

Die Erfindung betrifft eine Schutzstruktur.

Aus der US 7,281,688 B1 ist ein thermisches Schutzsystem für Weltraumflugkörper bekannt, welches eine äußere Lage umfasst, die an eine äußere Haltestruktur gekoppelt ist. Diese äußere Lage umfasst eine Vorderseite und eine Rückseite, welche über einen Verbindungsbereich verbunden sind. Die Rückseite wiederum ist an die äußere Haltestruktur gekoppelt. Die Vorderseite, die Rückseite und der Verbindungsbereich definieren einen inneren Hohlraum, in welchem ein ablatives Material aufgenommen ist. Die äußere Lage ist porös ausgebildet.

20

Aus der US 7,275,720 B2 ist ein weiteres thermisches Schutzsystem mit einer porösen Lage bekannt, wobei durch die poröse Lage ein Strom an Kühlfluid strömen kann, welcher aktiv in die poröse Lage eingekoppelt wird.

25

Aus der US 7,055,781 B2 ist eine Vorrichtung zur Oberflächenkühlung bekannt, welche eine poröse Lage umfasst, die mit einer äußeren strukturellen Wand verbunden ist und eine Keramikschaumisolierlage umfasst. In der äußeren strukturellen Wand sind Öffnungen angeordnet, über die ein Strom an Kühlfluid der porösen Lage bereitstellbar ist.

30

Aus der US 2,908,455 ist ein Fahrzeug bekannt, welches ein Paar an beabstandeten Lagen eines strukturellen Materials aufweist, wobei eine äußere Lage porös ist und einem Luftstrom ausgesetzt ist, ein absorbierendes Füllmaterial zwischen den Lagen angeordnet ist, Mittel zum Leiten von Wärme durch das Füllmaterial vorgesehen sind, Mittel zum Verteilen eines Kühlmediums in dem Füllmaterial vorhanden sind, und das Kühlmedium hohe Wärmemengen während des Verdampfens aufnehmen kann.

- 2 -

Aus der WO 03/006883 A1 ist ein kühlfbares Segment für eine Turbomaschine bekannt, wobei die Turbomaschine mittels eines heißen Fluids betrieben wird. Das Segment umfasst eine Kühlwand, welche sich in einer axialen Richtung erstreckt und in einer Umfangsrichtung orthogonal zu der axialen Richtung ist eine Heißfluidoberfläche vorgesehen, welche dem heißen Fluid ausgesetzt ist. Zwischen der Kühlwand und der Heißfluidoberfläche liegt eine Kühlstruktur, welche für Kühlfluid durchlässig ist und Kühlflächen zur Kühlung durch Wärmeübertragung über Strahlung bereitstellt.

10

Aus der EP 1 641 959 B1 ist eine Schichtstruktur bekannt, welche aus einem Substrat und einer zumindest teilweise porösen, teilweise gasdurchlässigen Schicht auf dem Substrat besteht, wobei das Substrat Kühlkanäle aufweist, durch die ein Kühlmedium durch das Substrat in die poröse Schicht gelangen kann. Die poröse Schicht weist Poren auf, die von Wänden begrenzt werden, wobei auf den Wänden zumindest teilweise eine Beschichtung vorhanden ist.

15

Aus der US 3,825,364 ist eine Turbomaschine bekannt, welche äußere und innere Schichten eines porösen Materials aufweist.

20

Aus der US 2,941,759 ist ein aeronautischer Wärmetauscher bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schutzstruktur bereitzustellen, welche selbstaktivierend ist und hohe Schutzeigenschaften aufweist.

25

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Schutzstruktur einen ersten Materialbereich mit einer in den Außenraum weisenden Oberfläche und einer inneren Grenzfläche umfasst, wobei zwischen der äußeren Oberfläche und der inneren Grenzfläche Kanäle zur Fluidführung verlaufen, und einen zweiten Materialbereich umfasst, welcher mindestens in Teilbereichen mit der inneren Grenzfläche des ersten Materialbereichs thermisch verbunden ist und welcher porös ausgebildet ist, wobei in Poren ein Reak-

30

- 3 -

tionsmedium und/oder Kühlmedium eingelagert ist und Kanäle zu der inneren Grenzfläche des ersten Materialbereichs zur Fluidführung verlaufen.

5 Durch die erfindungsgemäße Lösung wird eine aktive Schutzstruktur bereitgestellt, welche im "Notfall" ein Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium bereitstellt, wobei diese Bereitstellung durch eine insbesondere thermische und/oder chemische Selbstaktivierung (ohne externe Ansteuerung) möglich ist. Die Schutzstruktur selber ist dabei passiv ausgebildet; das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium ist in die Schutzstruktur selber eingelagert.

10

Die Schutzstruktur erhält im Einsatzfall ihre Kontur, d. h. sie ist geometriestabil. Dadurch werden beispielsweise die aerodynamischen Eigenschaften eines Flugkörpers (wenn beispielsweise die Schutzstruktur als Thermalschutzsystem beim Eintritt in die Atmosphäre ausgebildet ist) nicht negativ durch
15 übermäßigen Materialabtrag beeinflusst.

Durch die thermische Verbindung zwischen dem ersten Materialbereich und dem zweiten Materialbereich ist für eine Wärmeleitung gesorgt. Es lässt sich dadurch ausreichend Wärme in den zweiten Materialbereich transportieren, so
20 dass der Wärmetransport nicht mehr rein strahlungsbedingt ist. Dadurch kann beispielsweise ein Kühlmedium schneller einen oder mehrere Phasenwechsel vollziehen. Dadurch lässt sich beispielsweise bei einer Transpirationskühlung und/oder Effusionskühlung eine erhöhte Effizienz erreichen.

25 Um beispielsweise für einen Phasenwechsel eines Kühlmediums für eine Transpirationskühlung und/oder Effusionskühlung zu sorgen, sind bei der erfindungsgemäßen Lösung niedrigere Temperaturen an dem ersten Materialbereich erforderlich.

30 In dem zweiten Materialbereich können grundsätzlich alle möglichen Formen von Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium eingelagert werden. Es können feste, gasförmige, flüssige Reaktionsmedien und/oder Kühlmedien oder auch Reaktionsmedien und/oder Kühlmedien in Gelform eingelagert werden.

- 4 -

Grundsätzlich ist es auch möglich, ein Reaktionsmedium einzulagern, welches beim Austritt an die Oberfläche einen chemischen Beaufschlagungsstoff neutralisieren kann. Gegebenenfalls können dabei auch lokale Schadstellen an der
5 Oberfläche verklumpt werden und abgedichtet werden.

Grundsätzlich kann auch Kühlmedium und/oder Reaktionsmedium in dem ersten Materialbereich eingelagert sein.

10 Besonders vorteilhaft ist es, wenn der erste Materialbereich aus einem Material hergestellt ist, das bei entsprechender thermischer Beaufschlagung oder chemischer Beaufschlagung eine hohe Standfestigkeit aufweist. Beispielsweise ist für Anwendungen mit thermischer Beaufschlagung der erste Materialbereich aus einem Material hergestellt, welches eine hohe Wärmeleitfähigkeit und vor-
15 zugsweise auch einen hohen Emissionsgrad hat. Dadurch ist gewährleistet, dass dieses Material hohen Temperaturen standhält. Dadurch wiederum lässt sich der Anteil an später aktiviertem Kühlmedium gering halten.

Entsprechend ist es günstig, wenn bei chemischer Beaufschlagung der erste
20 Materialbereich eine hohe Resistenz gegenüber potentiellen Reaktionsmedien bei chemischer Beaufschlagung hat.

Grundsätzlich ist die erfindungsgemäße Schutzstruktur auch wiederverwendbar, indem der erste Materialbereich und/oder der zweite Materialbereich "wieder befüllt" wird, d. h. Kühlmedium und/oder Reaktionsmedium nach einer
25 "Entleerung" wieder eingelagert wird.

Die erfindungsgemäße Lösung lässt sich beispielsweise bei der Ausbildung als Thermalschutzsystem auch in Verbindung mit Leichtbaukonzepten realisieren, da aufgrund einer erhöhten Kühleffizienz dünnere Strukturen (für die Schutz-
30 struktur und zu schützende Elemente) ermöglicht werden.

- 5 -

Günstig ist es, wenn der erste Materialbereich oder der zweite Materialbereich offenporös ausgebildet sind. Dadurch werden Kanäle bereitgestellt, um Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium von dem zweiten Materialbereich zu der inneren Grenzfläche des ersten Materialbereichs zu transportieren und Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium von dieser inneren Grenzfläche an die Oberfläche zu transportieren.

Es ist dabei grundsätzlich vorteilhaft, wenn der zweite Materialbereich eine höhere Porosität als der erste Materialbereich aufweist. Die Poren im zweiten Materialbereich dienen zur Einlagerung von Kühlmedium und/oder Reaktionsmedium. Durch eine größere Porosität lässt sich eine große Menge an Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium einlagern.

Es ist grundsätzlich auch möglich, dass der erste Materialbereich und/oder der zweite Materialbereich durch Risse und/oder Bohrungen gebildete Kanäle aufweisen, um den Fluidtransport zu ermöglichen.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist an der in den Außenraum weisenden Oberfläche des ersten Materialbereichs eine Schicht aus Aktivatormedium angeordnet und/oder die Kanäle des ersten Materialbereichs sind mit Aktivatormedium infiltriert, wobei das Aktivatormedium die Kanäle zu dem Außenraum verschließt und wobei das Aktivatormedium thermisch und/oder chemisch aktivierbar ist, um die Kanäle zu dem Außenraum hin zu öffnen. Das Aktivatormedium verschließt die Kanäle, um einen Austritt des Reaktionsmediums und/oder Kühlmediums im Nichteinsatzfall zu verhindern. Wenn das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium beispielsweise unter Druck steht, kann es durch den ersten Materialbereich hinaus austreten. Durch das Aktivatormedium wird dieses verhindert. Durch die Infiltrierung der Kanäle kann auch eine höhere Druckstabilität erreicht werden, wenn das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium mit Überdruck beaufschlagt ist. Das Aktivatormedium bewirkt eine Versiegelung im ersten Materialbereich. Es ist dabei grundsätzlich möglich, dass die Kanäle nur teilweise längs einer Kanalrichtung mit Aktiva-

- 6 -

tormedium infiltriert sind, oder dass sie vollständig mit Aktivatormedium infiltriert sind.

5 Wenn keine zusätzliche Außenschicht an Aktivatormedium vorgesehen ist, dann wird bei Aktivierung und Zersetzung des Aktivatormediums auch die Oberfläche bzw. Kontur der Schutzstruktur höchstens minimal beeinflusst. Dies kann beispielsweise bei Flugkörperanwendungen vorteilhaft sein.

10 Es ist aber auch möglich, dass zusätzlich oder alternativ zu der Infiltrierung der Kanäle eine Schicht an Aktivatormedium an der Oberfläche angeordnet ist. Dies kann beispielsweise vorteilhaft sein, wenn der erste Materialbereich offenporös ausgestaltet ist, um eine glatte Oberfläche zu erhalten. Eine solche glatte Oberfläche kann aus ästhetischen Gründen gewünscht sein oder kann für bestimmte Anwendungen vorteilhaft sein.

15 Die Aktivierung des Aktivatormediums kann beispielsweise thermisch erfolgen. Das Aktivatormedium kann sich dabei zersetzen oder aufschmelzen und dadurch die Kanäle freigeben. Auch eine chemische Aktivierung ist grundsätzlich möglich. Bei der chemischen Aktivierung reagiert das Aktivatormedium mit
20 einem von außen herangeführten Reaktanten und gibt die Kanäle frei, so dass wiederum Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium aus dem zweiten Materialbereich freigesetzt werden kann.

25 Es ist grundsätzlich möglich, dass der zweite Materialbereich mit einer Reservoirereinrichtung für Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium fluidwirksam verbunden ist. Dadurch lässt sich Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium nachfördern. Beispielsweise ist es dadurch auch möglich, Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium mit Druck zu beaufschlagen, um einen Überdruck bereitzustellen, welcher Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium von dem zweiten
30 Materialbereich in den ersten Materialbereich treibt.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Reservoirereinrichtung durch einen dritten Materialbereich gebildet oder umfasst solch einen dritten Materialbereich. Der

- 7 -

dritte Materialbereich ist insbesondere vollflächig mit dem zweiten Materialbereich verbunden, um über einen hohen Flächenbereich dem zweiten Materialbereich Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium nachfördern zu können.

- 5 Günstigerweise ist eine Haltestruktur vorgesehen, an welcher die Kombination aus erstem Materialbereich und zweitem Materialbereich fixiert ist. Die Haltestruktur ist selber an einer Anwendung fixiert oder Teil der Anwendung.

- 10 Das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium, welches in dem zweiten Materialbereich eingelagert ist, kann gasförmig, fest oder flüssig eingelagert sein oder es kann als Gel eingelagert sein. Bei der erfindungsgemäßen Lösung sind grundsätzlich verschiedene Aggregatzustände möglich.

- 15 Insbesondere ist Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium durch Kapillarkwirkung und/oder durch Überdruck des Reaktionsmediums und/oder Kühlmediums von dem zweiten Materialbereich an die Oberfläche des ersten Materialbereichs beförderbar. Es lässt sich dadurch insbesondere eine automatische Beförderung an die Oberfläche bei Aktivierung der Schutzstruktur erreichen.

- 20 Es ist grundsätzlich möglich, dass der erste Materialbereich und/oder der zweite Materialbereich mit homogenen Materialeigenschaften ausgebildet sind. Es ist aber auch möglich, dass diese gradiert ausgebildet sind, d. h. dass die Materialeigenschaften in einer oder mehreren Richtungen variieren und insbesondere eine variable Porosität eingestellt ist.

- 25 Es kann dabei vorgesehen sein, dass der erste Materialbereich und der zweite Materialbereich einstückig aneinander ausgebildet sind. In dem zweiten Materialbereich ist das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium eingelagert. Die entsprechende Struktur ist bis zu einer bestimmten Tiefe unterhalb der äußeren Oberfläche mit Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium befüllt.
- 30

Alternativ ist es möglich, dass der erste Materialbereich und der zweite Materialbereich durch getrennte Materiallagen hergestellt sind.

- 8 -

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist zwischen dem ersten Materialbereich und dem zweiten Material eine thermische Isolierschicht angeordnet. Die thermische Isolierschicht sorgt dafür, dass der zweite Materialbereich nicht
5 so stark erhitzt wird und hohe Temperaturen im Wesentlichen auf den ersten Materialbereich begrenzt sind. Es wird eine Temperaturabsenkung zu dem zweiten Materialbereich erreicht.

Insbesondere ist die thermische Isolierschicht mehrfach zusammenhängend,
10 d. h. sie weist beabstandete "Löcher" auf. Durch diese Löcher hindurch wiederum ist die Einleitung eines Wärmestroms von dem ersten Materialbereich in den zweiten Materialbereich möglich.

Vorteilhafterweise sind der erste Materialbereich und der zweite Materialbereich im Bereich von Löchern des thermischen Isolierelements thermisch
15 verbunden. Dadurch kann Wärme von dem ersten Materialbereich und damit von dem Außenraum im zweiten Materialbereich eingeleitet werden, um beispielsweise schnelle Phasenwechsel zu erreichen und damit bei der Transpirationsskühlung und/oder Effusionskühlung eine effiziente Kühlung zu erzielen.

20 Insbesondere ragen an Löchern der Isolierschicht von dem ersten Materialbereich Stege in den zweiten Materialbereich. Die Stege füllen dabei insbesondere die Löcher aus und sind vom Material des zweiten Materialbereichs umgeben und bilden eine innere Grenzfläche an den zweiten Materialbereich. Dadurch lässt sich effektiv Wärme in den zweiten Materialbereich einkoppeln.
25

Es kann dabei vorgesehen sein, dass Stege bis zu einer Haltestruktur für den zweiten Materialbereich ragen oder bis zu einem dritten Materialbereich, auf welchem der zweite Materialbereich angeordnet ist, ragen. Dadurch ergibt sich
30 eine effektive Abstützung, so dass die Schutzstruktur eine hohe mechanische Stabilität aufweist.

- 9 -

Es kann vorgesehen sein, dass Stege quaderförmig und/oder pyramidenförmig und/oder pyramidenstumpfförmig und/oder kegelförmig und/oder kegelsegmentförmig und/oder keilförmig und/oder keilstumpfförmig und/oder zylindrisch ausgebildet sind. Es lässt sich dadurch eine große Oberfläche bereitstellen, welche eine innere Grenzfläche zu dem zweiten Materialbereich ist. Dadurch wiederum ergibt sich ein effektiver Wärmeeintrag in den zweiten Materialbereich.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Stege aus dem Material des ersten Materialbereichs hergestellt sind. Insbesondere sind sie einstückig (stoffschlüssig) mit dem ersten Materialbereich verbunden. Dadurch ergibt sich eine effektive Wärmeeinleitung.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist der erste Materialbereich (und/oder der zweite Materialbereich) aus einem Fasermaterial oder faserkeramischen Material oder keramischen Material hergestellt. Ein solches Material lässt sich offenporös ausbilden. Das Material für den ersten Materialbereich ist beispielsweise eine kohlenstoffbasierte Faserkeramik mit oder ohne Kohlenstofffasern oder eine oxidkeramische Faserkeramik oder eine Sinterkeramik. Auch andere Materialien sind möglich, wie beispielsweise metallische, offenporige (Hohl-)Kugelpackungen oder offenporige Sintermetalle.

Beispielsweise ist der erste Materialbereich aus Graphit oder C/C oder SiC oder C-SiC oder C/C-SiC hergestellt.

Das Kühlmedium ist vorzugsweise so gewählt, dass eine Transpirationskühlung und/oder Effusionskühlung erfolgt. Bei der Transpirationskühlung und/oder Effusionskühlung erfolgt durch Ausströmen des Kühlmediums eine konvektive Kühlung. Es bildet sich eine thermische Blockgrenzungsschicht auf der Außenseite der Schutzstruktur aus und es wird eine Reduzierung des auftretenden Wärmestroms erreicht. Durch zusätzliche Aufnahme der Schmelz- und Verdampfungsenthalpie wird die Kühlwirkung verbessert.

- 10 -

Die erfindungsgemäße Schutzstruktur lässt sich beispielsweise als Thermal-
schutzsystem für einen Flugkörper oder für eine Brennkammer oder für einen
Ofen oder für den Brandschutz eines Bauwerks oder für einen Reaktor ver-
wenden.

5

Es ist auch möglich, die erfindungsgemäße Schutzstruktur bei der Neutrali-
sierung von chemischen Stoffen zu verwenden, wobei als Reaktionsmedium
ein Reaktant für einen die Schutzstruktur beaufschlagenden chemischen Stoff
gewählt wird. Bei entsprechender Beaufschlagung kann insbesondere nach
10 chemischer Aktivierung eines Aktivatormediums das Reaktionsmedium aus-
treten und mit dem beaufschlagenden chemischen Stoff reagieren und diesen
neutralisieren. Bei entsprechender Wahl des Reaktionsmediums kann erreicht
werden, dass das auftretende Reaktionsprodukt Schadstellen an der Ober-
fläche verklumpt und beispielsweise auch eine Abdichtung durchgeführt wird.

15

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im Zu-
sammenhang mit den Zeichnungen der näheren Erläuterung der Erfindung. Es
zeigen:

20 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Teilbereichs einer erfin-
dungsgemäßen Schutzstruktur;

 Figur 2 eine schematische Darstellung eines Teilbereichs eines zwei-
ten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Schutz-
25 struktur;

 Figur 3 eine perspektivische Teildarstellung eines dritten
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Schutz-
struktur;

30

 Figur 4 eine Schnittansicht der Schutzstruktur gemäß Figur 3; und

Figur 5 eine ähnliche Ansicht wie Figur 4 mit einer alternativen Steg-
ausbildung.

Ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schutzstruktur, welches in Figur 1 in einer Teilansicht schematisch gezeigt und dort mit 10 bezeichnet ist, ist auf einem zu schützenden Element 12 angeordnet. Entsprechende Anwendungsbeispiele werden später erläutert. Die Schutzstruktur 10 umfasst dazu eine Haltestruktur 14, welche an dem zu schützenden Element 12 fixiert ist. Beispielsweise ist die Haltestruktur 14 mit dem zu schützenden Element 12 verklebt oder auf andere Art und Weise verbunden. Grundsätzlich ist es dabei möglich, dass das zu schützende Element 12 und die Haltestruktur 14 integral ausgebildet sind.

Die Haltestruktur 14 trägt einen ersten Materialbereich 16 und einen zweiten Materialbereich 18. Der erste Materialbereich 16 ist ein äußerer Materialbereich, der eine Oberfläche 20 aufweist, die in den Außenraum 22 weist.

Der erste Materialbereich 16 hat eine innere Grenzfläche 24 zu dem zweiten Materialbereich 18. Über die innere Grenzfläche 24 sind der zweite Materialbereich 18 und der erste Materialbereich 16 miteinander verbunden, wobei ein thermischer Kontakt hergestellt ist. Bei der Schutzstruktur 10 ist dabei ein vollflächiger Kontakt zwischen dem ersten Materialbereich 16 und dem zweiten Materialbereich 18 an der inneren Grenzfläche 24 vorgesehen, so dass auch ein vollflächiger thermischer Kontakt hergestellt ist. Weiter untenstehend werden noch Ausführungsbeispiele erläutert, bei denen der thermische Kontakt nur in Teilbereichen hergestellt ist.

In dem ersten Materialbereich 16 sind Kanäle 26 angeordnet, welche zur Fluidführung dienen und von der inneren Grenzfläche 24 zu der Oberfläche 20 verlaufen. In Figur 1 sind die Kanäle 26 schematisch in der Ausschnittsvergrößerung A angedeutet.

Die Kanäle dienen dazu, Fluid durch den ersten Materialbereich 16 an die Oberfläche 20 zu führen. Das entsprechende Fluid kann dabei als Kühlmedium eingesetzt werden, um insbesondere eine Transpirationskühlung und/oder Effusionskühlung zu realisieren. Es ist grundsätzlich auch möglich, dass das
5 entsprechende Fluid ein Reaktionsmedium ist, welches beispielsweise als Reaktant dient, um ein Medium zu neutralisieren, mit welchem die Schutzstruktur 10 beaufschlagt wird. Dies wird weiter untenstehend noch näher erläutert.

- 10 Die Kanäle 26 können auf unterschiedliche Art und Weise realisiert sein. Sie können beispielsweise "makroskopisch" hergestellt sein, wie beispielsweise durch Bohrungen. Sie können "mikroskopisch" hergestellt sein durch Risse im ersten Materialbereich 16. Der erste Materialbereich 16 kann offenporös ausgestaltet sein und es kann dadurch eine Kanalstruktur in dem ersten Material-
15 bereich 16 gebildet sein. Auch Kombinationen unterschiedlicher Kanalausbildungen sind möglich.

- Der zweite Materialbereich 18 ist ein Reservoirbereich. Er ist porös ausgebildet mit Poren 28 (Ausschnittsvergrößerung B in Figur 1), in welchen Reaktions-
20 medium und/oder Kühlmedium 30 eingelagert ist. In dem zweiten Materialbereich 18 sind Kanäle 32 gebildet, über welche Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 zu der inneren Grenzfläche 24 und von dort an die Oberfläche 20 gelangen kann. Die Kanäle 32 sind beispielsweise durch eine offenporöse Struktur gebildet, bei welcher die Poren 28 miteinander verbunden sind.
25 Grundsätzlich können die Kanäle 32 beispielsweise auch durch Risse oder dergleichen hergestellt sein.

- Der zweite Materialbereich 18 weist eine kleinere Dichte als der erste Materialbereich 16 auf (wobei die Befüllung der Poren 28 durch Reaktionsmedium
30 und/oder Kühlmedium 30 im zweiten Materialbereich 18 bei der Dichtermittlung nicht berücksichtigt ist, d. h. die Poren 28 werden als "leere" Poren berücksichtigt). Wenn der erste Materialbereich 16 porös ausgebildet ist, dann weist der zweite Materialbereich 18 eine höhere Porosität auf als der erste

- 13 -

Materialbereich 16, d. h. der relative Porenanteil im zweiten Materialbereich 18 ist größer als im ersten Materialbereich 16.

5 Es ist möglich, dass der zweite Materialbereich 18 mit einer Reservoireinrichtung 34 in Verbindung steht, welche Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium nachliefert, wobei dieses Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium beispielsweise unter Druck steht.

10 Je nach Anwendungsfall kann das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 in dem zweiten Materialbereich 18 in fester Form, flüssiger Form, gasförmiger Form oder als Gel eingelagert sein. Wenn das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 in nicht-fluider Form (d. h. in nicht fließfähiger Form) eingelagert ist und beispielsweise als Feststoff (beispielsweise in Pulverform oder in Vollmaterialform) eingelagert ist, dann ist insbesondere durch thermische Be-

15 aufschlagung von dem ersten Materialbereich 16 her die Transformation in ein fließfähiges Material möglich.

Bei einer Variante einer Ausführungsform sind die Kanäle 26 im ersten Materialbereich 16 zu der Oberfläche 20 hin durch ein Aktivatormedium 36 ver-

20 schlossen. Dies verhindert, dass Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 durch die Kanäle 26 hinaus austreten kann, wenn kein Schutz-Einsatzfall der Schutzstruktur 10 vorliegt. Das Aktivatormedium 36 infiltriert die Kanäle 32, wie in Figur 1, Ausschnittsansicht A mit dem Bezugszeichen 38 bezeichnet.

25 Grundsätzlich kann eine Schicht 40 an Aktivatormedium 36 auf der Oberfläche 20 des ersten Materialbereichs 16 angeordnet sein. Diese Schicht 40 muss dabei nicht unbedingt zusammenhängend sein. Beispielsweise dient die Schicht 40 dazu, eine gleichmäßige und insbesondere glatte Oberfläche auf dem ersten Materialbereich 16 herzustellen, wenn dieser porös ausgebildet ist. Dies

30 kann beispielsweise unabhängig von technischen Anforderungen auch durch ästhetische Anforderungen bei bestimmten Anwendungen verlangt sein.

- 14 -

Das Aktivatormedium 36 lässt sich thermisch und/oder chemisch aktivieren. Bei der thermischen Aktivierung zersetzt sich das Aktivatormedium 36 oberhalb einer bestimmten Temperaturschwelle. Dadurch werden die Kanäle 26 zu der Oberfläche 20 hin geöffnet und Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 kann austreten.

Bei der chemischen Aktivierung reagiert das Aktivatormedium 36 mit einem von außen (über den Außenraum 22) aufgebrachten Reaktanten und zersetzt sich, um so wie oben beschrieben die Kanäle 26 freizugeben, so dass wiederum Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 austreten kann.

Der Transport von Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 durch die Kanäle 26 im ersten Materialbereich 16 hindurch einschließlich des Transports zu dem ersten Materialbereich 16 hin ist beispielsweise durch Kapillarkräfte getrieben und/oder durch Druckbeaufschlagung des Reaktionsmediums und/oder Kühlmediums im zweiten Materialbereich 18 getrieben.

Die Schutzstruktur 10 funktioniert wie folgt:

Die Schutzstruktur 10 dient beispielsweise als Thermalschutzstruktur für das Element 12. In diesem Fall ist das eingelagerte Medium ein Kühlmedium und das Aktivatormedium 36 wird thermisch aktiviert.

Die Schutzstruktur 10 ist auf dem Element 12 angeordnet. Wenn dieses System einer "zu hohen" Temperatur ausgesetzt wird, welche oberhalb einer Temperaturschwelle liegt, dann wird das Aktivatormedium 36 aktiviert. Die Versiegelung des ersten Materialbereichs 16 wird durch Zersetzung des Aktivatormediums 36 aufgehoben und die Kanäle 26 werden freigegeben. Es kann dann Kühlmedium 30, welches in dem zweiten Materialbereich 18 eingelagert ist, aus dem zweiten Materialbereich 18 durch den ersten Materialbereich 16 hindurch an die Oberfläche 20 gelangen. Dem zweiten Materialbereich 18 kann gegebenenfalls durch die Reservoirmedium 34 Kühlmedium nachgeliefert werden.

Nach Aktivierung des Aktivatormediums 36 ist der erste Materialbereich 16 durch Kühlmedium durchströmbar. Die thermische Aktivierung des Aktivatormediums 36, welches insbesondere ein Schmelzen oder Sublimieren ist, werden Fluidwege durch den ersten Materialbereich 16 hindurch an die Oberfläche 20 freigegeben. Der zweite Materialbereich 18 ist ebenfalls durchströmbar, um dem ersten Materialbereich 16 Kühlmedium bereitstellen zu können.

Die Durchströmung des zweiten Materialbereichs 18 und des ersten Materialbereichs 16 ist durch Kapillarkräfte und/oder Überdruck des Kühlmediums angetrieben.

Es kann eine Transpirationskühlung und/oder Effusionskühlung erreicht sein, welche beispielsweise durch Phasenwechsel des Kühlmediums erreicht ist. Es erfolgt eine konvektive Kühlung der Schutzstruktur 10, wobei sich eine thermische Blockgrenzungsschicht an der Oberfläche 20 des ersten Materialbereichs 16 aus dem Kühlmedium ausbilden kann. Dadurch wird der auftretende Wärmestrom, welcher grundsätzlich zu einer Aufheizung des Elements 12 führt, reduziert.

Grundsätzlich kann die Kühlwirkung durch Verwendung eines flüssigen oder festen Kühlmediums durch zusätzliche Aufnahme der Schmelz- und Verdampfungsenthalpie verbessert werden.

Der erste Materialbereich 16 ist an den zweiten Materialbereich 18 thermisch gekoppelt. Die Poren 28 sind von Vollmaterial des zweiten Materialbereichs 18 umgeben. Dadurch ergibt sich eine optimierte Wärmeeinkopplung; Wärme lässt sich effektiv von der Oberfläche 20 her in den zweiten Materialbereich 18 einkoppeln. Dadurch wird dem Kühlmedium im Vergleich zu einer rein strahlungsbedingten Erwärmung mehr Wärme zugeführt. Dadurch kann das Kühlmedium schneller ein oder zwei Phasenwechsel vollziehen; dies wiederum erhöht die Effizienz der Kühlung.

- 16 -

Im Vergleich zu einem rein strahlungsbedingten Wärmeaustausch ist der bei der erfindungsgemäßen Lösung für einen Phasenwechsel des Kühlmediums erforderliche Wärmeeintrag durch niedrigere Temperaturen des ersten Materialbereichs 16 erreichbar.

5

Es ist dabei grundsätzlich möglich, dass das Kühlmedium 30 in dem zweiten Materialbereich 18 nicht nur in fester Form eingelagert sein kann (beispielsweise pulverförmig). Grundsätzlich ist es auch möglich, dass es in flüssiger Form oder als Gel oder auch als Gas eingelagert ist.

10

Es ist dabei grundsätzlich möglich, dass der erste Materialbereich 16 und der zweite Materialbereich 18 einstückig miteinander verbunden sind und insbesondere aus dem gleichen Material bestehen, welches unterschiedlich ausgebildet ist. Beispielsweise weist dann dieses Material in dem ersten Materialbereich 16 eine kleinere Porosität auf als in dem zweiten Materialbereich 18. In diesem Sinne sind dann der erste Materialbereich 16 und der zweite Materialbereich 18 in ihrer Kombination als eine Lage ausgebildet.

15

Es ist aber auch möglich, dass der erste Materialbereich 16 und der zweite Materialbereich 18 getrennte Lagen sind.

20

Grundsätzlich ist es so, dass in dem ersten Materialbereich 16 kein Kühlmedium eingelagert ist.

Die Materialwahl des Aktivatormediums 36, des Materials für den ersten Materialbereich 16 und des Materials für den zweiten Materialbereich 18 richtet sich nach der Anwendung.

25

Der erste Materialbereich 16 ist beispielsweise aus einem porösen faserkeramischen Material wie C/C oder aus Graphit hergestellt. Die Fasern können dabei je nach Anwendungsfall parallel oder senkrecht oder auch in anderen Orientierungen zu der Oberfläche 20 stehen. Der erste Materialbereich 16 kann auch aus anderen kohlenstoffbasierten Faserkeramiken wie SiC, C-SiC,

30

C/C-SiC usw. hergestellt sein. Er kann aus sinterkeramischen Materialien oder oxidkeramischen Faserkeramikmaterialien hergestellt sein. Er kann beispielsweise auch aus metallischen, offenporigen (Hohl-)Kugelpackungen hergestellt sein oder aus offenporigen Sintermetallen.

5

Je nach Anwendungsfall ist das Aktivatormedium beispielsweise ein Wachs, ein Epoxidharz oder ein Lack. Auch andere Arten von Aktivatormedium sind möglich.

- 10 Der zweite Materialbereich 18 ist aus einem hochporösen Material wie beispielsweise C/C hergestellt. (In einem Material wie C/C kann die Porosität grundsätzlich gut eingestellt werden.) Auch andere Materialien sind möglich, wie beispielsweise im Ofenbau eingesetzte Hochtemperaturisolationsmaterialien. Beispiele dafür sind Kohlenstofffaservliese, Aluminiumoxidmaterialien
15 oder Kohlefilzvliese.

Das Reaktionsmedium bzw. Kühlmedium wird je nach Anwendungsfall gewählt. Mögliche Medien sind beispielsweise Wasser, ein Primärwerkstoff, Wachs, Teflon, inerte Kühlgase usw.

20

- Die Schutzstruktur 10 ist auch bei chemischer Beaufschlagung einsetzbar. In diesem Fall ist in dem zweiten Materialbereich 18 ein Reaktionsmedium 30 eingelagert. Das Reaktionsmedium 30 ist so gewählt, dass es, wenn es an die Oberfläche 20 tritt, mit einem chemischen Stoff, welcher auf die Schutz-
25 struktur 10 einwirkt, reagieren kann und diesen chemischen Stoff neutralisieren kann.

- In diesem Fall ist, wenn ein Aktivatormedium 36 eingesetzt ist, mit dem die Kanäle 26 infiltriert sind, das Aktivatormedium 36 chemisch aktivierbar. Es
30 zersetzt sich unter Einwirkung des chemischen Stoffs, so dass die Kanäle 26 freigegeben sind. Das Reaktionsmedium 30 kann dann an die Oberfläche 20 strömen und in Kontakt mit dem von außen die Schutzstruktur 10 beaufschlagenden chemischen Stoff gelangen. Durch die Reaktion werden unerwünschte

- 18 -

chemische Zustände dieses Beaufschlagungsmediums beseitigt. Beispielsweise ist der beaufschlagende chemische Stoff eine aggressive säurehaltige Substanz, welche durch das Reaktionsmedium 30 chemisch neutralisiert wird.

- 5 Es ist dabei möglich, dass das Reaktionsmedium sich mit dem Beaufschlagungsstoff verbindet und diese Verbindung lokale Schadstellen an der Oberfläche 12 "beseitigt", indem beispielsweise an der Oberfläche 20 eine Verklumpung und eine Art von Abdichtung stattfindet.
- 10 Das Reaktionsmedium 30 wird dann entsprechend dem Beaufschlagungsmedium gewählt, um eine Neutralisierung zu erreichen.

Auch in diesem Fall kann über die Reservoireinrichtung 34 dem zweiten Materialbereich 18 weiteres Reaktionsmedium 30 bereitgestellt werden. Gege-

- 15 benenfalls wird dieses Reaktionsmedium 30 mechanisch nachgefördert.

- In Figur 1 ist diese Nachförderung durch den Pfeil mit dem Bezugszeichen 42 angedeutet. Der Pfeil mit dem Bezugszeichen 44 deutet die Strömung von Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 aus dem zweiten Materialbereich 18
- 20 durch den ersten Materialbereich 16 an die Oberfläche 20 an.

- Durch das Aktivatormedium 36 sind die Kanäle 26 infiltriert. Eine Schicht 40 ist grundsätzlich nicht erforderlich, um den Verschluss der Kanäle 26 zu erhalten. Dadurch ergibt sich bei Zersetzung des Aktivatormediums 36 keine
- 25 Geometrieänderung der Kombination aus Element 12 und Schutzstruktur 10; die Kontur bleibt erhalten. Durch Infiltration der Kanäle 26 ergibt sich eine größere Druckstabilität, falls das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 mit Druck beaufschlagt ist.

- 30 Grundsätzlich muss kein Aktivatormedium 36 zum Verschluss der Kanäle 26 vorgesehen werden, wenn das in dem zweiten Materialbereich 18 eingelagerte Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 nicht von selber und insbesondere

- 19 -

ohne thermische Beaufschlagung oberhalb einer bestimmten Temperaturschwelle in den ersten Materialbereich 16 einströmt.

Wenn beispielsweise das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 in den
5 zweiten Materialbereich 18 in fester Form (beispielsweise in Pulverform) oder
in gelförmiger oder flüssiger Form eingelagert ist und ein Herausströmen aus
den Poren 28 und ein Einströmen in den ersten Materialbereich 16 eine "ther-
mische Aktivierung" erfordert, um beispielsweise das Reaktionsmedium
und/oder Kühlmedium 30 aufzuschmelzen bzw. die Viskosität herabzusetzen
10 oder dergleichen, dann kann auf eine Infiltrierung der Kanäle 26 mit aktivier-
barem Aktivatormedium 36 verzichtet werden.

Ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schutzstruktur, wel-
ches in Figur 2 schematisch gezeigt und dort mit 46 bezeichnet ist, ist grund-
15 sätzlich gleich ausgebildet wie die Schutzstruktur 10. Es ist ein erster Mate-
rialbereich 16' vorgesehen, welcher oberhalb eines zweiten Materialbereichs
18' liegt. Der erste Materialbereich 16' weist in den Außenraum 22. Der erste
Materialbereich 16' ist grundsätzlich gleich ausgebildet wie der erste Material-
bereich 16 und der zweite Materialbereich 18' ist grundsätzlich gleich ausge-
20 bildet wie der zweite Materialbereich 18 bei der Schutzstruktur 10 und haben
die gleichen Aufgaben.

Der zweite Materialbereich 18' ist jedoch nicht direkt auf einer Haltestruktur
14' angeordnet, sondern zwischen der Haltestruktur 14' und dem zweiten Ma-
25 terialbereich 18' ist ein dritter Materialbereich 48 angeordnet. Dieser dritte
Materialbereich ist insbesondere porös ausgebildet und ist ein zusätzlicher
Reservoirbereich. Er weist Kanäle auf, welche zu dem zweiten Materialbereich
18' führen. Der dritte Materialbereich 48 kann in fluidwirksamer Verbindung
mit einer Reservoereinrichtung 50 stehen. In dem dritten Materialbereich 48
30 kann zusätzlich Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 eingelagert wer-
den, welches dann über eine innere Grenzfläche 52 dem zweiten Material-
bereich 18' bereitstellbar ist. Insbesondere ist eine flächige Verbindung zwi-

- 20 -

schen dem zweiten Materialbereich 18' und dem dritten Materialbereich 48 vorgesehen.

Dadurch kann ein höherer Strom an Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium dem ersten Materialbereich 16' bereitgestellt werden. Der Anteil an eingelagertem Kühlmedium in der Schutzstruktur 46 ist im Vergleich zu der Schutzstruktur 10 erhöht bzw. die Zufuhr von Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium zu dem zweiten Materialbereich 18' lässt sich erhöhen, da der ganze dritte Materialbereich 48 als Verteiler bereitgestellt ist.

10

Über die Reservoireinrichtung 50 lässt sich Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium beispielsweise mechanisch nachfördern. Der dritte Materialbereich 48 bildet selber eine Reservoireinrichtung für den zweiten Materialbereich 18'.

15 Ansonsten funktioniert die Schutzstruktur 46 wie die Schutzstruktur 10.

Ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schutzstruktur, welches in den Figuren 3 bis 5 gezeigt und dort mit 54 bezeichnet ist, umfasst einen ersten Materialbereich 56, welcher in den Außenraum 22 weist. Es ist ein zweiter Materialbereich 58 vorgesehen. Der erste Materialbereich 56 entspricht dem ersten Materialbereich 16 der Schutzstruktur 10. In ihm sind Kanäle entsprechend den Kanälen 26 zur Fluidführung angeordnet. Durch diese Kanäle hindurch kann Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium an eine Oberfläche 60 gebracht werden. Die Kanäle können dabei mit Aktivatormedium entsprechend dem Aktivatormedium 36 versiegelt sein.

20

25

Der zweite Materialbereich 58 ist ein Reservoirbereich entsprechend dem zweiten Materialbereich 18 der Schutzstruktur 10. In entsprechenden Poren 28 ist Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 eingelagert. Der zweite Materialbereich 58 sitzt an einer Haltestruktur 62 entsprechend der Haltestruktur 14. Es ist dabei möglich, dass ein dritter Materialbereich entsprechend dem dritten Materialbereich 48 zwischen der Haltestruktur 62 und dem zweiten Materialbereich 58 vorgesehen ist.

30

An dem ersten Materialbereich 56 ist dem zweiten Materialbereich 58 zugewandt eine thermische Isolierschicht 64 angeordnet. Diese trennt den ersten Materialbereich 56 in Teilbereichen von dem zweiten Materialbereich 58. Die thermische Isolierschicht 64 ist aus einem entsprechenden isolierenden Material wie beispielsweise einem Keramikmaterial oder einem Oxidmaterial oder dergleichen hergestellt.

Die thermische Isolierschicht 64 ist mehrfach zusammenhängend. Sie weist "Löcher" 66 auf, wobei diese Löcher 66 beabstandet zueinander sind. An diesen Löchern 66 sind jeweils Stege 68 angeordnet, welche aus dem Material des ersten Materialbereichs 56 hergestellt sind und durch die Löcher 66 in der thermischen Isolierschicht 64 durchtauchen und in den zweiten Materialbereich 58 hineinragen.

Diese Stege 68 stellen Wärmebrücken dar, über die Wärme von dem ersten Materialbereich 56 in den zweiten Materialbereich 58 einleitbar ist. Dadurch ist eine Wärmekopplung zwischen dem ersten Materialbereich 56 und dem zweiten Materialbereich 58 erreicht, durch die Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 in dem zweiten Materialbereich 58 erwärmbar ist.

Die Stege 68 können dabei beabstandet zu einer Grenzlage 70 des zweiten Materialbereichs 58 sein oder bis zu dieser Grenzlage 70 reichen (Figuren 4 und 5) und beispielsweise auf der Haltestruktur 62 bzw. dem dritten Materialbereich aufsetzen, um eine höhere Stabilität zu erreichen und die Wärmeübertragungsfläche in den zweiten Materialbereich 58 zu erhöhen.

Die Stege 68 können beispielsweise keilstumpfförmig oder zylindrisch oder pyramidenstumpfförmig ausgebildet sein (Figur 4) oder quaderförmig (Figur 5).

Es ist auch möglich, dass die thermische Isolierschicht 64 Stege 72 aufweist, mit welchen sich diese an der Haltestruktur 62 bzw. dem dritten Materialbereich abstützt (Figur 3).

- 5 Die Stege 68 sind Elemente des ersten Materialbereichs 56, welche vom Material des zweiten Materialbereichs 58 zur Wärmeeinleitung umgeben sind. Die Stege 68 weisen dabei Kanäle auf, um den Transport von Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 zu der Oberfläche 60 zu ermöglichen. Die thermische Isolierschicht 64 kann ebenfalls Kanäle aufweisen, um den Transport von
- 10 Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 hindurch zu dem ersten Materialbereich 56 und von dort an die Oberfläche 60 zu ermöglichen.

- Die thermische Isolierschicht 64 dient zur Einstellung des Temperaturgradienten an der Schutzstruktur 54. Grundsätzlich ist es so, dass hohe Temperaturen
- 15 nur im ersten Materialbereich 56 erwünscht sind. Die thermische Isolierschicht 64 bewirkt eine erhebliche Temperaturabsenkung; es liegt eine thermische (Teil-)Entkopplung des zweiten Materialbereichs 58 von dem ersten Materialbereich 56 vor. Die notwendige Wärmeeinleitung in den zweiten Materialbereich 58 erfolgt durch die Stege 68, so dass für einen genügenden Wärme-
- 20 transport von dem ersten Materialbereich 56 in den zweiten Materialbereich 58 gesorgt wird und dieser Wärmetransport nicht alleine strahlungsbedingt ist.

- Die Stege 68 und die Stege 72 können auch zur Erhöhung der mechanischen Stabilität der Schutzstruktur 54 beitragen.

- 25 Der erste Materialbereich 56 weist zwei Arten von inneren Grenzflächen auf, nämlich eine innere Grenzfläche 74, welche zu der thermischen Isolierschicht 64 weist, und eine innere Grenzschicht 76, welche an den Stegen 68 ausgebildet ist und eine Grenzschicht zu dem zweiten Materialbereich 58 ist. Die entsprechenden Kanäle zu der Oberfläche 20 können von der inneren Grenzfläche
- 30 74 zu der Oberfläche 60 verlaufen und/oder von der inneren Grenzfläche 76 zu der Oberfläche 60 verlaufen.

Ansonsten funktioniert die Schutzstruktur 54 wie die Schutzstrukturen 10 und 46.

Die erfindungsgemäßen Schutzstrukturen können auf unterschiedlichen Gebieten verwendet werden. Beispielsweise lässt sich mit einer erfindungsgemäßen Schutzstruktur ein Thermalschutzsystem realisieren. Ein solches Thermalschutzsystem wiederum hat verschiedene Anwendungen wie beispielsweise Raumfahrtanwendungen.

- 10 Insbesondere ist die erfindungsgemäße Schutzstruktur grundsätzlich wieder befüllbar, d. h. in dem zweiten Materialbereich kann Kühlmedium und/oder Reaktionsmedium wieder eingelagert werden, so dass auch nach Erreichen der Schutzwirkung der Schutzstruktur eine Wiederverwendbarkeit möglich ist.
- 15 Beispielsweise kann beim Wiedereintritt eines Flugkörpers in die Atmosphäre ein entsprechendes Element 12 des Flugkörpers bei Erreichen von entsprechenden Temperaturen konturstabil gekühlt werden, wobei insbesondere eine Transpirationskühlung und/oder Effusionskühlung eingesetzt wird. Dabei kann auch eine nur zeitlich befristete Schutzwirkung erreicht sein (wenn keine
- 20 Kühlmediumnachförderung in den zweiten Materialbereich erfolgt).

- Es lassen sich beispielsweise auch Antriebskomponenten oder eine Brennkammer beispielsweise einer Rakete kühlen. Beispielsweise dient die Schutzstruktur als einmalig verwendbares, austauschbares Segment, welches während eines Raketenstarts bei entsprechenden Temperaturen einen Kühlprozess bewirkt.
- 25

- Eine erfindungsgemäße Schutzstruktur lässt sich beispielsweise auch im Ofenbau einsetzen. Bei einer thermischen Überlastung des Ofens wird durch eine Selbstaktivierung eine Kühlung erreicht.
- 30

Die erfindungsgemäße Lösung lässt sich beispielsweise auch zum Schutz und insbesondere Brandschutz von Bauwerken wie Gebäuden und Tunneln ein-

- 24 -

setzen. Beispielsweise können Wände wie Tunnelwände aus Segmenten zusammengesetzt sein. Innerhalb einer entsprechenden Segmentstruktur kann eine Wasserversorgung vorhanden sein. Dadurch ist eine Reservoereinrichtung 34 bereitgestellt. Im Falle eines Brandes erfolgt eine Selbstaktivierung der erfindungsgemäßen Schutzstruktur. Es wird eine Wasserkühlung der Wände bewirkt mit Absenkung der herrschenden Temperaturen.

Beispielsweise kann auch ein Reaktor wie ein chemischer Reaktor oder ein nuklearer Reaktor im Fall einer thermischen Überlastung durch eine erfindungsgemäße Schutzstruktur selbstaktivierend gekühlt werden.

Für chemische Anwendungen wie beispielsweise in der Chemieindustrie, Petroindustrie oder bei Prozessführungen kann, wie oben beschrieben, eine Neutralisierung oder Abdichtung durchgeführt werden, wenn ein entsprechendes Reaktionsmedium 30 eingesetzt wird.

Die erfindungsgemäße Schutzstruktur ist selbstaktivierend. Bei Überschreiten einer Temperaturschwelle bzw. wenn ein entsprechendes Beaufschlagungsmedium wirkt, kann der Austritt von Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 an die Oberfläche aktiviert werden. Die Schutzstruktur 10 selber kann grundsätzlich passiv ausgebildet werden. Das Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium 30 ist in dem zweiten Materialbereich 18 bzw. 18' bzw. 58 eingelagert und dadurch zumindest temporär bereitgehalten.

Patentansprüche

1. Schutzstruktur, umfassend einen ersten Materialbereich (16; 16'; 56) mit einer in den Außenraum (22) weisenden Oberfläche (20; 60) und einer inneren Grenzfläche (24; 74, 76), wobei zwischen der äußeren Oberfläche (20; 60) und der inneren Grenzfläche (24; 76) Kanäle (26) zur Fluidführung verlaufen, und einen zweiten Materialbereich (18; 18'; 58), welche mindestens in Teilbereichen mit der inneren Grenzfläche (24) des ersten Materialbereichs (16; 16'; 56) thermisch verbunden ist und welcher porös ausgebildet ist, wobei in Poren (28) ein Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium (30) eingelagert ist und Kanäle (32) zu der inneren Grenzfläche (24; 76) des ersten Materialbereichs (16; 16'; 56) zur Fluidführung verlaufen.
2. Schutzstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Materialbereich (16; 16', 56) und/oder der zweite Materialbereich (18; 18'; 58) offenporös ausgebildet ist.
3. Schutzstruktur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Materialbereich (18; 18'; 58) eine höhere Porosität als der erste Materialbereich (16; 16'; 56) aufweist.
4. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Materialbereich (16; 16'; 56) und/oder der zweite Materialbereich (18; 18'; 58) durch Risse und/oder Bohrungen gebildete Kanäle (26; 32) aufweist.

- 26 -

5. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der in den Außenraum (22) weisenden Oberfläche (20; 60) eine Schicht (40) aus Aktivatormedium (36) angeordnet ist und/oder die Kanäle (26) des ersten Materialbereichs (16; 16'; 56) mit Aktivatormedium (36) infiltriert sind, wobei das Aktivatormedium (36) die Kanäle (26) zu dem Außenraum (22) verschließt und wobei das Aktivatormedium (36) thermisch und/oder chemisch aktivierbar ist, um die Kanäle (26) zu dem Außenraum (22) hin zu öffnen.
6. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Materialbereich (18; 18'; 58) mit einer Reservoirereinrichtung (34; 50; 48) für Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium (30) in fluidwirksamer Verbindung steht.
7. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reservoirereinrichtung durch einen dritten Materialbereich (48) gebildet ist oder solch einen Materialbereich umfasst.
8. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Haltestruktur (14; 14'; 62), an welcher die Kombination aus erstem Materialbereich (16; 16'; 56) und zweitem Materialbereich (18; 18'; 58) fixiert ist.
9. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium in dem zweiten Materialbereich (18; 18'; 58) in gasförmiger, fester oder flüssiger Form oder als Gel eingelagert ist.

- 27 -

10. Schutzstruktur nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass Reaktionsmedium und/oder Kühlmedium (30) durch Kapillarwirkung und/oder durch Überdruck des Reaktionsmediums und/oder Kühlmediums (30) von dem zweiten Materialbereich (18; 18'; 58) an die Oberfläche (20; 60) des ersten Materialbereichs (16; 16'; 56) beförderbar ist.
11. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Materialbereich (16; 16'; 56) und der zweite Materialbereich (18; 18'; 58) einstückig verbunden sind.
12. Schutzstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Materialbereich (16; 16'; 56) und der zweite Materialbereich (18; 18'; 58) durch getrennte Materiallagen hergestellt sind.
13. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem ersten Materialbereich (56) und dem zweiten Materialbereich (58) eine thermische Isolierschicht (64) angeordnet ist.
14. Schutzstruktur nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Isolierschicht (64) mehrfach zusammenhängend ist.
15. Schutzstruktur nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich von Löchern (66) der thermischen Isolierschicht (64) der erste Materialbereich (56) und der zweite Materialbereich (58) thermisch verbunden sind.
16. Schutzstruktur nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass an Löchern (66) der thermischen Isolierschicht (64) Stege von dem ersten Materialbereich (56) in den zweiten Materialbereich (58) ragen.

- 28 -

17. Schutzstruktur nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass Stege (68) bis zu einer Haltestruktur (62) für den zweiten Materialbereich (58) ragen.
18. Schutzstruktur nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass Stege (68) quaderförmig und/oder pyramidenförmig und/oder pyramidenstumpfförmig und/oder kegelförmig und/oder kegelstumpfförmig und/oder keilförmig und/oder keilstumpfförmig und/oder zylindrisch ausgebildet sind.
19. Schutzstruktur nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Stege (68) aus dem Material des ersten Materialbereichs (56) hergestellt sind.
20. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Materialbereich (16; 16'; 56) aus einem Fasermaterial oder faserkeramischen Material oder keramischen Material hergestellt ist.
21. Schutzstruktur nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Materialbereich (16; 16'; 56) aus Graphit oder C/C oder SiC oder C-SiC oder C/C-SiC hergestellt ist.
22. Schutzstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmedium so gewählt ist, dass eine Transpirationsskühlung und/oder Effusionskühlung erfolgt.
23. Verwendung der Schutzstruktur gemäß einem der vorangehenden Ansprüche als Thermalschutzsystem für Flugkörper oder für eine Brennkammer oder für einen Ofen oder für den Brandschutz eines Bauwerks oder für einen Reaktor.

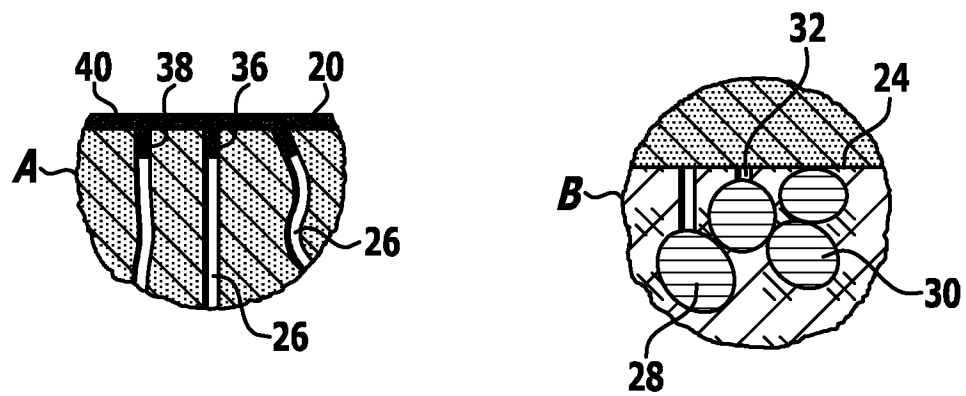
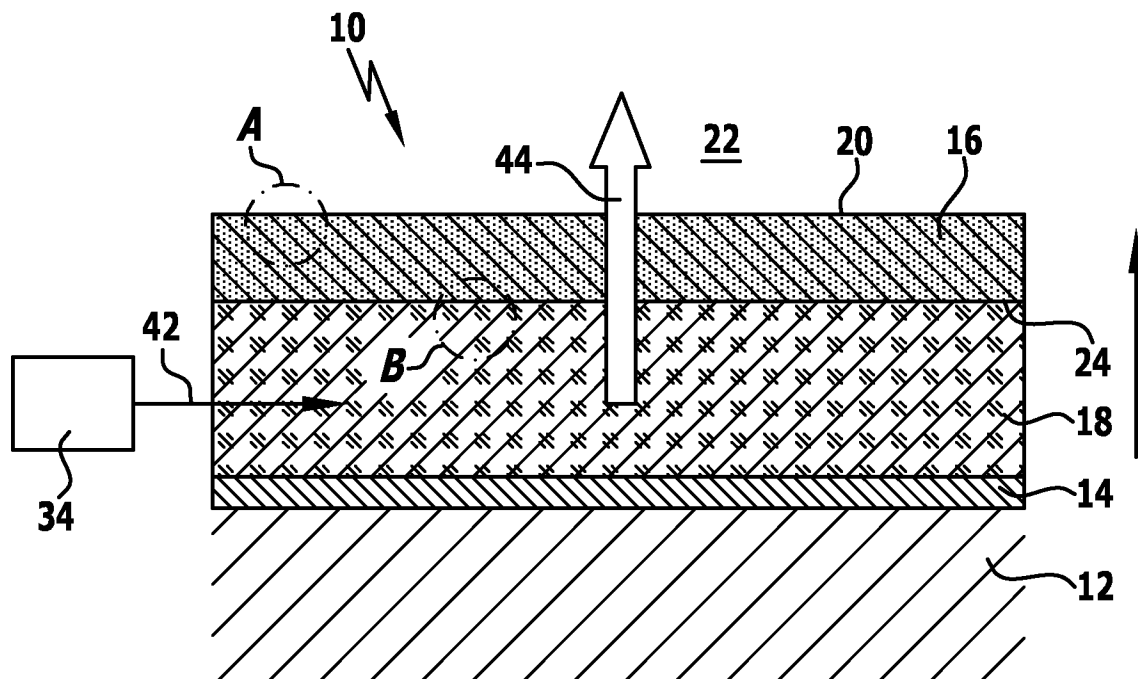
- 29 -

24. Verwendung der Schutzstruktur gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22 für die Neutralisierung von chemischen Stoffen, wobei das Reaktionsmedium als Reaktant für einen die Schutzstruktur beaufschlagenden chemischen Stoff gewählt wird.

* * *

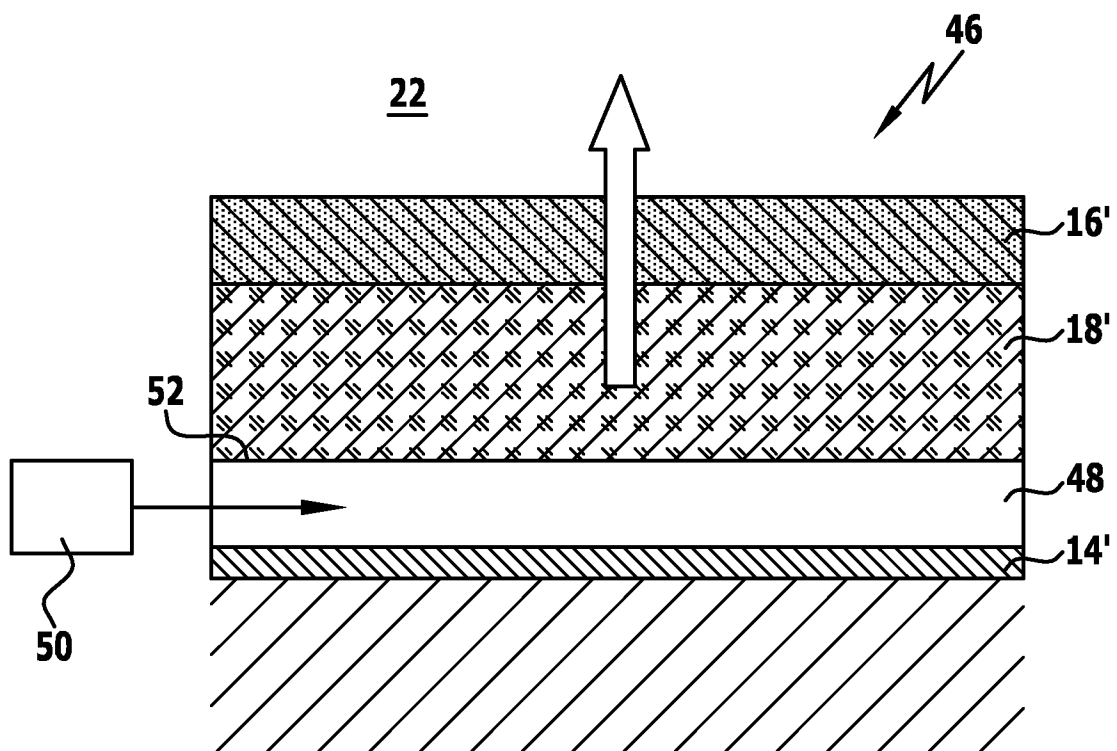
$$\frac{1}{5}$$

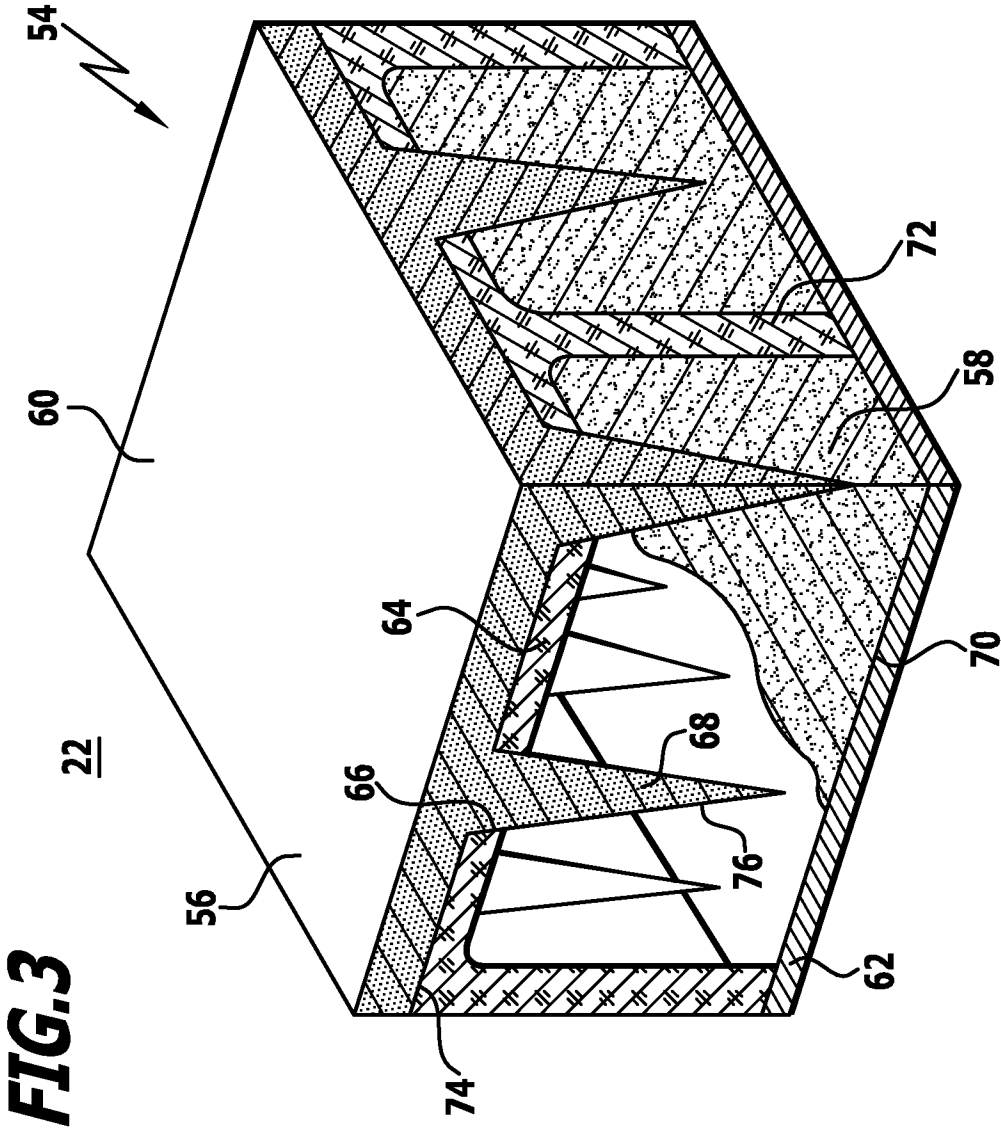
FIG.1



2/5

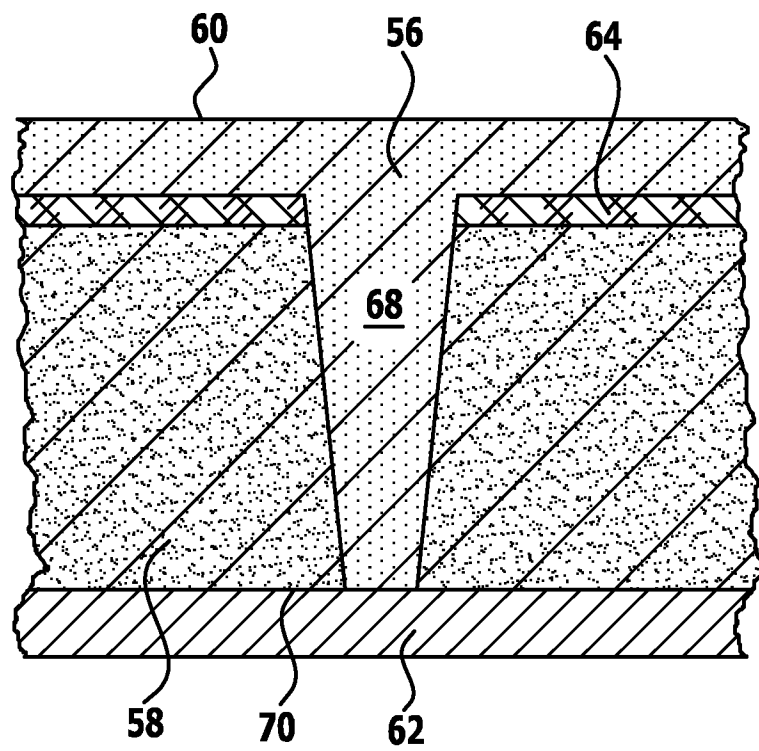
FIG.2





4/5

FIG.4



5/5

FIG.5

