



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 32 782 T2** 2007.11.08

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 222 016 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 32 782.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/28473**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 973 540.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/028665**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.10.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **26.04.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **03.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B01D 53/86** (2006.01)

B01D 53/94 (2006.01)

F01N 3/28 (2006.01)

B01J 35/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

159800 P **15.10.1999** **US**

222261 P **31.07.2000** **US**

(73) Patentinhaber:

ABB Lummus Global Inc., Bloomfield, N.J., US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**CARLBORG, A., Joakim, S-352 43 Växjö, SE;
CHANG, Yun-Feng, Randolph, NJ 07869, US;
MURRELL, L., Lawrence, South Plainfield, NJ
07080, US; TRUBAC, E., Robert, Ridgewood, NJ
07450, US; OVERBEEK, A., Rudolf, 3742 DL Baam,
NL; SCHMIDT, R., Verena, 5400 Baden, CH; YEH,
Y., Chuen, Edison, NJ 08820, US; SCHUH, Lothar,
68723 Plankstadt, DE**

(54) Bezeichnung: **UMWANDLUNG VON STICKSTOFFOXIDEN MITTELS EINES IN DER FORM EINES MASCHEN-
NETZWERKS AUSGEBILDETEN KATALYSATORS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Umwandlung von Stickstoffoxiden, wie NO und NO₂, und insbesondere die Umwandlung von Stickstoffoxiden in Gegenwart eines von einer maschenartigen Struktur gestützten Katalysators.

[0002] Von Interesse sind die folgenden, gleichzeitig anhängigen US-Anmeldungen der gleichen Anmelderin: SN 09/181,186 mit der Bezeichnung "Method and Apparatus for Making a Catalyst Carrier Device Element", Anmeldetag 28. Oktober 1998, Vogt et al., und die entsprechende Druckschrift WO-A-00/24506, Anmeldetag 21. Oktober 1999; SN 09/265,164 mit der Bezeichnung "Exhaust Gas Catalytic Converter", Anmeldetag 9. März 1999, J. Lloyd et al. und die entsprechende Druckschrift WO-A-00/53904, Anmeldetag 8. März 2000; SN 09/156,023 mit der Bezeichnung "Coated Products", Anmeldetag 17. September 1998, L. Schuh et al., und die entsprechende Druckschrift WO-A-99/15715, Anmeldetag 23. September 1998; SN 09/589,817 mit der Bezeichnung "Heat Exchanger/Reactor Apparatus", Anmeldetag 7. Juni 2000, Timothy Griffin et al., (WO-A-01/94006); SN 09/322,534 mit der Bezeichnung "Structured Packing and Element Therefor", Anmeldetag 28. Mai 1999, Rudolf A. Overbeek et al., und die entsprechende Druckschrift WO-A-99/62629, Anmeldetag 14. Mai 1999; SN 09/002,539 mit der Bezeichnung "Structured Packing and Element Therefor", Anmeldetag 2. Januar 1988, Bertina Paikert et al., entsprechend WO-A-99/34911, Anmeldetag 29. Dezember 1998.

[0003] Stickstoffoxide, wie NO und NO₂, sind unerwünschte Nebenprodukte in Abgasen in verschiedenen Anlagen, wie Kraftwerken, einschließlich mit Erdgas betriebenen Kraftwerken, Müllverbrennungsanlagen und mit Erdöl betriebenen Verbrennungsanlagen. Stickstoffoxide finden sich auch in den Verbrennungsprodukten von Dieselmotoren.

[0004] Das US-Patent 4 280 926 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines katalytischen Materials zur Verringerung von Stickstoffoxiden unter Verwendung von Ammoniak als Reduktionsmittel. Das Trägermaterial hat die Gestalt eines faserigen Blattes aus nicht-metallischen anorganischen Fasern im Gemisch mit einem katalytisch aktiven Pulver. Das Produkt kann ferner durch Imprägnierung in katalytisch aktiven Mitteln behandelt werden. Die Blätter können zu einer Bienenwabenstruktur geformt und mit einem Klebstoff auf der Basis einer Silicalösung fixiert werden.

[0005] Das US-Patent 4 416 800 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines katalytischen Materials. Das Trägermaterial weist die Gestalt eines faserigen Blattes auf, das aus nicht-metallischen anorganischen Fasern im Gemisch mit einem Katalysatorträger-Pulver besteht. Das Produkt kann durch Imprägnierung in einer Aufschlämmung oder Lösung mit einem Gehalt an Trägermaterialien und katalytisch aktiven Mitteln behandelt werden. Das katalytische Material kann für folgende Zwecke eingesetzt werden:

- a) Reduktion von Stickstoffoxiden in Gegenwart von Ammoniak (Katalysator: Cu, Fe, V, W und Mo auf Al₂O₃ oder TiO₂);
- b) Oxidation von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen (Katalysator: Pt auf Al₂O₃ oder TiO₂).

[0006] Erfindungsgemäß wird eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 zur Entfernung mindestens eines Stickstoffoxids aus einem Fluid, insbesondere einem Gas, bereitgestellt. Die Vorrichtung wandelt das mindestens eine Stickstoffoxid in Gegenwart eines Katalysators, der von einer maschenartigen Struktur gestützt wird, um. Die maschenartige Struktur weist eine Porosität von mehr als 85 % auf. Die maschenartige Struktur ist faserig und aus Metall, Metall und Keramik oder Keramik gebildet und umfasst Turbulenzgeneratoren.

[0007] Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Vorrichtungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Zeichnungen

[0008] **Fig. 1** ist eine isometrische schematische Darstellung einer Packungsstruktur, die zur Erläuterung der erfindungsgemäßen Prinzipien geeignet ist.

[0009] **Fig. 1a** ist eine Darstellung, die sich zur Erläuterung von Parametern eines gewählten Packungsmaterials eignet.

[0010] **Fig. 2** ist eine isometrische Teilschnittansicht einer Ausführungsform der Packungsstruktur zur Verwendung in der vorliegenden Erfindung.

[0011] [Fig. 3a](#), [Fig. 3b](#) und [Fig. 3c](#) sind Darstellungen verschiedener Kombinationen von Packungselementen, die die Dimensionsbeziehungen zwischen den verschiedenen Kombinationen zur Bildung eines vorgegebenen katalytischen Ergebnisses zeigen.

[0012] [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Mehrzahl von gewählten Packungselementen von [Fig. 2](#), die Seite an Seite dargestellt sind, um ihre relativen Wellungsanordnungen in der Ausführungsform von [Fig. 2](#) zu zeigen.

[0013] [Fig. 5](#) ist eine detailliertere perspektivische Ansicht eines Teils von einem der in der Ausführungsform der [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) verwendeten gewählten Elemente.

[0014] [Fig. 6](#) ist eine detailliertere Ansicht eines Teils des Elements von [Fig. 5](#) in Region 6.

[0015] [Fig. 7](#) ist eine detailliertere Ansicht eines Teils der Wirbelgeneratoren von [Fig. 6](#) in Region 7.

[0016] [Fig. 8](#) ist eine Endansicht eines Teils des Packungselements von [Fig. 5](#).

[0017] [Fig. 9](#) ist eine isometrische Ansicht einer zweiten Ausführungsform der Packungsstruktur zur erfindungsgemäßen Anwendung.

[0018] [Fig. 10a](#) ist eine Draufsicht von einem der Packungselemente von [Fig. 9](#).

[0019] [Fig. 10](#) ist ein Aufriss des Packungselements von [Fig. 10a](#) entlang der Linie 10-10.

[0020] [Fig. 11](#) ist eine Draufsicht der Struktur von [Fig. 9](#).

[0021] [Fig. 12a](#) ist eine detailliertere Ansicht eines Teils der Struktur von [Fig. 11](#).

[0022] [Fig. 13](#) ist ein Aufriss eines Rohlings zur Bildung eines Packungselements der Struktur von [Fig. 9](#).

[0023] [Fig. 14](#) ist eine isometrische Darstellung eines Packungsmoduls gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0024] [Fig. 15](#) ist eine weitere isometrische Ansicht des Packungsmoduls von [Fig. 14](#).

[0025] [Fig. 16](#) ist eine im Schnitt dargestellte Draufsicht der Ausführungsform von [Fig. 14](#) zur Darstellung eines Packungsmoduls in einem Rohr.

[0026] [Fig. 17](#) ist eine Draufsicht eines Satzes von Rohlingen, die zur Herstellung der Module von [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) verwendet werden.

[0027] [Fig. 18](#) ist eine detailliertere Ansicht eines Teils von einem der Rohlinge von [Fig. 17](#) zur Darstellung der Schaufelbildung.

[0028] [Fig. 19](#) ist ein Diagramm zur Erläuterung bestimmter Prinzipien der vorliegenden Erfindung.

[0029] Der hier verwendete Ausdruck "Entfernung von mindestens einem Stickstoffoxid" bedeutet, dass mindestens ein Stickstoffoxid mit einem oder mehreren Molekülen unter Bildung von zweiatomigem Stickstoff umgesetzt wird. Derartige Reaktionen umfassen (ohne Beschränkung hierauf) Oxidations-Reduktions-Reaktionen. Gemäß einem weiteren Aspekt wird das mindestens eine Stickstoffoxid ferner oxidiert und sodann mit einem Metallcarbonat, -bicarbonat oder -hydroxid unter Bildung eines Metallnitrits und Metallnitrats umgesetzt, wobei das Nitrit und das Nitrat unter Bildung von zweiatomigem Stickstoff reduziert werden und das Metallcarbonat, -bicarbonat oder -hydroxid regeneriert werden.

[0030] Das maschenartige Material besteht aus Fasern oder Drähten, z. B. aus einem Draht- oder Fasersieb, einem keramischen Fasersieb, einer Kombination aus Metall- und Keramikfasern, einem Metallfilz oder -gaze, Metallfaserfilter und dergl. Die maschenartige Struktur besteht aus einer Mehrzahl von Schichten von Fasern unter Bildung eines dreidimensionalen Netzwerks von Materialien. Die Trägerstruktur besteht aus einer Mehrzahl von Schichten von Fasern, die willkürlich in den Schichten orientiert sind. Ein oder mehr Metalle können bei der Herstellung eines Metallsiebs verwendet werden. Alternativ können die Maschenfasern keramische Fa-

sern anstelle von Metallfasern oder in Kombination damit enthalten. Keramische Fasersiebe werden von der Firma Crane & Co., Massachusetts, USA, vertrieben.

[0031] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform, bei der die maschenartige Struktur aus einer Mehrzahl von Schichten von Fasern unter Bildung eines dreidimensionalen Netzwerks von Materialien besteht, beträgt die Dicke eines derartigen Trägers mindestens 5 µm und übersteigt im allgemeinen 10 mm nicht. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Dicke des Netzwerks mindestens 50 µm und vorzugsweise mindestens 100 µm und übersteigt im allgemeinen 2 mm nicht.

[0032] Im allgemeinen beträgt die Dicke oder der Durchmesser der Fasern, die die Mehrzahl von Schichten von Fasern bilden, weniger als etwa 500 µm, vorzugsweise weniger als etwa 150 µm und insbesondere weniger als etwa 30 µm. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Dicke oder der Durchmesser der Fasern etwa 8 bis etwa 25 µm.

[0033] Die dreidimensionale maschenartige Struktur kann gemäß den US-Patenten 5 304 330, 5 080 962, 5 102 745 oder 5 096 663 hergestellt werden. Es ist jedoch ersichtlich, dass die maschenartige Struktur auch nach Verfahren, die nicht in den vorerwähnten Patenten beschrieben sind, gebildet werden kann.

[0034] Die maschenartige Struktur, die erfindungsgemäß verwendet wird (ohne gestützten Katalysator auf dem Sieb) weist eine Porosität oder ein Hohlraumvolumen auf, das mehr als 85 %, vorzugsweise mehr als 87 % und insbesondere mehr als 90 % beträgt. Der hier verwendete Ausdruck "Hohlraumvolumen" ergibt sich durch Division des Volumens der Struktur, die offen ist, durch das Gesamtvolumen der Struktur (Öffnungen und Maschenmaterial) und durch Multiplikation mit 100.

[0035] Gemäß einer Ausführungsform wird der Katalysator auf dem maschenartigen Material ohne Verwendung eines teilchenförmigen Trägers gestützt.

[0036] Bei einer weiteren Ausführungsform wird der Katalysator zur Umwandlung von Stickstoffoxid(en) auf einen teilchenförmigen Träger gestützt, der vom maschenartigen Material getragen wird. Der hier verwendete Ausdruck "teilchenförmig" umfasst kugelförmige Teilchen, längliche Teilchen, Fasern und dergl. Im allgemeinen übersteigt die durchschnittliche Teilchengröße des teilchenförmigen Produkts, auf das der Katalysator aufgebracht sein kann, 200 µm nicht und ist typischerweise nicht größer als 500 µm, wobei die durchschnittliche Teilchengröße in der Mehrzahl der Fälle 20 µm nicht übersteigt. Im allgemeinen beträgt die durchschnittliche Teilchengröße eines derartigen teilchenförmigen Produkts mindestens 0,002 µm und im allgemeinen mindestens 0,5 µm. Wenn der vom teilchenförmigen Träger gestützte Katalysator auf das Maschenwerk aufgebracht ist, übersteigt die durchschnittliche Teilchengröße des Katalysatorträgers im allgemeinen 10 µm nicht und bei Einschluss im Maschenwerk übersteigt dieser Wert im allgemeinen 150 µm nicht.

[0037] Die maschenartige Struktur, die als Träger für den Katalysator dient, liegt als eine geformte, strukturierte Packung vor. Diese Packung kann gemäß den nachstehend beschriebenen, beispielhaften Ausführungsformen so konfiguriert sein, dass sich ein turbulenter Zustand der über den Katalysator im Reaktor strömenden Gasphase ergibt. Die maschenartige Katalysator-Trägerstruktur kann mit geeigneten Wellen versehen sein, um für eine erhöhte Turbulenz zu sorgen, wie nachstehend ausführlicher beschrieben wird. Die maschenartige Struktur kann Streifen- oder Wirbelgeneratoren umfassen, um für Turbulenz zu sorgen, wie ebenfalls nachstehend dargelegt wird. Die Anwesenheit von Turbulenzgeneratoren verstärkt das Mischen in radialer (und longitudinaler) Richtung und verbessert auch den Zugang zum Katalysator, der auf das Maschenwerk aufgebracht oder darin eingeschlossen ist, indem für lokale Druckunterschiede über das Maschenwerk hinweg gesorgt wird und somit eine Antriebskraft für die Strömung geschaffen wird. Die strukturierte Packung kann auch in Form eines Moduls, wie einer Walze aus einem oder mehreren Blättern vorliegen, die in die Röhren eines Reaktors gebracht werden, so dass die Kanäle im Modul der Längsrichtung der Röhre folgen. Die Walze kann Blätter umfassen, die flach, gewellt oder wellig sind oder eine Kombination dieser Formen aufweisen und die Blätter können Rippen oder Löcher enthalten, um den Mischvorgang zu fördern. Die Blätter können auch zu gewellten Streifen geformt sein, die voneinander durch ein flaches Blatt getrennt sind, das genau zur Größe der Röhre passt, wobei die Blätter durch Schweißstellen, Drähte, ein zylindrisches flaches Blatt oder Kombinationen davon zusammengehalten werden. Das Maschenwerk mit Fasern aus Metall, Metall und Keramik oder Keramik kann zu einer Wabenstruktur mit parallelen Kanälen ausgebildet sein. Die Kanäle der Waben können Löcher und/oder Turbulenzgeneratoren umfassen, um einen erhöhten Massentransfer der Reaktanten auf dem Katalysator zu ermöglichen.

[0038] Der Katalysator, der von der maschenartigen Struktur gestützt wird, kann auf dem maschenartigen

Träger als ein Überzug auf den Drähten oder Fasern, die die maschenartige Struktur bilden, vorliegen und/oder er kann in den Zwischenräumen der maschenartigen Struktur vorliegen und darin festgehalten werden.

[0039] Der Katalysator kann auf die maschenartige Struktur nach einer Vielzahl von Techniken, z. B. durch Tauchen oder Spritzen, aufgebracht werden. Die Katalysatorteilchen können auf die maschenartige Struktur aufgebracht werden, indem man die maschenartige Struktur mit einer flüssigen Beschichtungszusammensetzung (vorzugsweise in Form eines Beschichtungsbads), die die Teilchen in dispergiertem Zustand in einer Flüssigkeit enthält, unter solchen Bedingungen in Kontakt bringt, dass die Beschichtungszusammensetzung in die maschenartige Struktur eindringt und von dieser aufgesaugt wird und einen porösen Überzug sowohl auf den Innen- als auch auf den Außenbereichen der maschenartigen Struktur bildet.

[0040] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die flüssige Beschichtungszusammensetzung eine kinematische Viskosität von weniger als 175 Cs und eine Oberflächenspannung von vorzugsweise weniger als 300 dyn/cm auf.

[0041] Gemäß einer Ausführungsform wird der Katalysator auf das Maschenwerk durch Tauchbeschichtung aufgetragen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird das dreidimensionale maschenartige Metallmaterial vor der Beschichtung oxidiert, z. B. durch Erwärmen in Luft auf eine Temperatur von 300 bis 700 °C. In einigen Fällen wird das maschenartige Material dann, wenn es mit organischen Materialien verunreinigt ist, vor der Oxidation gereinigt, z. B. durch Waschen mit einem organischen Lösungsmittel, wie Aceton.

[0042] Beim Beschichtungsbad handelt es sich vorzugsweise um ein gemischtes Lösungsmittelsystem aus organischen Lösungsmitteln und Wasser, worin die Teilchen dispergiert sind. Die Polarität des Lösungsmittelsystems ist vorzugsweise geringer als die Polarität von Wasser, um eine hohe Löslichkeit des Katalysators zu verhindern und um eine hochwertige Aufschlämmung für die Beschichtung zu erhalten. Beim Lösungsmittelsystem kann es sich um ein Gemisch aus Wasser, Amiden, Estern und Alkoholen handeln. Die kinematische Viskosität des Beschichtungsbads liegt vorzugsweise unter 175 Cs und die Oberflächenspannung beträgt vorzugsweise weniger als 300 dyn/cm.

[0043] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die maschenartige Struktur, die beschichtet wird, Metallfasern oder keramische Fasern oder Metall- und Keramikfasern, wobei die Metallfasern, die beschichtet werden, so ausgewählt oder behandelt werden, dass ihre Oberflächenspannung mehr als 50 dyn/cm beträgt, bestimmt gemäß dem in "Advances in Chemistry", 43, Contact Angle, Wettability and Adhesion, American Chemical Society, 1964, beschriebenen Verfahren.

[0044] Bei der Beschichtung einer maschenartigen Struktur, die Metallfasern umfasst, weist die flüssige Beschichtungsmasse vorzugsweise eine Oberflächenspannung von etwa 50 bis 300 dyn/cm und insbesondere von etwa 50 bis 150 dyn/cm auf, gemessen gemäß dem Kapillarrohrverfahren; T. C. Patton, "Paint Flow and Pigment Dispersion", 2. Auflage, Wiley-Interscience, (1979), S. 223. Gleichzeitig weist die flüssige Beschichtungsmasse eine kinematische Viskosität von nicht mehr als 175 Cs auf, gemessen mit einem Kapillarviskosimeter gemäß P. C. Hiemenz "Principles of Colloid and Surface Chemistry", 2. Auflage, Marcel Dekker Inc., (1986), S. 182.

[0045] Bei einer derartigen Ausführungsform sind die Viskosität und die Oberflächenspannung der flüssigen Beschichtungsmasse mit der Oberflächenspannung des zu beschichtenden Metalls so koordiniert, dass die flüssige Beschichtungsmasse in das Innere der Struktur gezogen wird, um auf der maschenartigen Struktur beim Trocknen eine teilchenförmige Beschichtung zu erzeugen. Das zu beschichtende Material weist vorzugsweise eine Oberflächenspannung auf, die über 50 dyn/cm liegt und vorzugsweise über der Oberflächenspannung der flüssigen Beschichtungsmasse liegt, um eine spontane Benetzung und ein Eindringen der Flüssigkeit in den Innenraum des Maschenwerks zu erreichen.

[0046] Für den Fall, dass das Metall der zu beschichtenden Struktur nicht die erwünschte Oberflächenspannung aufweist, kann die Struktur einer Wärmebehandlung unterzogen werden, um die erwünschte Oberflächenspannung zu erreichen.

[0047] Die flüssige Beschichtungsmasse kann ohne jegliche Bindemittel oder Klebstoffe zur Herbeiführung einer Haftung der teilchenförmigen Beschichtung auf der Struktur hergestellt werden.

[0048] Die Oberfläche der zu beschichtenden Struktur kann auch chemisch oder physikalisch modifiziert werden, um die Anziehung zwischen der Oberfläche und den Teilchen, die die Beschichtung bilden, zu erhöhen,

z. B. durch eine Wärmebehandlung oder chemische Modifikation der Oberfläche.

[0049] Der Feststoffgehalt des Beschichtungsbads beträgt im allgemeinen etwa 2 bis etwa 50 % und vorzugsweise etwa 5 bis etwa 30 %.

[0050] Das Bad enthält ferner Additive, wie oberflächenaktive Mittel, Dispergiermittel, wasserlösliche Polymere und dergl. Im allgemeinen beträgt das Gewichtsverhältnis von Additiven zu Teilchen im Beschichtungsbad 0,0001 bis 0,4 und insbesondere 0,001 bis 0,1.

[0051] Das maschenartige Material wird vorzugsweise beschichtet, indem man das maschenartige Material einmal oder mehrmals in ein Beschichtungsbad taucht, wobei zwischen den Tauchvorgängen ein Trocknungs- oder Calcinervorgang durchgeführt wird. Die Temperatur des Bads liegt vorzugsweise bei Raumtemperatur, muss jedoch in ausreichendem Maße unter dem Siedepunkt der Flüssigkeit im Bad liegen.

[0052] Nach der Beschichtung wird das maschenartige Material, das eine poröse Beschichtung aus einer Mehrzahl von Teilchen umfasst, getrocknet, wobei sich das Material vorzugsweise in einer senkrechten Position befindet. Die Trocknung wird vorzugsweise durch Kontakt mit einem strömenden Gas (wie Luft) bei einer Temperatur von 20 bis 150 °C und insbesondere von 100 bis 150 °C erreicht. Nach der Trocknung wird das beschichtete maschenartige Material vorzugsweise calciniert, z. B. bei einer Temperatur von 250 bis 800 °C, vorzugsweise von 300 bis 500 °C und insbesondere bei etwa 400 °C. Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden die Temperatur und der Luftstrom koordiniert, um eine Trocknungsgeschwindigkeit zu erreichen, die nicht in nachteiliger Weise die Katalysatorbeschichtung beeinflusst, z. B. durch Rissbildung, Blockierung von Poren und dergl. In zahlreichen Fällen wird eine langsamere Trocknungsgeschwindigkeit bevorzugt. Diese langsamere Trocknungsgeschwindigkeit kann durch Verwendung eines befeuchteten Trocknungsgases erreicht werden. Ferner kann es vorteilhaft sein, die Feuchtigkeit des Trocknungsgases als Funktion der Zeit zu variieren.

[0053] Die Dicke der gebildeten Beschichtung kann variieren. Im allgemeinen beträgt die Dicke mindestens 1 µm und im allgemeinen nicht mehr als 100 µm. Typischerweise liegt die Beschichtungsdicke unter 50 µm und übersteigt insbesondere 30 µm nicht. Die Anmelderin hat festgestellt, dass eine Beschichtungsdicke von weniger als 30 µm die Katalysatorwirksamkeit verstärkt und somit die volumetrische Aktivität erhöht.

[0054] Der Innenbereich des beschichteten Maschenmaterials weist eine Porosität auf, die ausreicht, um es den Teilchen, die die Beschichtung bilden, zu ermöglichen, in das dreidimensionale Netzwerk einzudringen oder einzuwandern. Somit bestimmen die Porengröße des dreidimensionalen Materials und die Teilchengröße der die Beschichtung bildenden Teilchen tatsächlich die Menge und die Gleichmäßigkeit der Beschichtung, die im Innern des Netzwerks des Materials abgeschieden werden kann, und/oder die Beschichtungsdicke im Netzwerk. Je größer die Porengrößen sind, desto größer ist die Dicke der Beschichtung, die erfindungsgemäß gleichmäßig aufgebracht werden kann.

[0055] Für den Fall, dass die Teilchen in Form eines Katalysatorvorläufers vorliegen, wird das Produkt nach der Abscheidung der Teilchen behandelt, um den Katalysatorvorläufer in einen aktiven Katalysator umzuwandeln. Für den Fall, dass die Teilchen, die im dreidimensionalen Netzwerk des Materials abgeschieden werden, einen Katalysatorträger bilden, können anschließend der aktive Katalysator oder der Katalysatorvorläufer auf einen derartigen Träger aufgebracht werden, z. B. durch Sprühen, Tauchen oder Imprägnieren.

[0056] Bei der Verwendung eines Beschichtungsbads kann die Beschichtungsaufschlammung in einigen Fällen Additive enthalten. Diese Additive verändern die physikalischen Eigenschaften der Beschichtungsaufschlammung, insbesondere die Viskosität und die Oberflächenspannung in der Weise, dass während des Tauchvorgangs die Aufschlammung in die Maschen eindringt und sich eine Beschichtung mit einer homogenen Verteilung im Innen- und Außenbereich der Maschen erreichen lässt. Sole verändern nicht nur die physikalischen Eigenschaften der Beschichtungsaufschlammung, sondern wirken auch als Bindemittel. Nach der Abscheidung wird der Gegenstand getrocknet und calciniert.

[0057] Als repräsentative Stabilisierungsmittel lassen sich erwähnen: polymerartige Polyacrylsäure, Acrylamine, organische quaternäre Ammoniumverbindungen oder andere spezielle Gemische, die auf der Grundlage der Teilchen ausgewählt werden. Alternativ kann für den gleichen Zweck ein organisches Lösungsmittel verwendet werden. Zu Beispielen für derartige Lösungsmittel gehören Alkohole oder flüssige Paraffine. Die Steuerung des pH-Werts der Aufschlammung, z. B. durch Zugabe von HNO_3 , stellt ein weiteres Verfahren zur Veränderung der Viskosität und der Oberflächenspannung der Beschichtungsaufschlammung dar.

[0058] Der Katalysator kann auf den maschenartigen Katalysatorträger durch ein elektrophoretisches Beschichtungsverfahren, wie es in US-A-6 217 732, Anmeldetag 17. September 1998, beschrieben ist, schichtförmig aufgebracht werden. Bei einem derartigen Verfahren wird eine drahtmaschenartige Struktur als eine der Elektroden verwendet und der Katalysator mit der erforderlichen Teilchengröße wird in einer Beschichtungs-aufschlammung suspendiert. An die Elektroden wird ein Potential angelegt, wobei es sich bei einer der Elektroden um die maschenartige Struktur, die aus einer Mehrzahl von Faserschichten gebildet ist, handelt und die maschenartige Struktur elektrophoretisch mit dem Katalysator beschichtet wird.

[0059] Wie vorstehend ausgeführt, kann der selektive Oxidationsträgerkatalysator vom maschenartigen Material gestützt werden, indem man das teilchenförmige Produkt in den Zwischenräumen der Maschen einschließt oder zurückhält. Beispielsweise kann bei der Herstellung einer maschenartigen Struktur aus einer Mehrzahl von Schichten von willkürlich orientierten Fasern der Katalysator oder ein Katalysatorträger im Gemisch, das zur Herstellung der maschenartigen Struktur verwendet wird, enthalten sein, wobei die maschenartige Struktur mit dem Katalysator oder Katalysatorträger, der in den Zwischenräumen der Maschen zurückgehalten wird, hergestellt wird. Beispielsweise können die maschenartigen Strukturen gemäß den vorerwähnten Patenten hergestellt werden, wobei ein entsprechender Katalysator oder Katalysatorträger den Maschen, die die Fasern und ein Bindemittel, wie Cellulose, enthalten, zugesetzt werden. Die hergestellte Maschenstruktur enthält den Katalysator, der in der Maschenstruktur festgehalten wird.

[0060] Obgleich bei einer bevorzugten Ausführungsform im wesentlichen die gesamte Dicke des Materials mit dem Katalysator beschichtet wird, fällt es unter den Geist und den Umfang der Erfindung, weniger als die gesamte Dicke mit derartigen Teilchen zu beschichten. Ferner fällt es unter den Umfang der vorliegenden Erfindung, verschiedene Beschichtungsdicken innerhalb der dreidimensionalen Struktur an den inneren Zwischenräumen des Maschenmaterials bereitzustellen.

[0061] Katalysatoren zur Umwandlung von Stickstoffoxiden sind aus dem Stand der Technik bekannt. Zu repräsentativen Beispielen hierfür gehören (ohne Beschränkung hierauf) Oxide von Vanadium, Aluminium, Titan, Wolfram und Molybdän. Zeolithe können ebenfalls verwendet werden. Zu Beispielen für die letztgenannten Produkte gehören ZSM-5 unter Modifikation mit Protonen oder Kupfer-, Cobalt-, Silber-, Zink- oder Platinkationen oder einer Kombination davon. Zu weiteren Beispielen für Katalysatoren zur Verwendung zur Umwandlung von Stickstoffoxiden, gehören Edelmetalle, wie Platin, Rhodium und Palladium. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass der Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebenen spezifischen Katalysatoren begrenzt ist.

[0062] Der Katalysator wird auf die maschenartige Struktur als Träger in einer wirksamen Menge, um Stickstoffoxid e) umzuwandeln, aufgebracht. Im allgemeinen ist der Katalysator in einer Menge von mindestens 5 % und vorzugsweise von mindestens 10 % vorhanden, wobei die Menge des Katalysators im allgemeinen 60 % und vorzugsweise 40 % (jeweils Gew.-%), bezogen auf Maschenwerk und Katalysator, nicht übersteigt. Bei einer Ausführungsform, bei der die Porosität oder das Hohlraumvolumen der maschenartigen Struktur vor Zugabe des Trägerkatalysators mehr als 87 % beträgt, beträgt das prozentuale Gewicht des Katalysators etwa 5 bis etwa 40 %. Wenn die Porosität oder das Hohlraumvolumen über 90 % liegt, beträgt der gewichtsprozentuale Anteil des Trägerkatalysators etwa 5 bis etwa 80 %.

[0063] Bei einer Ausführungsform, wird der Katalysator, der auf die maschenartige Struktur als Träger aufgebracht ist, bei der Reduktion von Stickstoffoxiden mit einem Reduktionsmittel, wie Harnstoff, Ammoniak, Kohlenwasserstoffen und dergl., in Gegenwart von Sauerstoff verwendet, um Stickstoff und Wasser zu erzeugen. Reduktionsmittel, wie Ammoniak oder Harnstoff, werden in breitem Umfang zur Beseitigung von NO_x aus stationären Quellen verwendet, jedoch nicht aus mobilen Quellen, wie Benzin, Diesel oder Erdgas, die in Kraftfahrzeugen verbrannt werden, was auf die Unzweckmäßigkeit der Lagerung von Ammoniak und von dessen Abgabe, Sicherheitsbedenken und den Austritt von Ammoniak (nicht-umgesetztes Ammoniak im ausströmenden Produkt) zurückzuführen ist. Wenn Kohlenwasserstoffe als Reduktionsmittel verwendet werden, entstehen ferner Kohlenoxide. Die Verwendung von Kohlenwasserstoffen in mobilen Quellen ist wahrscheinlicher. Jedoch umfasst die hier beschriebene Erfindung beliebige Reduktionsmittel, die in beliebigen Quellen, unabhängig davon, ob diese mobil oder stationär sind, verwendet werden.

[0064] Bei einer weiteren Ausführungsform wird der auf die maschenartige Struktur als Träger aufgebrachte Katalysator bei der Zersetzung von Stickstoffoxiden zu zweiatomigem Sauerstoff und zweiatomigem Stickstoff verwendet. Typische Katalysatoren, die für diesen Zweck verwendet werden, sind Übergangsmetall- und Edelmetallkationen, die durch Austausch in Zeolithe eingebracht sind oder auf Metalloxide aufgebracht sind.

[0065] Bei einer weiteren Ausführungsform, bei der die NO_x -Konzentrationen im Einsatzmaterial nieder sind, ist es vorteilhaft, die Konzentration an NO_x anzureichern, um die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen. Bei dieser Ausführungsform wird NO_x zunächst durch Adsorption an einem Katalysator angereichert und sodann umgesetzt, oder es wird an einem Katalysator oder Adsorptionsmittel adsorbiert, anschließend desorbiert und am gleichen oder an einem anderen Katalysator umgesetzt. Häufig unterscheiden sich die für die Adsorption und die Reaktion erforderlichen Temperaturen, wobei niedrige Temperaturen für die Adsorption und höhere Temperaturen für die Umsetzung bevorzugt werden. Aufgrund der rasch eintretenden Temperaturänderungen, die typisch für mobile Quellen, wie Kraftfahrzeugmotoren, sind, ist eine rasche Änderung zwischen Adsorption und Reaktion erforderlich, um einen optimalen Wirkungsgrad des Systems zu erreichen. Die Verwendung der hier beschriebenen maschenartigen Struktur ist für eine derartige Anwendung ideal, und zwar aufgrund der überlegenen Wärmeübertragung, der geringen thermischen Masse und der Fähigkeit zum elektrischen Erwärmen. Außerdem verbessert die Verwendung der maschenartigen Struktur den Wirkungsgrad des Katalysators und erhöht somit dessen volumetrische Aktivität.

[0066] Beispielsweise können Ammoniak oder Harnstoff mit NO und NO_2 , die in Abgasen von mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerken oder in den Verbrennungsprodukten von Verbrennungsmotoren auftreten, unter Bildung von Stickstoff und Wasser in Gegenwart des auf einer maschenartigen Struktur gestützten Katalysators gemäß den vorstehenden Ausführungsformen umgesetzt werden. Derartige Reaktionen laufen folgendermaßen ab: $4\text{NO} + 4\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

[0067] Ferner ist es möglich, einen Teil des Kraftstoffes zur Verringerung des Stickstoffoxids in den Fällen einzusetzen, bei denen es weniger zweckmäßig ist, Ammoniak oder Harnstoff zu verwenden, z. B. in einem mobilen Motor, wie einem typischen Kraftfahrzeug-Dieselmotor. $\text{C}_x\text{H}_y + 2\text{NO} + (x + y/4 - 1)\text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + y/2\text{H}_2\text{O} + x\text{CO}_2$

[0068] Die Reduktion von Stickstoffoxid und Katalysatoren hierfür sind beispielsweise in folgenden US-Patenten dargelegt: 5 750 460, 5 707 509, 5 580 534 und 5 905 056. Erfindungsgemäß wird ein derartiger Katalysator auf einem maschenartigen Material gemäß den vorstehenden Ausführungen gestützt.

[0069] Bei Verwendung für einen Dieselmotor kann das maschenartige Material, das den Katalysator zur Umwandlung des oder der Stickstoffoxide enthält, in einer Wabenstruktur ausgebildet sein. Im allgemeinen finden derartige Reaktionen bei einer Temperatur von etwa 100 bis etwa 500 °C und vorzugsweise von etwa 200 bis etwa 400 °C statt.

[0070] Bei einer weiteren Ausführungsform ist es möglich, N_2O gemäß der folgenden Reaktionsgleichung katalytisch zu zersetzen: $\text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2 + 1/2\text{O}_2$

[0071] Bei einer weiteren Ausführungsform kann ein Oxidationskatalysator, wie Platin, Palladium, Rhodium, Cobalt, Nickel, Eisen, Kupfer, Molybdän und dergl., und ein Kaliumcarbonat-Absorptionsmittel auf der vorstehend beschriebenen maschenartigen Struktur als Träger aufgebracht sein. Eine derartige Kombination aus dem Katalysator und Kaliumcarbonat, die auf eine maschenartige Struktur aufgebracht ist, kann zur gleichzeitigen Oxidation von CO zu CO_2 und von NO zu NO_2 gemäß den folgenden Reaktionen verwendet werden: $\text{CO} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ $\text{NO} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$

[0072] Das CO und NO kann im Abgas eines mit Erdgas betriebenen Kraftwerks auftreten. Das NO_2 wird an einem Carbonat, Bicarbonat oder Hydroxid, z. B. einem Alkali- oder Erdalkalimetallcarbonat, -bicarbonat oder -hydroxid, insbesondere Kaliumcarbonat, absorbiert und damit umgesetzt, wobei Kohlendioxid und Kaliumnitrit sowie Kaliumnitrat gemäß der folgenden Reaktion entstehen: $2\text{NO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{KNO}_2 + \text{KNO}_3$

[0073] Das Kaliumnitrit und Kaliumnitrat, die auf dem Katalysator verbleiben, werden sodann mit einem Reduktionsmittel, wie Wasserstoffgas in Abwesenheit von Sauerstoff umgesetzt, um den Katalysator gemäß der folgenden Reaktion zu regenerieren: $\text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + 4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{N}_2$

[0074] Wasser, z. B. Wasserdampf, und elementarer Stickstoff werden anstelle von NO oder NO_2 als Abgase abgegeben und Kaliumcarbonat liegt wieder als Absorptionsmittel auf der maschenartigen Struktur vor, was es ermöglicht, den Oxidations- und Absorptionszyklus wieder zu beginnen. Dieses Verfahren ist in den US-Patenten 5 665 321, 5 762 885 und 5 650 127 beschrieben.

[0075] Nachstehend werden verschiedene Ausführungsformen von strukturellen Packungen beschrieben. In [Fig. 1](#) stellt die Packung **2** einen schematisch dargestellten Vertreter einer Mehrzahl von parallelen, gewellten

Blättern eines porösen Maschenmaterials (hier als MEC-Material bezeichnet) dar, in der die Wellenstrukturen **4** durch diagonale Linien dargestellt sind, die in einem Winkel α zur senkrechten Strömungsrichtung f verlaufen. [Fig. 1a](#) stellt einen repräsentativen Querschnitt einer Wellenstruktur **6** dar. Benachbarte gewellte Blätter **8** alternieren in einem Winkel von 90° zueinander. Beim MEC-Material handelt es sich vorzugsweise um Metallfasern, wobei es sich aber auch um Keramik oder Kombinationen davon handeln kann.

[0076] Eine vertikale Orientierung der Packung relativ zur Strömungsrichtung f ist erstrebenswert, um den Druckabfall gegenüber der NO-Beseitigung zu optimieren und das Entweichen von NH_3 (nicht-umgesetztes NH_3) auf ein Minimum zu beschränken. Dies wird am besten durch den Entfernungswirkungsgrad dargestellt, der durch den Ausdruck $k/\Delta p$ charakterisiert ist, wobei k die Geschwindigkeitskonstante der Reaktion erster Ordnung bedeutet und Δp den Druckabfall bedeutet. In Tabelle I ist die Beziehung zwischen dem Neigungswinkel α und dem Entfernungswirkungsgrad für verschiedene Neigungswinkel dargestellt und wird auch mit einer typischen, für diesen Zweck verwendeten, monolithischen Wabenstruktur aus fester Keramik verglichen. Jedoch kann eine Maschen-Wabenstruktur in der alternativen Ausführungsform eingesetzt werden. Typische feste Keramikwaben weisen gemäß der Tabelle I einen Druckabfall bei einer Oberflächengeschwindigkeit von 5 m/s und 350°C von etwa 750 Pa/m auf. Wichtig ist der Mischgrad, der in einer Struktur bei einem geringeren Druckabfall (höherer Neigungswinkel) erreicht wird, wodurch tendenziell das Entweichen von Ammoniak verringert wird, während die NO-Umwandlung aufrechterhalten wird. Dieser geringere Druckabfall ist in Stromerzeugungssystemen wichtig, da jeglicher zusätzlicher Druckverlust den Wirkungsgrad der Stromerzeugungsturbinen verringert.

Tabelle I

Reaktionstemperatur=300 °C			gewellte poröse Struktur			
	Waben		Winkel 45°		Winkel 60°	
GHSV	Conv	$k/\Delta p$	Conv	$k/\Delta p$	Conv	$k/\Delta p$
10000	95,9	2366	91,8	3637	89,4	7377
20000	84,3	1371	83,9	1980	84,2	4680
Reaktionstemperatur=350 °C			gewellte poröse Struktur			
	Waben		Winkel 45°		Winkel 60°	
GHSV	Conv	$k/\Delta p$	Conv	$k/\Delta p$	Conv	$k/\Delta p$
10000	97,7	2794	93,9	4067	92,7	8603
20000	88,7	1615	89,2	2414	87,9	5357

[0077] Tabelle I zeigt, dass sich zwar eine geringfügige Abnahme der Umwandlung beim Übergang von einer Struktur mit einem Neigungswinkel von 45° zu einer Struktur mit einem Winkel von 60° ergibt, dass dies aber durch einen Anstieg des Gesamtwirkungsgrads überlagert wird. Die vorstehende Tabelle zeigt ferner, dass der Vorteil der porösen, gewellten Katalysatorstruktur gegenüber der Wabenstruktur mit steigendem GHSV-Wert zunimmt. Dies ist auf den zusätzlichen Vorteil einer besseren Vermischung bei höheren Durchsätzen aufgrund der eine Turbulenz verursachenden Wellenstruktur zurückzuführen, im Gegensatz zum laminaren Strömungsverlauf, der für eine Wabenstruktur typisch ist.

[0078] Es wird angenommen, dass zur Erzielung einer weiteren Zunahme der Umwandlung eine Kombination von gewelltem, porösen MEC-Maschenmaterial und einem herkömmlichen keramischen, monolithischen Wabenmaterial in einer vertikalen Strömungsorientierung verwendet werden sollte. Dies ist in [Fig. 3c](#) dargestellt. Jedoch kann auch alternativ eine Maschen-Waben-Struktur, die aus Metallfasern und/oder Keramikfasern aufgebaut ist, verwendet werden.

[0079] In [Fig. 3a](#) weist eine herkömmliche Keramik-Wabenstruktur **10** eine Länge von L_1 auf, während eine erfindungsgemäße gewellte Struktur **12** unter Verwendung von MEC-Maschenmaterial für die Struktur-Packungselemente eine Höhe von L_2 aufweist und für einen gegebenen Umwandlungsgrad die Beziehung $L_2 < L_1$ gilt. In [Fig. 3c](#) ist die gewellte Struktur **14** mit einer Wabenstruktur **16** mit einer im wesentlichen gleichen Bauweise wie die Strukturen **10** und **12** kombiniert, ausgenommen, dass die Längen nunmehr geringer sind, um eine vorgegebene Umwandlung zu erreichen, die entweder durch die Wabenstruktur allein von [Fig. 3a](#) oder die gewellte Struktur von [Fig. 3b](#) erreicht wird. Somit wird eine verbesserte Umwandlung erreicht, wobei weniger Material für die Wellenstruktur verwendet wird. Die Verwendung einer geringeren Menge der DeN-O_x-Struktur stellt eine Kompromisslösung gegenüber existierenden Anlagen dar, die auf Kosten eines etwas

höheren Entferungsgrads einen höheren "revamp/turnaround" bevorzugen. Die Steigerung der Umwandlung wird durch die verbesserte Mischung der Struktur erreicht, die einen verbesserten Wirkungsgrad der nachgeschalteten Wabe ergibt.

[0080] In [Fig. 2](#) umfasst eine bevorzugte Konverterstruktur **18** ein Gehäuse **20**, das vorzugsweise einen quadratischen oder rechteckigen Querschnitt zeigt und eine Kammer aufweist, in der sich die Packung **22** befindet. Die Packung **22** umfasst poröse, maschenartige, faserige MEC-Materialelemente, vorzugsweise Metallfasern, gemäß den vorstehenden Ausführungen.

[0081] Das poröse MEC-Material umfasst eine Mehrzahl von gewellten Elementen **24** gemäß Darstellung in [Fig. 1](#) und gemäß den Angaben in Tabelle I, vorzugsweise in einem Neigungswinkel α von 45° oder einem anderen geeigneten Winkel entsprechend einer vorgegebenen Arbeitsweise. Die Elemente **24** sind bei dieser Ausführungsform identisch, sie können sich aber je nach der speziellen Arbeitsweise unterscheiden. In [Fig. 19](#) ist der Winkel von benachbarten Elementen durch 2α definiert, wobei jede diagonale Linie in der Figur die Wellenstrukturen eines Elements darstellt und die zwei sich kreuzenden Diagonalen benachbarte Elemente repräsentieren, wobei die Strömungsrichtung der Darstellung in [Fig. 1](#) entspricht. Aus [Fig. 4](#) ist ersichtlich, dass sich der Neigungswinkel α von benachbarten Elementen um 2α unterscheidet und eine alternierende Anordnung vorliegt. Auf den Elementen **24** befinden sich keine Wirbelgeneratoren. Die Anzahl der verwendeten Elemente hängt von den Abmessungen des Gehäuses **20** und den Abmessungen der Wellenstrukturen und selbstverständlich von der Blattdicke ab.

[0082] In [Fig. 5](#) kann alternativ ein gewelltes Element **26** aus Maschenmaterial anstelle der gewellten Elemente **24** von [Fig. 4](#) verwendet werden. Das Element **26** weist Wirbelgeneratoren **28** und **30** auf. Das Element **28** von [Fig. 6](#) wird in Vorrichtungen hergestellt, die in den vorerwähnten Anmeldungen WO-A-00/53904 und WO-A-99/34911 dargestellt und beschrieben sind. Die letztgenannten Anmeldungen liefern eine Beschreibung für eine Vorrichtung zur Herstellung der Elemente **26** unter Bildung von Wellenstrukturen **32** und Wirbelgeneratoren im Blattmaterial. Die Wellenstrukturen werden durch benachbarte Seitenwände **34**, **36**, **38**, **40** und dergl. gebildet. Die Wellenstrukturen definieren Täler **42** und Bergrücken **44**. Die Seitenwände sind vorzugsweise mit einem Winkel β ([Fig. 8](#)) von etwa 90° geneigt. Die Täler und Bergrücken erstrecken sich in linearer Richtung.

[0083] Die Elemente **24** von [Fig. 4](#) sind so orientiert, dass ihre Wellenkanalachsen in abwechselnden Winkeln zur Strömungsrichtung f von [Fig. 1](#) verlaufen. Die Wellenstrukturen definieren durchlaufende Gaskanäle. Diese Kanäle stehen miteinander an den Rändern der Elemente an der Umfangsoberfläche des Gehäuses **20** in Fluidverbindung. Der Strömungsmusterwinkel kann einen beliebigen gewünschten Wert entsprechend einer vorgegebenen Arbeitsweise gemäß der vorstehenden Tabelle I bei einem gewünschten minimalen Druckabfall aufweisen. Das in das Gehäuse **20** in Richtung **21** eintretende Gas ([Fig. 2](#)) gelangt in die Kanäle der Elemente und wird sodann zunächst mit einem Winkel α und anschließend in den benachbarten Elementen mit einem Winkel von 2α hierzu umgelenkt usw., so dass sich ein Wechsel der Strömungsrichtung ergibt. Dies erzeugt eine Turbulenz in der Strömung. Diese Turbulenz erzeugt einen Druckunterschied über die Elemente, was dazu führt, dass der Fluidstrom durch die Poren des porösen MEC-Blattmaterials verläuft.

[0084] In den [Fig. 6](#), [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) handelt es sich bei den Wirbelgeneratoren **46** und **48** um Dreiecke, die aus der Ebene des Blattmaterialelements **26** herausgebogen sind. Die Generatoren **46** und **48** wechseln in der Richtung ab, in der sie von der Ebene des Blattmaterials vorstehen, wie am besten aus [Fig. 8](#) ersichtlich ist. Die Wellenstrukturen weisen eine Breite w auf. Die Wirbelgeneratoren erzeugen eine zusätzlich Turbulenz und fördern somit den Fluidstrom durch die Poren des MEC-Materials aufgrund des herrschenden Druckunterschieds. Dies wird mit größerer Ausführlichkeit in der vorerwähnten Druckschrift WO-A-99/62629 beschrieben.

[0085] Gemäß [Fig. 9](#) ist eine strukturierte Packung **102** einer weiteren Ausführungsform aus porösem Maschen-MEC-Material, Metallfasern und/oder Keramikfasern gebildet und umfasst eine Anordnung von identischen Packungselementen **104**, **106**, **108** und **110**, die Bestandteil einer größeren Anordnung **103** ([Fig. 11](#)) sind. Diese Packungsstruktur zeigt Wirbelgeneratoren mit einer bestimmten Konfiguration. Während in [Fig. 11](#) 9 Elemente dargestellt sind, was lediglich der Erläuterung dient, können in der Praxis je nach einer vorgegebenen Arbeitsweise mehr Elemente oder weniger Elemente verwendet werden. Ferner sind die Elemente in quadratischer Anordnung dargestellt. Auch diese Konfiguration dient nur der Erläuterung einer bevorzugten Ausführungsform. In der Praxis kann die Anordnung im Grundriss auch eine rechteckige, kreisförmige oder andere gewünschte Gestalt, die vergleichbar mit der Darstellung von [Fig. 11](#) ist, aufweisen, je nachdem, wie es für eine vorgegebene Arbeitsweise erwünscht ist.

[0086] Die Elemente befinden sich in einem äußeren Turmgehäuse **112**, der in diesem Fall im Querschnitt quadratisch ist. Andere Gehäuse (nicht dargestellt) können im Querschnitt rechteckig oder kreisförmig sein, wie es beispielsweise in den nachstehend beschriebenen Ausführungsformen gezeigt ist. Jedes Element **104**, **106**, **108** und **110** ist aus einem identischen Substratrohling **114** ([Fig. 13](#)) gebildet, der vorzugsweise aus porösen Verbundfasern gemäß den vorstehenden Ausführungen besteht. Das Material ist vorzugsweise aus dem vorstehend beschriebenen Material oder aus einem Material, wie es in den in der Einleitung erwähnten Druckschriften beschrieben wird, gebildet.

[0087] Der Rohling **114** stellt ein Teilstück eines größeren vollständigen Rohlings, der jedes der Elemente von [Fig. 11](#) bildet, dar. Der vollständige Rohling (nicht dargestellt) entspricht der Darstellung für den partiellen Rohling **114** mit einer identischen Wiederholung des dargestellten Musters, das sich in der Figur nach rechts erstreckt (und sich gemäß einer vorgegebenen Arbeitsweise ferner senkrecht in der Figur von oben nach unten weiter ausdehnen kann).

[0088] In [Fig. 13](#) umfasst der Substratrohling **114** eine Mehrzahl von optionalen durchgehenden Ausschnitten, die durch durchgezogene Linien dargestellt sind. Faltungslinien sind durch die gestrichelten Linien **116**, **118**, **120**, **160** und dergl. dargestellt. Eine erste Reihe **122** von identischen Streifen **124** und identischen Durchgangslöchern **126** ist ausgebildet, wobei ein Streifen **124** und ein Loch **126** jeweils zwischen wechselnden Paaren von benachbarten Faltungslinien, z. B. den Linien **116**, **118**, **120** und **121** usw., angeordnet sind. Die Streifen **124** bilden schließlich Wirbelgeneratoren, wie nachstehend beschrieben wird. Die Löcher **126** befinden sich neben der Spitzenregion der Streifen **124** und sind an einer kanalbildenden Faltungslinie angeordnet, von der die geneigte Kante **130** ausgeht. Die gleichen Bezugszeichen mit oder ohne Apostroph und Mehrfachapostroph in den Figuren repräsentieren identische Teile. Jeder Streifen **124** weist einen ersten Rand **128** auf, der gemeinsam mit einer kanalbildenden Faltungslinie, z. B. der Linie **118**, verläuft. Der Streifen **124** weist eine zweite Kante **130** auf, die von einer zweiten kanalbildenden Faltungslinie, z. B. der Faltungslinie **116**, ausgeht und zu den Faltungslinien **116** und **118** geneigt ist und an einer distalen Endsegmentspitze **132** endet. Die Kanten **128** und **130** enden an einem Ende der Faltungslinie **160** entlang der Ebene **133**. Die Spitze **132** weist eine Kante auf, die gemeinsam mit der Kante **128** verläuft, wobei beide Kanten gerade sind und auf einer Kanalfaltungslinie, z. B. der Linie **118**, liegen. Die Kanten **128** und **130** gehen beide von einer gemeinsamen Querebene **133** aus, was für alle Kanten der Streifen **124** der Reihe **122** gilt. Die Spitze **132**, die optional ist, ist vorzugsweise für den zu beschreibenden Zweck quadratisch oder rechteckig, kann aber je nach einer vorgegebenen Arbeitsweise auch andere Formen aufweisen. Die Löcher **126** sind geringfügig größer als die Spitze **132**, um einer Spitze **132** eines Streifens **124** einen Durchtritt in einer zu erläuternden Art zu ermöglichen. Sämtliche Streifen **124** und Löcher der Reihe **122** sind parallel zur Ebene **133** ausgerichtet.

[0089] Weitere Reihen **127** und **129** von Streifen **124** und Löchern **126** sind parallel zur Reihe **122** ausgerichtet und sind in der gleichen Spalte, z. B. der Spalte **134**, zwischen einem gegebenen Satz von Faltungslinien, z. B. den Linien **116** und **118**, ausgerichtet. Die Streifen **124** und die Löcher **126** zwischen Faltungslinien **116** und **118** sind in der Spalte **134** ausgerichtet. Der dargestellte Rohling **114** weist abwechselnde Spalten **136**, **138** usw. auf, entsprechend einer Spalte **134** von Streifen **124** und Löchern **126**, die in entsprechenden Reihen **127** und **129** ausgerichtet sind. Je nach einer vorgegebenen Arbeitsweise können derartige Reihen und Spalten in größerer oder geringerer Anzahl vorgesehen werden.

[0090] Die Reihen **122**, **127** und **129** wechseln mit den Reihen **140**, **142** und **144** von Streifen **124** und Löchern **126** ab. Die Streifen **124** und Löcher **126** der Reihen **140**, **142** und **144** befinden sich in abwechselnden Spalten **146**, **148**, **150** usw. Infolgedessen weist der Rohling **114** eine Mehrzahl von Reihen und Spalten der Streifen **124** und der Löcher **126** auf, wobei die Streifen eines gegebenen Satzes von Spalten und Reihen in vertikaler und horizontaler Position in bezug zu den Streifen und Löchern der restlichen Spalten und Reihen gemäß der Darstellung abwechseln.

[0091] In den [Fig. 10](#) und [Fig. 10a](#) wird das Element **104**, wie sämtliche Elemente, durch Biegen des Rohlingsubstratmaterials entlang der Faltungslinien **116**, **118**, **120**, **121** usw. ([Fig. 13](#)) in abwechselnd entgegengesetzten Richtungen gebildet. Dadurch wird der Rohling **114** zu einer kanalisierten, quasi-gewellten Struktur ausgebildet. Die Struktur weist identische, vorzugsweise im Grundriss quadratische Kanäle **154**, **156**, **158** usw. auf. Diese Kanäle sind abwechselnd entgegengesetzten Richtungen **159** zugewandt ([Fig. 12](#)). Somit sind die Kanäle **154**, **158** usw. der Unterseite der Figur in Richtung **159** zugewandt und die Kanäle **156**, **161**, **163** usw. sind in der entgegengesetzten Richtung der Oberseite der Figur zugewandt.

[0092] In [Fig. 12](#) weist ein repräsentatives Element **162** Kanäle **164**, **166**, **168**, **170** auf, die jeweils eine entsprechende Zwischenverbindungswand **172**, **174**, **176** und **178** usw. aufweisen, die in Ebenen liegen, die sich

in der Figur von links nach rechts erstrecken und im Abstand voneinander in einer normalen Richtung angeordnet sind. Der Kanal **166** weist Seitenwände **180** und **182** auf und der Kanal **168** weist Seitenwände **182** und **184** auf, wobei die Kanäle **166** und **168** die Wand **182** gemeinsam haben. Das Element **162** weist ferner identische Kanäle auf, wie in [Fig. 11](#) dargestellt ist. Sämtliche Elemente der Packung **102** sind gleichermaßen mit identischen Kanälen aufgebaut.

[0093] Vor der Bildung der Kanäle oder gleichzeitig damit werden die Streifen **124** ([Fig. 13](#)) so gebogen, dass sie sich von der Ebene des Rohlings **114** aus erstrecken und Wirbelgeneratoren an kolinearen Faltungslinien **160**, die in der Ebene **133** liegen, bilden.

[0094] Die Streifen **124** in der Reihe **122** sind aus der Ebene der Figur heraus in abwechselnden Spalten **134**, **136**, **138** und dergl. in entgegengesetzte Richtungen gebogen. Somit sind die Streifen der Spalten **134**, **138** und **145** in der gleichen Richtung gebogen, z. B. von der Zeichnungsebene in Richtung zum Betrachter. Die Streifen in den Spalten **136** und **191** sind in entgegengesetzter Richtung gebogen, und zwar aus der Ebene der Figur weg vom Betrachter. Die gleiche Biegefolge wird an dem Streifen der Reihen **127** und **129**, die sich in den gleichen Spalten wie die Streifen der Reihe **122** befinden, eingehalten, so dass die Streifen einer gegebenen Spalte alle in parallelen Richtungen gebogen sind.

[0095] Die Streifen **124'** der nächsten Reihe **140** in den benachbarten abwechselnden Spalten **146**, **148**, **150** usw. sind alle parallel in der gleichen Richtung an entsprechenden kolinearen Faltungslinien **186**, die parallel zur Ebene **133** in Richtung zum Betrachter verlaufen, gebogen. Sie sind ferner parallel zu dem Streifen der Spalten **139**, **138** usw.

[0096] Die Streifen **124''** der nächsten Reihe **127** sind an ihren entsprechenden Faltungslinien in der gleichen Richtung wie die Streifen **124'** in der Reihe **127** gebogen, z. B. aus der Zeichnungsebene in Richtung zum Betrachter. Diese Streifen verlaufen parallel zu den Streifen der Reihe **140**.

[0097] Die Streifen **124'''** der Reihe **142** sind an ihren Faltungslinien **188** in einer Richtung gebogen, die entgegengesetzt zur Biegung der Streifen der Reihen **127** und **140** verläuft, z. B. in einer Richtung, die sich von der Zeichnungsebene aus weg vom Betrachter erstreckt. Diese Streifen verlaufen parallel und sind in der gleichen Richtung wie die Streifen in den Spalten **136** und **141** gebogen. Die Streifen der Reihe **129** sind in der gleichen Richtung wie die Streifen der Reihen **122** und **127** in den gleichen Spalten gebogen, wobei sich derartige Biegungen wiederholen. Die Streifen der Reihe **144** sind in der gleichen Richtung wie die Streifen der Reihen **142** und **140** zum Betrachter hin gebogen.

[0098] In den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) weist das Element **104** Sätze von Streifen **124₁**, **124₁'**, **124₁''**, **124₁'''**, **121** und **123** im Kanal **154** auf. Die Streifen **124₁**, **124₁''** und **121** erstrecken sich alle in der gleichen Richtung, beispielsweise von der Verbindungswand **190** des Kanals **154** in den Kanal **154**. Die Streifen **124₁'** und **123** erstrecken sich von der gleichen Seitenwand aus, z. B. der Seitenwand **192**. Der Streifen **124₁'''** erstreckt sich jedoch von der entgegengesetzten Seitenwand **194** aus in den Kanal **154**. Die Streifen im Grundriss entlang des Kanals **154** von der Oberseite der Figur zur Unterseite ([Fig. 9](#) und [Fig. 10](#)) unterbrechen die vertikalen Kanäle und bilden somit einen ausschließlich gewundenen, im allgemeinen vertikalen Weg für die Fluide. Entlang der Kanallängen steht für keinen der Kanäle ein offener, kontinuierlicher, vertikaler, linearer Fluidweg zur Verfügung.

[0099] Die Streifen im nächsten gegenüberliegenden zugewandten Kanal **156** befinden sich in spiegelbildlicher Orientierung zu den Streifen des Kanals **154**, wie am besten aus [Fig. 10](#) ersichtlich ist.

[0100] Die gewundene, blockierende Unterbrechung des vertikalen linearen Weges durch die Streifen ist am besten aus [Fig. 12a](#) ersichtlich. In einem repräsentativen Element **162** weist ein Kanal **166** einen obersten Streifen **124₂**, einen nächst tieferen Streifen **124₂'** und einen weiteren nächst tieferen Streifen **124₂''** und dergl. auf. Wie dargestellt, überlagert ein Teil von jedem der Streifen einen Teil der anderen Streifen im Kanal. Im Grundriss ist der Kanal **166** vollständig durch die Streifen in vertikaler Richtung, die senkrecht zur Ebene der Figur verläuft, blockiert, was für sämtliche Kanäle gilt. Somit ist kein vertikaler linearer Fluidweg entlang der Länge des Kanals **166** (oder der Kanäle **154**, **156**, **158** usw. in [Fig. 10](#)) vorhanden. Ferner weist jeder Streifen in einem gegebenen Kanal einen Rand auf, der einer Seitenwand oder einer Verbindungswand benachbart ist und an diese anstößt.

[0101] Die Löcher **126** nehmen jeweils eine Spitze **132** eines entsprechenden Streifens auf. Beispielsweise erstreckt sich in [Fig. 12](#) eine Spitze **132₂** eines Streifens **124₂** durch ein Loch **126** in einen benachbarten Kanal **196** eines benachbarten Elements **1102**. Eine Spitze **132₂'** des Streifens **124₂'** erstreckt sich in einen benach-

barten Kanal **198** eines Elements **162**. Eine Spitze **132₂** eines Streifens **124₂** erstreckt sich in einen benachbarten Kanal **1100** des Elements **162**. Die Streifenspitzen erstrecken sich somit durch die entsprechenden Löcher **126** des Kanals in den nächsten benachbarten Kanal, was für sämtliche Streifen gilt.

[0102] Die Streifen, die sich von einer mittleren Verbindungswand erstrecken (z. B. der Streifen **124₂** von [Fig. 12](#)) und an der Wand **174** des Elements **162** angebracht sind, erstrecken sich durch das Loch **126** der Verbindungswand des benachbarten Packungselements (z. B. die Wand **197** des Elements **1102**) und gehen durch diese hindurch. Jedoch erstreckt sich keiner der Streifen des Elements **1102** in oder in Richtung zu den Kanälen des Elements **162**. Somit werden die Streifen eines jeden Elements dazu verwendet, im wesentlichen nur mit den Kanälen dieses Elements zusammenzuarbeiten, um die angestrebten gewundenen Fluidwege bereitzustellen. Die Streifen eines jeden Elements sind im wesentlichen von den Kanälen der benachbarten Elemente unabhängig, obgleich die Spitzen **132** der Verbindungswandstreifen auf die beschriebene Weise mit den Verbindungswänden und Kanälen der benachbarten Elemente zusammenarbeiten.

[0103] Die Streifen **124** und Spitzen **132** sind nicht aus der Ebene des Rohlings **114** ([Fig. 13](#)) weggebogen, und zwar für die Wände der Kanäle, die dem Gehäuse am nächsten liegen, wobei diese Wände am Gehäuse **112** anstoßen. Somit erstrecken sich die Streifen an den Rändern der Strukturanordnung **103** ([Fig. 11](#)) nicht über die Struktur hinaus, so dass sie die Innenwände des Gehäuses **112** nicht beeinträchtigen. Gleichmaßen sind die Streifen der Randoberflächen der Struktur **103** nicht über die Ebene dieser Oberflächen hinaus gebogen, wie in [Fig. 11](#) dargestellt ist. Löcher **126** in diesen Randoberflächen sind ebenfalls nicht erforderlich.

[0104] Die Spitzen **132** und Löcher **126** werden gegebenenfalls zur Bereitstellung eines Tropfenstroms von Flüssigkeit zu gegenüberliegenden Seiten der entsprechenden Kanalwände zur Verstärkung des Fluidkontakts in der gesamten Packungsstruktur verwendet. Ferner sind Querverbindungs Löcher und dergl. fakultativ erfindungsgemäß vorgesehen.

[0105] Die Löcher **126** sorgen für eine Fluidverbindung unter den Kanälen in einer Richtung quer zur vertikalen Achse der Strukturanordnung **103**. Selbstverständlich sorgen die Öffnungen im Strukturelement-Blattmaterial, das durch Biegen der Streifen aus der Ebene des Blattmaterials heraus gebildet ist, für eine bessere Fluidverbindung zwischen den Kanälen in Querrichtung. Diese Öffnungen und Löcher **126** können in sämtlichen vier Wänden jedes inneren Kanals ausgebildet sein.

[0106] Die Elemente der Strukturanordnung **103** ([Fig. 11](#)), z. B. die Elemente **104**, **106**, **108**, **110** usw., sind vorzugsweise aneinander durch Punktschweißen der Ecken der Kanäle an den oberen und unteren Enden der Anordnung **103** befestigt. Das Verschweißen ist fakultativ, da die Elemente so bemessen sein können, dass sie passgenau in das Turmgehäuse **112** ([Fig. 11](#)) passen und am Gehäuse durch Reibung oder andere Mittel (nicht dargestellt), wie Befestigungsvorrichtungen oder dergl., an Ort und Stelle gehalten werden. Die Elemente können auch durch beliebige zweckmäßige Befestigungsvorrichtungen oder Verbindungsmittel aneinander befestigt werden.

[0107] Es ist darauf hinzuweisen, dass die Anzahl an Streifen in einem Kanal und ihre relative Orientierung nur als Beispiel angegeben sind. Beispielsweise erstreckt sich nur ein Streifen, z. B. der Streifen **124₁**, im Kanal **154** von der Seitenwand **194** aus in den Kanal **154**. In der Praxis erstrecken sich mehr als ein Streifen pro jeder Seitenwand in jedem Kanal. Ferner stellt die Abfolge der Streifenorientierung, z. B. die Tatsache, welche Streifen sich von einer gegebenen Wand aus in vertikaler Richtung erstrecken, ebenfalls nur ein Beispiel dar, da auch andere Orientierungen je nach einem vorliegenden Bedürfnis angewandt werden können.

[0108] Ferner können die vertikale Länge der Elemente und die Packungsanordnungs Kanäle der Anordnung **103** in der Praxis von der Abbildung abweichen. Die Kanallängen werden durch die Faktoren, die für eine gegebene Arbeitsweise maßgeblich sind, festgelegt, z. B. durch den Typ der Fluide, deren Volumina, die Strömungsgeschwindigkeiten, Viskositäten und andere verwandte Parameter, die zur Durchführung des angestrebten Verfahrens, wie es vorstehend ausführlich erläutert wurde, erforderlich sind. Die Struktur gemäß den [Fig. 9-Fig. 13](#) ist in der vorerwähnten Druckschrift WO-A-99/34911 beschrieben.

[0109] In den [Fig. 14](#), [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) ist eine Katalysatorträgerstruktur oder eine wärmeübertragungs-Modulpackung **2028** gemäß einer gegebenen Arbeitsweise axial in einem Rohr **2020** für die Länge des Rohrs **2020** platziert. Die Packungen **2028** umfassen jeweils ein einziges einstückiges Blatt aus einem porösen Maschen- oder Siebmaterial aus Metallfasern oder anderen Fasern. Das Fasermaterial kann auch aus Keramik, Glass, Kohlenstoff oder beliebigen Kombinationen davon bestehen. Die Modulpackungen **2028** sind in der Bohrung des Rohres **2020** vorzugsweise so angeordnet, dass sie aneinander anstoßen (oder sich in engem

Abstand zueinander befinden).

[0110] Eine repräsentative Modulpackung **2028** umfasst ein einziges Blatt des porösen Maschenmaterials. Das Maschenmaterial ([Fig. 16](#)) ist an den Faltungslinien **2030**, **2031**, **2033** usw. an einer Seite **2034** der Packung **2028**, sowie an Faltungslinien **2030'**, **2031'**, **2033'** usw. an der gegenüberliegenden Seite **2036** des Rohrs **2020** gefaltet. Die Faltungslinien **2030**, **2030'** definieren einen planaren Abschnitt **2038** zwischen dem flachen, planaren Blatt-Maschenmaterial. Die Faltungslinien **2031**, **2031'** bilden einen benachbarten planaren Abschnitt **2040** aus Maschenmaterial. Die Abschnitte **2038** und **2040** bilden einen dazwischenliegenden Fluidströmungskanal **2042**, durch den das Fluid nominal in Richtung **2044** ([Fig. 14](#)) strömt. Die tatsächliche Richtung des Fluidstroms im Rohr ist aufgrund einer Turbulenz, die nachstehend beschrieben wird, komplex und verläuft in geneigter Richtung quer zur Längsachse des Rohrs, die durch die Richtung **2044** definiert wird.

[0111] Der Bereich zwischen den Abschnitten **2038** und **2040** bildet beispielsweise zwischen den Faltungslinien **2030'** und **2031'** eine im allgemeinen rechteckige Rohr-Zwischenfläche **2046**, die an der inneren Oberfläche des Rohrs **2020** anstößt. Die Abschnitte **2038** und **2048**, die für die Orientierung der übrigen Abschnitte in der Packung **2028** repräsentativ sind, verlaufen parallel zueinander sowie parallel zu den übrigen Abschnitten in der Packung. Infolgedessen ergibt sich eine Anordnung **2048** aus parallelen Abschnitten, wobei jeder Abschnitt an einer Faltungslinie, die eine Grenzfläche mit der Faltungslinie des benachbarten Abschnitts bildet, endet. Die Zwischengrenzflächen, z. B. die Grenzfläche **2046**, stoßen alle an einer inneren Oberfläche des Rohrs **2020** in einer vorzugsweise wärmeleitenden Beziehung an. Die Abschnitte, z. B. die Abschnitte **2038** und **2040** usw., sind alle miteinander in Form einer einstückigen Struktur verbunden und durch Faltungslinien und eine Zwischengrenzfläche, z. B. die Grenzfläche **2046**, getrennt.

[0112] Die Anordnung von Abschnitten, z. B. der Abschnitte **2038** und **2040**, bildet eine entsprechende Anordnung von Fluidkanälen, z. B. den Kanal **2042**, die alle parallel mit einer im allgemeinen gleichen Breite in den Richtungen **2050** verlaufen ([Fig. 4](#)). In jedem Kanal befinden sich Turbulenzgeneratorschaufeln **2052**, **2054** und **2056**, z. B. im Kanal **2058**. Die Schaufeln sind alle in einem Winkel von 45° in bezug zur Fluidströmungsrichtung **2044** durch das Rohr **2020** geneigt, können aber auch einen anderen Neigungswinkel aufweisen. Die Schaufeln leiten Fluid, das in Querrichtung auf die Schaufeln auftrifft, wieder gegen die innere Seitenwandoberfläche des Rohrs **2020**, um die Wärmeübertragung auf das Rohr zu optimieren. Die Schaufeln **2052**, **2054** und **2056** stellen nur einige der an einem Abschnitt angebrachten Schaufeln dar. Weitere ähnliche Schaufeln befinden sich in einem entsprechenden Abstand in Ausrichtung zu den Schaufeln **2052**, **2054** und **2056** in axialer Fluidströmungsrichtung **2044** des Rohrs **2020** in einer vertikalen Anordnung. Entweder eine Grenzfläche oder eine Schaufel (am Rand der Packung, z. B. die Schaufeln **2057** und **2059** in [Fig. 16](#)) stehen in wärmeleitendem Kontakt mit der inneren Oberfläche des Rohrs **2020**. Die Modulpackung **2028** weist somit eine Zickzack-Struktur auf und ist in entsprechender Weise mit in etwa rechteckigen Kanälen, die durch planare Abschnitte und Zwischengrenzflächen gebildet werden, gefaltet. Die Zwischengrenzflächen sind in solchen Winkeln zur Ebene von einigen der Abschnitte angeordnet, dass sie an die entsprechende Krümmung der inneren Oberfläche des Rohrs **2020** gemäß Darstellung in [Fig. 4](#) angepasst sind.

[0113] Die Konfiguration und die Ausgestaltung der Schaufeln **2052**, **2054**, **2056** usw. ist am besten in Verbindung mit den [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) ersichtlich. In den [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) weisen die Schaufeln eine unterschiedliche Orientierung auf, jedoch sind ihre Abmessungen für einen vorgegebenen Innendurchmesser des Rohrs gleich, da die relative Orientierung der Schaufeln für ein gegebenes Rohr nicht kritisch ist. Die Orientierung sämtlicher Module ist in einem entsprechenden Rohr vorzugsweise gleich. Jedoch kann sich auch die Orientierung der Schaufeln, die in einem Winkel von etwa 45° zur Längsachse des Rohrs geneigt sind, für einen gegebenen Satz von Modulen in einem Rohr entsprechend einer vorgegebenen Arbeitsweise unterscheiden.

[0114] In [Fig. 17](#) sind drei identische rechteckige Rohlingblätter **2062**, **2062'** aus Drahtmaschenwerk aus einem Rohling **2063** gebildet. Das Maschenmaterial wird nachstehend beschrieben. Bei einem repräsentativen Blatt **2062'** handelt es sich um ein längliches rechteckiges Blatt aus Faser-Maschenmaterial mit zwei parallelen identischen Längskanten **64** und parallelen identischen Endkanten **2066**. Ausgezogene Linien im Rohling **2063** repräsentieren durchgehende Einschnitte. Das Rohblatt **2062'** weist eine Mehrzahl von ausgerichteten Abschnitten **2068**, **2070** und **2072** usw. in einer linearen Anordnung auf. Die Abschnitte weisen unterschiedliche Längen L auf, die der Querabmessung durch den Innendurchmesser des Rohrs **2020** für diesen Abschnitt entsprechen (vergl. [Fig. 16](#)). Die Grenzflächen befinden sich zwischen jedem derartigen Abschnitt, z. B. die Grenzflächen **2074**, **2076** und **2078**. Die Grenzflächen wechseln an gegenüberliegenden Seiten des Rohrs **2020** ab, wie in [Fig. 16](#) dargestellt ist. Die Schaufeln sind durch Ausschnitte **2088** ([Fig. 18](#)) im Abschnitt **20104** in einem Winkel von 45° zur Längsabmessung des Rohlings und den Abschnitten von links nach rechts in der Figur gebildet.

[0115] Wie am besten aus [Fig. 18](#) ersichtlich ist, sind im Rohling **20104** die Schaufeln, z. B. die Schaufeln **2080**, **2082** und **2084**, im repräsentativen Abschnitt **2086** identisch und durch Einschnitte **2088** gebildet. Die Schaufeln **2090** und **2092** sind kürzer als die Schaufeln **2080**, **2082** und **2084**, da sie sich in der Ecke des Abschnitts befinden. Die spiegelbildlichen Schaufeln **2094** und **2096** in der diagonal gegenüberliegenden Ecke des Abschnitts **86** entsprechen den Schaufeln **2090** und **2092**, können sich aber in einer Alternative voneinander entsprechend einer vorgegebenen Arbeitsweise unterscheiden.

[0116] Der Einschnitt **2088** weist einen geraden Bereich **2088'** und einen gewinkelten Einschnitt **2088''** an einem Ende des Einschnitts und einen U-förmigen Einschnitt **2098** in Verbindung mit dem Einschnitt **2088'** auf. Eine repräsentative Schaufel **2084** weist eine Faltungslinie **20100** auf, die durch die gestrichelte Linie dargestellt ist. Die Faltungslinien für die Schaufeln in den übrigen Abschnitten sind nicht durch gestrichelte Linien dargestellt, sind aber ebenfalls vorhanden. Die Faltungslinien für sämtliche zentralen Abschnitte im Rohling **20104**, ausgenommen zwei gegenüberliegende Endabschnitte, z. B. der Abschnitt **20102**, verlaufen parallel zur Faltungslinie **20100**.

[0117] Die Abschnitte sind jeweils durch zwei Faltungslinien getrennt, z. B. durch die Faltungslinien **20106** und **20108** zwischen den Abschnitten **2086** und **20102**. Die Abschnitte **20106** und **20108** bilden dazwischen die Zwischengrenzfläche **20110**. Eine weitere Zwischengrenzfläche **20112** befindet sich zwischen Faltungslinien **20114** und **20116** von entsprechenden Abschnitten **20118** und **2086** usw.

[0118] Die Schaufeln des Endabschnitts **20102** unterscheiden sich von den Schaufeln zwischen den Endabschnitten. Die Schaufeln **20120**, **20122**, **20124**, **20126** und dergl. des Endabschnitts **102** sind von geringerer Breite in Querrichtung und weisen gekrümmte äußere Ränder **20128** auf. Diese Schaufeln stoßen direkt an der inneren Oberfläche des Rohrs an und weisen somit Krümmungen auf, die der Krümmung der gekrümmten inneren Oberfläche des Rohrs **2020** entspricht. Die Endabschnittschaufeln entsprechen in ihrer Position beispielsweise den Schaufeln **2054**, **2057** in der Modulpackung **2028** von [Fig. 16](#). Es ist darauf hinzuweisen, dass die Zeichnungen nicht maßstabsgetreu und von allgemeiner schematischer Natur sind, um die Prinzipien zu erläutern, anstelle der Wiedergabe einer exakten Größenbeziehung der verschiedenen Elemente der Packung und des Rohrs **2020**.

[0119] Da die Schaufeln der verschiedenen Modulpackungen **2028** ([Fig. 14-Fig. 16](#)) im allgemeinen in einem Winkel von 45° zur Längsachse des Rohrs **2020** geneigt sind, lenken alle diese Schaufeln das Fluid gegen die innere Oberfläche der Rohrwand, um die Wärmeübertragung vom Innern der Abschnitte auf das Rohr zu maximieren. Die Schaufeln schaffen ferner lokale Druckunterschiede, d. h. eine Turbulenz, die den Fluidstrom durch das Maschenwerk des Substratmaterials, das die Modulpackung **2028** bildet, maximieren können, wie nachstehend ausführlich beschrieben wird. Das Maschenmaterial weist aufgrund seiner geringen Porengröße keinen durchgehenden Fluidstrom auf, wenn der Druckunterschied zwischen gegenüberliegenden Oberflächen etwa gleich groß ist oder einen geringen Wert aufweist.

[0120] Die Größe und der Abstand der Öffnungen im Maschenmaterial der Abschnitte werden in Kombination mit den Schaufel-Turbulenzgeneratoren so gewählt, dass sich eine angestrebte Vermischung der Masse und ein Druckabfall über das Maschenwerk der Strukturpackung hinweg ergibt.

[0121] Nachstehend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die folgenden Beispiele näher erläutert. Der Schutzzumfang der Erfindung wird jedoch dadurch nicht beschränkt.

Beispiel 1

[0122] Ein NO_x-Umwandlungskatalysator, der aus einem Gemisch von Übergangsmetalloxiden besteht, wurde in einer Eiger-Kugelmühle fünf Minuten bei 9000 U/min gemahlen, um eine Aufschlammung mit einem Feststoffanteil von 19,6 Gew.-% bei einer durchschnittlichen Teilchengröße von 2,4 µm zu bilden. Dieses Aufschlammungsgemisch wurde mit 2 Gew.-% Nyacol-Aluminiumoxidsol, bezogen auf das Feststoffgewicht der Aufschlammung, versetzt. Ein Hastelloy X-Mikrofaserblatt mit einer Dicke von 0,4 mm und einer Porosität von 90 % wurde in einer Wabenstruktur ausgebildet. Die Struktur wurde sodann mit diesem Aufschlammungsgemisch durch Tauchbeschichtung beschichtet. Die überschüssige Aufschlammung in den Kanälen wurde durch Luftmesserbehandlung bei einem Druck von 5 bar entfernt. Die Struktur wog vor der Beschichtung 6,14 g und nach der Beschichtung und nach 1-stündigem Trocknen bei 120 °C 7,25 g, so dass sich eine gewichtsprozentuale Aufnahme von 15,4 Gew.-% ergab. Diese beschichtete Wabe wurde sodann ein zweites Mal beschichtet, wobei auf die gleiche Weise die Aufschlammung aus den Wabenkanälen durch ein Luftmesser entfernt wurde. Die zweite Beschichtung führte zu einer Wabe mit einem Gewicht von 8,40 g, was eine Probe mit einem Gehalt

an 26,9 Gew.-% ergab. Zwei weitere Wabenstrukturen mit einem Gewicht von 6,32 und 8,43 g wurden gemäß den Angaben in diesem Beispiel beschichtet. Der endgültige gewichtsprozentuale Anteil dieser beiden Proben betrug 27,9 bzw. 28,6 %. Diese Proben wurden für eine katalytische Bewertung der NO_x -Entfernung in einem simulierten Abgas verwendet. Es zeigte sich, dass es sich um wirksame Katalysatoren zur Entfernung von NO_x handelte.

Beispiel 2

[0123] 60 g des Aufschlammungsgemisches von Beispiel 1 wurden mit 60 g Wasser versetzt, um den Feststoffgehalt in der Aufschlammung auf 9,8 Gew.-% zu verdünnen. Eine Wabe mit einem Gewicht von 5,87 g wurde mit 19,6 Gew.-% der Aufschlammung von Beispiel 1 beschichtet und gemäß Beispiel 1 getrocknet. Diese Wabenstruktur wurde sodann ein zweites Mal mit der 9,8 gew.-%-igen Aufschlammung beschichtet und gemäß Beispiel 1 der Luftmesserbehandlung unterzogen. Diese zweite Beschichtung führte zu einer endgültigen Beladung von 21,2 Gew.-%. Diese Probe wurde für die katalytische Bewertung der NO_x -Entfernung in einem simulierten Abgas verwendet. Es zeigte sich, dass es sich um einen wirksamen Katalysator zur Entfernung von NO_x handelte.

Beispiel 3

[0124] Eine zweite Katalysatorcharge wurde durch 5-minütige Behandlung in einer Kugelmühle gemäß Beispiel 1 hergestellt. Diese Aufschlammung wurde mit 1 Gew.-% Povidone (PVP) (wasserlösliches Polymerprodukt der Firma BASF), bezogen auf die Gesamtkonzentration der Aufschlammung, versetzt.

[0125] Diese Aufschlammung wurde mit 5 Gew.-% Nyacol-Aluminiumoxidsol, bezogen auf den Feststoffgehalt in der Aufschlammung, versetzt. Der Feststoffgehalt betrug 23,1 Gew.-%. Für zwei Wabenstrukturen, die aus dem in Beispiel 1 verwendeten Mikrofasermaterial hergestellt worden waren, ergab eine Tauchbeschichtung mit dieser 23,1 %-igen Aufschlammung ein beschichtetes Produkt mit einem Gehalt an 20,5 und 19,8 Gew.-% Feststoffen nach 0,5-stündigem Trocknen bei 120 °C und 1-stündigem Calcinieren bei 500 °C. Für eine dritte Wabenstruktur wurde diese 23,1 gewichtsprozentige Aufschlammung auf 17,8 Gew.-% verdünnt. Das beschichtete Produkt wies eine Beladung von 16,3 Gew.-% auf. Diese Proben wurden für eine katalytische Bewertung der NO_x -Entfernung in einem simulierten Abgas unterzogen. Sie erwiesen sich als wirksame Katalysatoren zur Entfernung von NO_x .

Beispiel 4

[0126] Eine Packung mit den folgenden Spezifikationen wurde hergestellt:

Reaktorgröße

Reaktorbreite	0,05 m
Reaktortiefe	0,05 m
Bündelhöhe	0,09 m
Bündelvolumen	2,25E-04 m ³
Anzahl der Bündel	2
Blätter/Bündel	10
Gesamthöhe des Reaktors	0,18 m
Gesamtvolumen des Reaktors	4,50E-04 m ³
spezifische Oberfläche der Packung	500 m ² /m ³

Packungsmaterial

Faserdurchmesser	12 µm
Blattdicke	0,8 mm
Porosität	90 %
Material	rostfreier Stahl 316

[0127] Der Katalysator wurde auf folgende Weise beschichtet:

Der DeNO_x -Katalysator wurde mit einer Kugelmühle auf eine durchschnittliche Teilchengröße von weniger als 5 µm gemahlen. Der Katalysator wurde mit Wasser in einem Gewichtsverhältnis von 15:85 vermischt und in

einer Kugelmühle mit Zirkonium-Kugeln homogenisiert. Der pH-Wert der Aufschlämmung wurde durch Zugabe von Ammoniak auf 8,5 eingestellt. Sodann wurde die Aufschlämmung in ein Beschichtungsbad gebracht, das zwei mit den positiven Polen einer Stromversorgung verbundene Elektroden aufwies. Jedes Blatt des Bündels wurde getrennt beschichtet. Das Blatt wurde in vertikaler Richtung parallel und in gleichem Abstand von jeder der beiden Elektroden angeordnet und mit dem negativen Pol der Stromversorgung verbunden. Die Beschichtung wurde 30 Sekunden bei 9 V abgeschieden. Sodann wurde das Blatt aus dem Bad entnommen, 30 Minuten an Luft bei 100 °C getrocknet und sodann 30 Minuten bei 500 °C in Luft bei einer Erwärmungsgeschwindigkeit von 10 °C/min calciniert.

Beispiel 5

[0128] Das Verhalten einer neuen DeNO_x-Katalysatorstruktur zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR) mit der in Beispiel 4 beschriebenen Konfiguration wurde unter Anwendung eines DeNO_x-Aktivitätstests unter den folgenden Bedingungen bewertet: NO_x-Konzentration am Einlass 500 ppm, NH₃-Zufuhr mit einer Stöchiometrie von 1,1 x, Temperatur 350 °C, Raumgeschwindigkeit 10000 Liter/h und Druckabfall 1,5 mbar/m (0,06 psi/ft). Unter diesen Bedingungen wurde für diese Katalysatorstruktur mit einem Gehalt an 0,16 g Vanadium ein NO_x-Reduktionswirkungsgrad von 92 gemessen. Dies lässt sich vergleichen mit dem gleichen Katalysator mit Waben-Konfiguration (35 cpsi, 2,3 g Vanadium), der unter den gleichen Reaktionsbedingungen einen NO_x-Entfernungswirkungsgrad von 96 % ergibt.

[0129] Es wird allgemein angenommen, dass die DeNO_x-Reaktion im allgemeinen in bezug auf NO_x nach 1. Ordnung verläuft. Daher erreicht die Katalysatorstruktur dieses Beispiels eine vergleichbare NO_x-Entfernung bei einer Entfernungsgeschwindigkeit 1. Ordnung/Katalysatoreinheit, d. h. 11-mal schneller als bei einer herkömmlichen Struktur.

Beispiel 6

[0130] In diesem Beispiel wurde das Verhalten der gleichen Katalysatorstruktur wie in Beispiel 2 zur Untersuchung des NO_x-Entfernungswirkungsgrads für Anwendungen mit geringem NO_x-Gehalt untersucht. Ein Gasstrom mit einem Gehalt an 27 ppm NO_x wurde über der Katalysatorstruktur nach Einspritzen von Ammoniak an zwei verschiedenen Stellen stromaufwärts vom Reaktor behandelt. Im ersten Fall war der sich ergebende Einlass-Gasstrom gut vermischt, während im zweiten Fall NO_x und NH₃ nur schlecht vermischt waren, bevor sie in die Katalysatorstruktur gelangten. Die Ergebnisse dieser Experimente (unter den gleichen Bedingungen wie in Beispiel 5) durchgeführt, ausgenommen die NO_x- und NH₃-Konzentrationen) sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	perfektes Mischen		schlechtes Mischen	
	Wabe	MEC	Wabe	MEC
NO _x , Einlass (ppm)	26,5	27	27	27
Entfernungs- wirkungsgrad (%)	84	86	18	87
NO _x , Auslass (ppm)	4	4	22	4
NH ₃ , Auslass (ppm)	3	3	22	3

[0131] Die maschenartige SCR-DeNO_x-Struktur kann sehr geringe Mengen an NO_x und NH₃ in den Auslassströmen, die nicht perfekt vorgemischt worden sind, garantieren. Dies gilt nicht für das herkömmliche System, bei dem das Leistungsvermögen drastisch abfällt, wenn keine perfekte Vormischung erreicht wird.

Beispiel 7

[0132] Eine SCR-DeNO_x-gewellte Struktur vom Maschentyp wurde mit einem herkömmlichen festen Keramik-Wabenmaterial mit geraden Kanälen unter Bedingungen, die den Auslass an einer Gasturbine simulieren,

verglichen. Bei beiden Strukturen wurde der gleiche Katalysator verwendet (3 % V_2O_5 auf WO_3/TiO_2). Der Druckabfall betrug in sämtlichen Fällen 740-840 Pa/m.

Temperatur:	350 °C
NO in der Zufuhr:	20-30 ppm
NH_3/NO in der Zufuhr:	0,92-1,0
Testreaktor-Querschnitt:	86 × 90 mm
Testreaktor-Länge:	740-750 mm
Oberflächengeschwindigkeit:	6,4 m/s

Maschentypstruktur

Blattoberfläche:	500 m ² /m ³
Katalysatorbeladung:	0,19 (Gew. Kat./Gew. Kat. + Gew. Maschenwerk)
Wellenwinkel:	60° relativ zur Horizontalen

Wabenkatalysator

882 m²/m³
45,9 cpsi

[0133] Die spezifische Geschwindigkeitskonstante in den nachstehenden Ergebnissen berücksichtigt die Unterschiede von NH_3/NO in der Zufuhr.

$$k/SV = -\ln(1-x/r)$$

wobei

k	= spez. Geschwindigkeitskonstante (1/h)
SV	= Raumgeschwindigkeit (Vol.-Zufuhr/Vol.-Struktur)
x	= NO-Umwandlung
r	= NH_3/NO am Einlass

Ergebnisse

Katalysator	Reaktorlänge (mm)	NO am Einlass (ppm)	NH_3/NO	NO- Umwand- lung	entwichenes NH_3 (ppm)	k (1/h)
Wabenstruktur	740	26	0,92	80,4 %	0,7	27800
maschenartige Struktur	750	21	0,95	86,90	0,7	33153

[0134] Dieses Beispiel zeigt klar, dass eine maschenartige, gewellte Struktur mehr NO entfernen kann, als eine feste keramische Wabenstruktur mit dem gleichen Volumen.

Beispiel 8

[0135] Im nachstehenden Beispiel wurden oben an der keramischen, festen Wabenstruktur 250 mm entfernt und in einem Fall durch eine mit einem Katalysator versehene gewellte Maschenstruktur und im anderen Fall durch eine nicht mit einem Katalysator versehene Metallfolie der gleichen gewellten Konfiguration ersetzt. Dies wurde vorgenommen, um den Einfluss einer verbesserten Mischung vor der Wabe auf das Entweichen von Ammoniak (nicht-umgesetztes Ammoniak) zu bestimmen.

Ergebnisse

Katalysator	Reaktorlänge (mm)	NO am Einlass (ppm)	NH ₃ /NO	NO- Umwand- lung	entwichenes NH ₃ (ppm)	k (1/h)
60° Maschenwerk+Waben	750	25	0,99	87,7 %	0,3	29270
60° Folie+Wabe	750	28	0,95	83,40	1,25	29201

[0136] Die Ergebnisse dieses Beispiels zeigen, dass ein mit einem Katalysator versehenes, gewelltes Mischelement in Kombination mit einer Wabenstruktur mit einem geraden Kanal sich in bezug auf die Umwandlung von Ammoniak wirksamer erweist als eine ohne einen Katalysator versehene, gewellte Mischvorrichtung, an die sich eine feste, keramische Wabe mit geradem Kanal anschließt. Ferner zeigt ein Vergleich der Beispiele 7 und 8, dass die Verwendung eines Mischers (mit einem Katalysator versehen oder nicht) mit gewellter Struktur plus einer Wabe in bezug auf die Entfernung von NO_x wirksamer ist als eine Wabe von gleicher Länge allein.

Beispiel 9

[0137] Eine 25 % Aufschlämmung (Gew.-% Feststoffe) eines V₂O₅-WO₃/TiO₂-Katalysatormaterials wurde durch Behandlung mit einer Kugelmühle auf eine Größe von < 1 µm hergestellt. Der Feststoffgehalt des aufgeschlammten Materials wurde durch Zugabe von entionisiertem Wasser auf 10 % verringert. Diese Aufschlämmung wurde mit 2 % (bezogen auf den Feststoffanteil der Aufschlämmung) mit Salpetersäure stabilisiertem Zirkoniumoxidsol versetzt. Ferner wurde die Aufschlämmung mit 1 % (bezogen auf das Gewicht der Aufschlämmung) Ammoniumsulfat versetzt.

[0138] Unter Verwendung dieser Aufschlämmung wurden Blätter der Abmessungen 2,5 cm × 3,5 cm (Dicke 0,8 mm) mit einem Hohlraumvolumen von 95 % aus Siliciumdioxid-Fasern von hoher Reinheit beschichtet. Die Blätter wurden sodann 1 Stunde bei 120 °C getrocknet. Eine zweite Beschichtung mit dem Katalysator aus der Aufschlämmung wurde vorgenommen und die Blätter wurden erneut 1 Stunde bei 120 °C getrocknet. Die getrockneten Blätter wurden 4 Stunden bei 350 °C calciniert. Die Aufnahme des katalytischen Materials an den Blättern aus Siliciumdioxidfasern wurde zu 70 % ermittelt (bezogen auf das Endgewicht des beschichteten Blatts). Der auf diese Weise hergestellte Katalysator wurde auf seine Fähigkeit zur NO-Reduktion untersucht.

Folgende Testbedingungen wurden eingehalten:

NO-Konzentration:	410 ppm
NH ₃ -Konzentration:	390 ppm
Sauerstoffkonzentration:	5 %
CO ₂ -Konzentration:	13 %
H ₂ O-Konzentration:	8 %

[0139] Bei einer Temperatur von 300 °C und einer Raumgeschwindigkeit von 25000 h⁻¹ wurde eine NO-Umwandlung von 86 % festgestellt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**18, 102, 2048**) zum Entfernen wenigstens eines Stickstoffoxids aus einem Fluid, das aus einer bestimmten Richtung (**21**) in die Vorrichtung strömt, umfassend:
eine poröse Fasernetzmattenmaterialstruktur (**22, 24, 26, 102**), die aus mehreren Schichten aus nach dem Zufallsprinzip orientierten Fasern gebildet ist, wobei das Mattenmaterial der Struktur Poren und einander gegenüberliegende Seiten aufweist, wobei jede Seite mit den Poren in Verbindung steht, wobei die Netzstruktur eine Porosität von mehr als etwa 85 % aufweist, wobei die Netzstruktur mehrere Kanäle (**154, 156, 158, 161, 163, 164, 166, 168, 170**) umfasst, wobei jeder Kanal einen Fluidempfangseinlass und einen Fluidauslass aufweist, wobei das empfangene Fluid durch die Kanäle hindurch von den Einlässen durch die Auslässe strömt, wobei das Mattenmaterial Turbulenzgeneratoren (**28, 46, 48, 121, 123, 124, 124', 124'', 124'''**) enthält, die sich in den Kanälen befinden und von dem Mattenmaterial aus erstrecken, wobei die Generatoren aus dem Mattenmaterial gebildet sind und mit dem Mattenmaterial einstückig ausgebildet sind und sich in die Kanäle hinein erstrecken, um Turbulenzen in dem strömenden Fluid zu erzeugen, wobei die Turbulenzen einen Druckunterschied über das Netzmattenmaterial hinweg erzeugen, wobei der Druckunterschied eine Antriebskraft für den Strömung

nungseintritt des strömenden Fluids in die Poren hinein bildet, um einen Kontakt mit dem Fasermaterial in den Poren über im Wesentlichen die gesamte Oberfläche des Fasermattenmaterials hinweg zu fördern; und einen Stickstoffoxidumwandlungskatalysator, der von den inneren und äußeren Abschnitten der Mattenmaterialstruktur gestützt wird, zum Reagieren mit den empfangenen strömenden Fluiden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, die eine hintereinanderliegende Anordnung aus der Netzmattenmaterialstruktur (**14**) und einer Wabenstruktur (**16**) enthält.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Netzmattenmaterialstruktur und die Wabenstruktur so angeordnet sind, dass Fluid zunächst in die Netzmattenmaterialstruktur und dann in die Wabenstruktur hineinströmt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Netzmattenmaterialstruktur (**24**, **26**) gewellt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Netzmattenmaterialstruktur benachbarte gewellte Matten (**24**, **26**) umfasst, wobei jede Matte parallele Wellenstrukturen aufweist, wobei die Wellenstrukturen benachbarter Matten 90° relativ zueinander und in einem Winkel α zu der bestimmten Richtung des Fluidstromes angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Netzmattenmaterialstruktur aus Metallfasern oder keramischen Fasern oder einer Kombination aus metallischen und keramischen Fasern hergestellt ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Wabenstruktur aus massivem keramischen Material, Metallfasern, keramischen Fasern oder metallischen und keramischen Fasern hergestellt ist.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

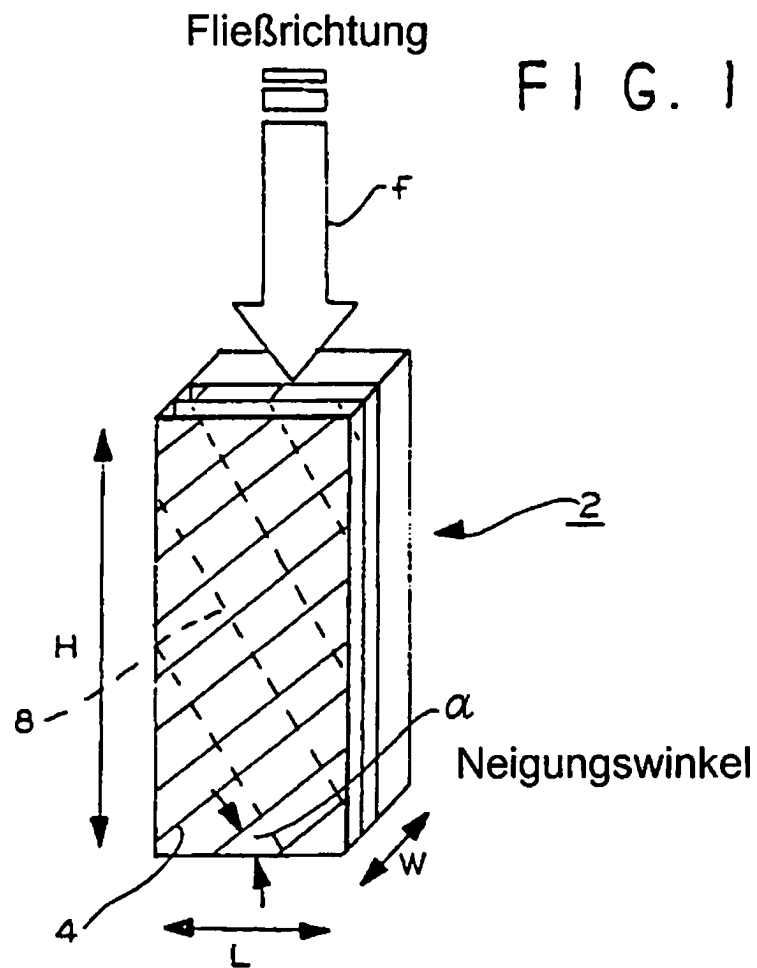


FIG. 1a

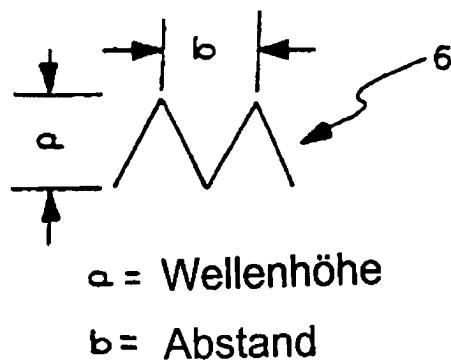
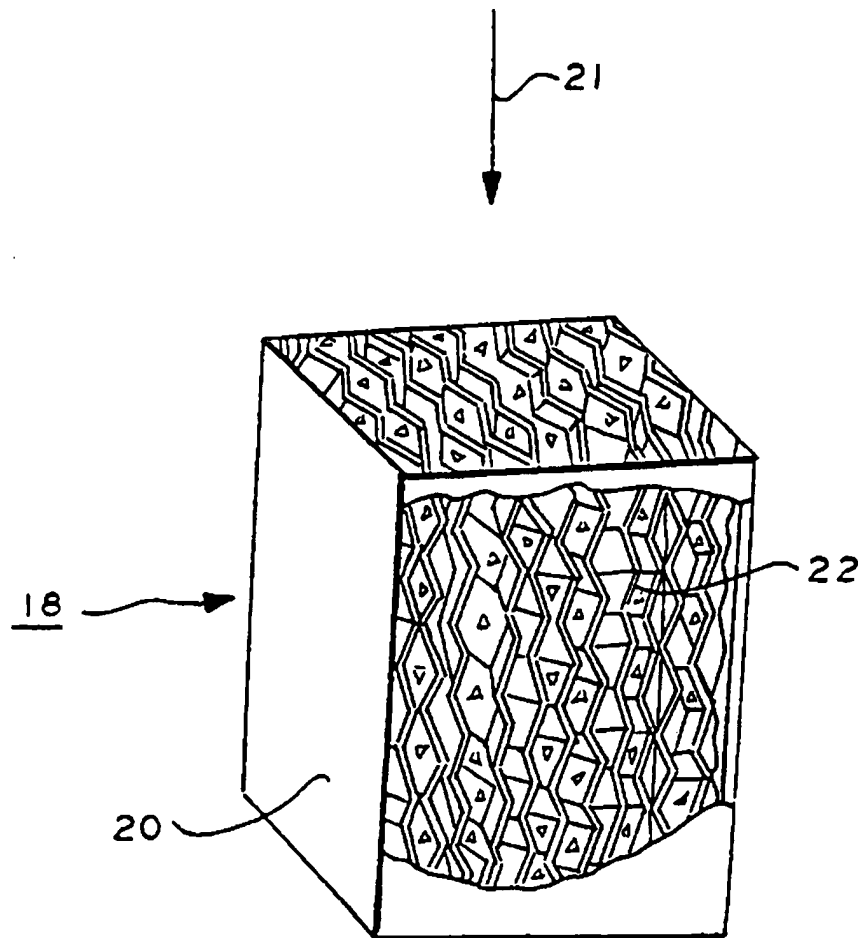


FIG. 2



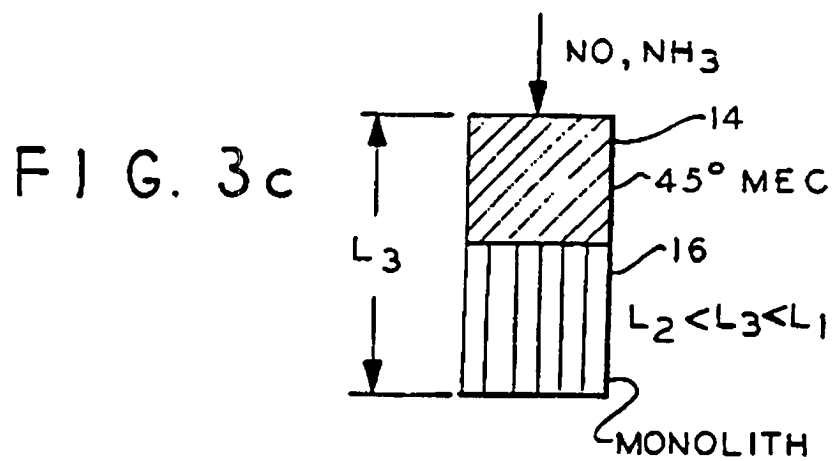
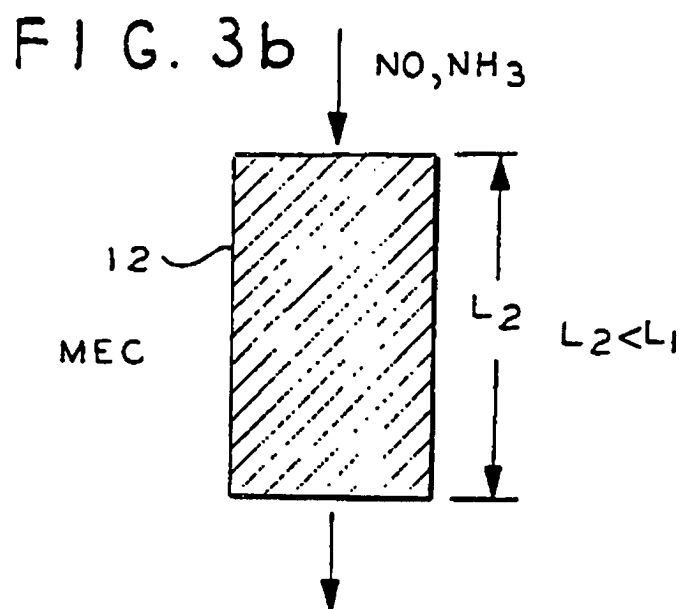
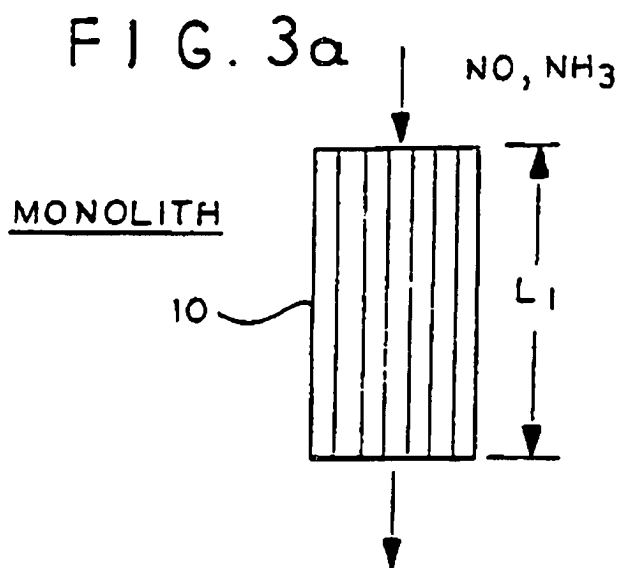


FIG. 4

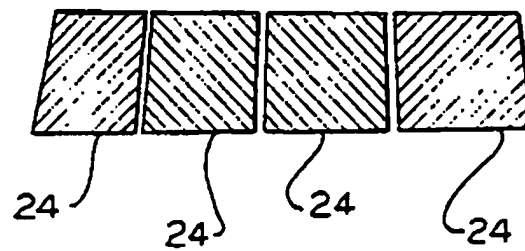


FIG. 5

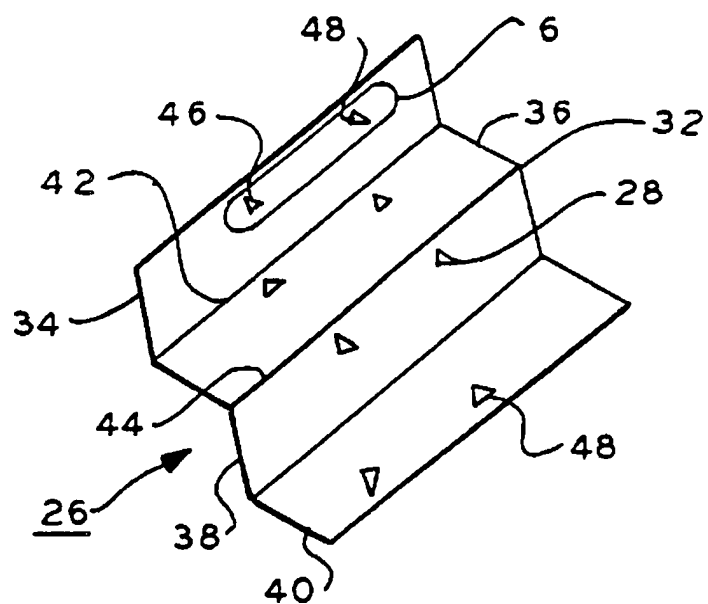


FIG. 6

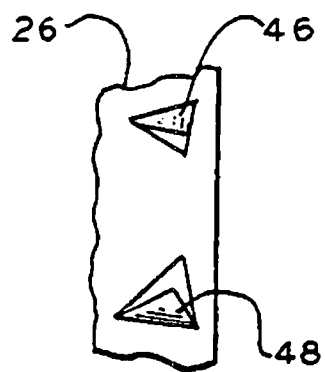


FIG. 7

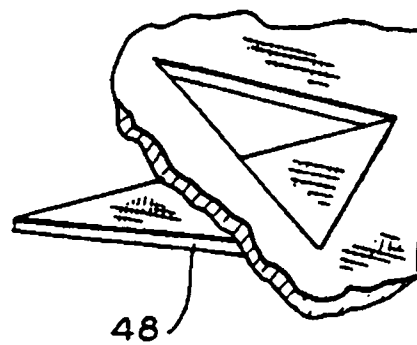


FIG. 8

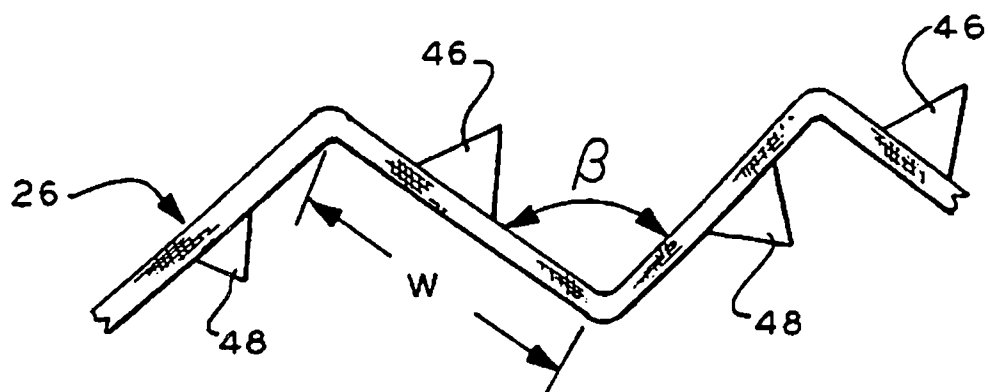
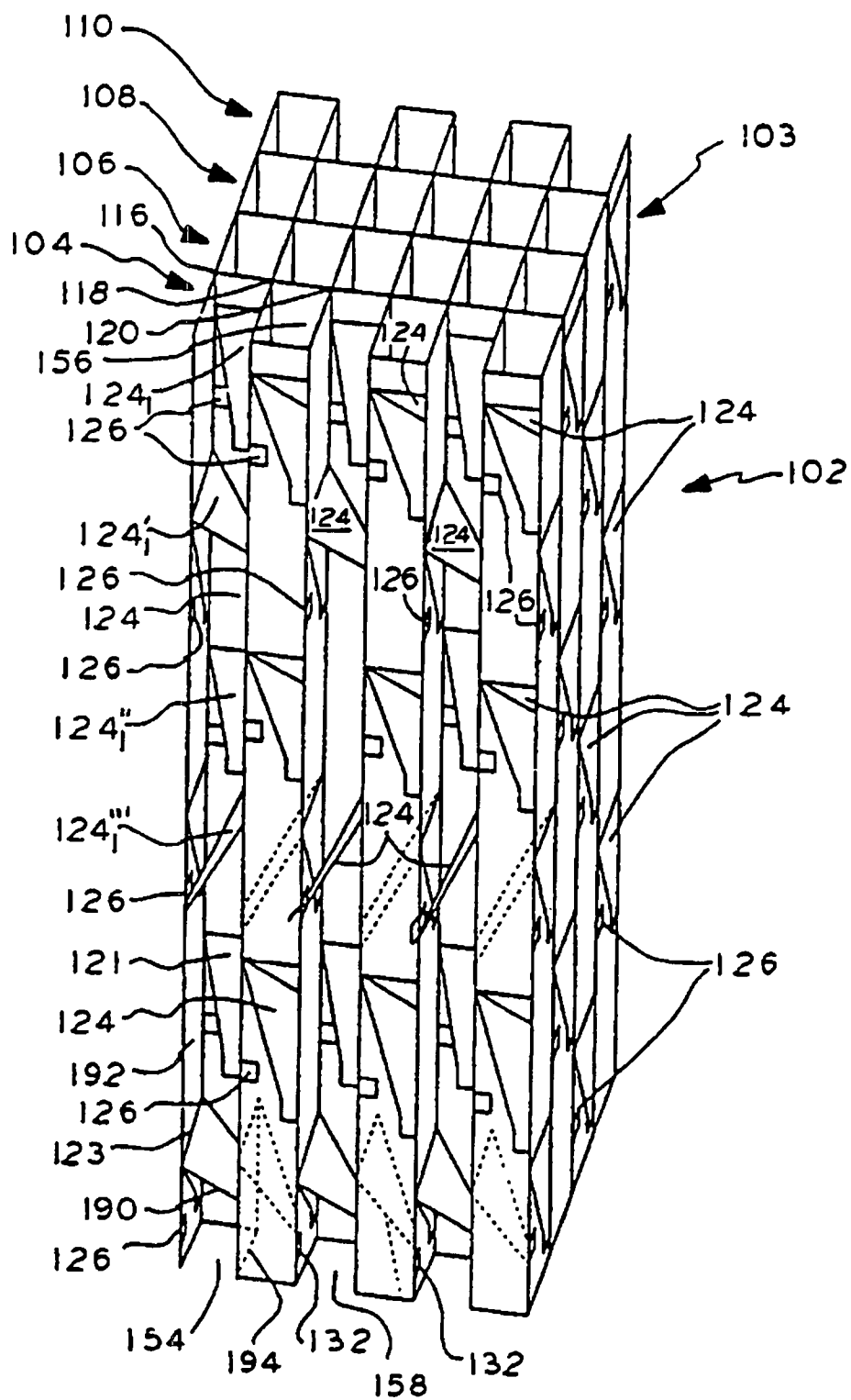


FIG. 9



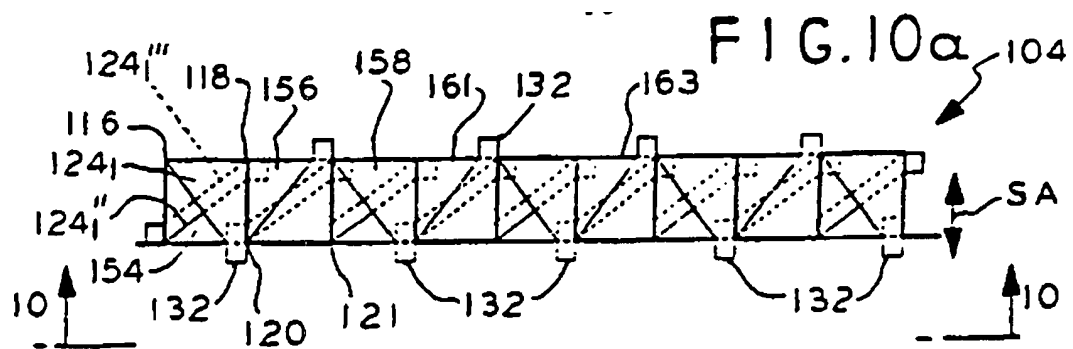


FIG. 10

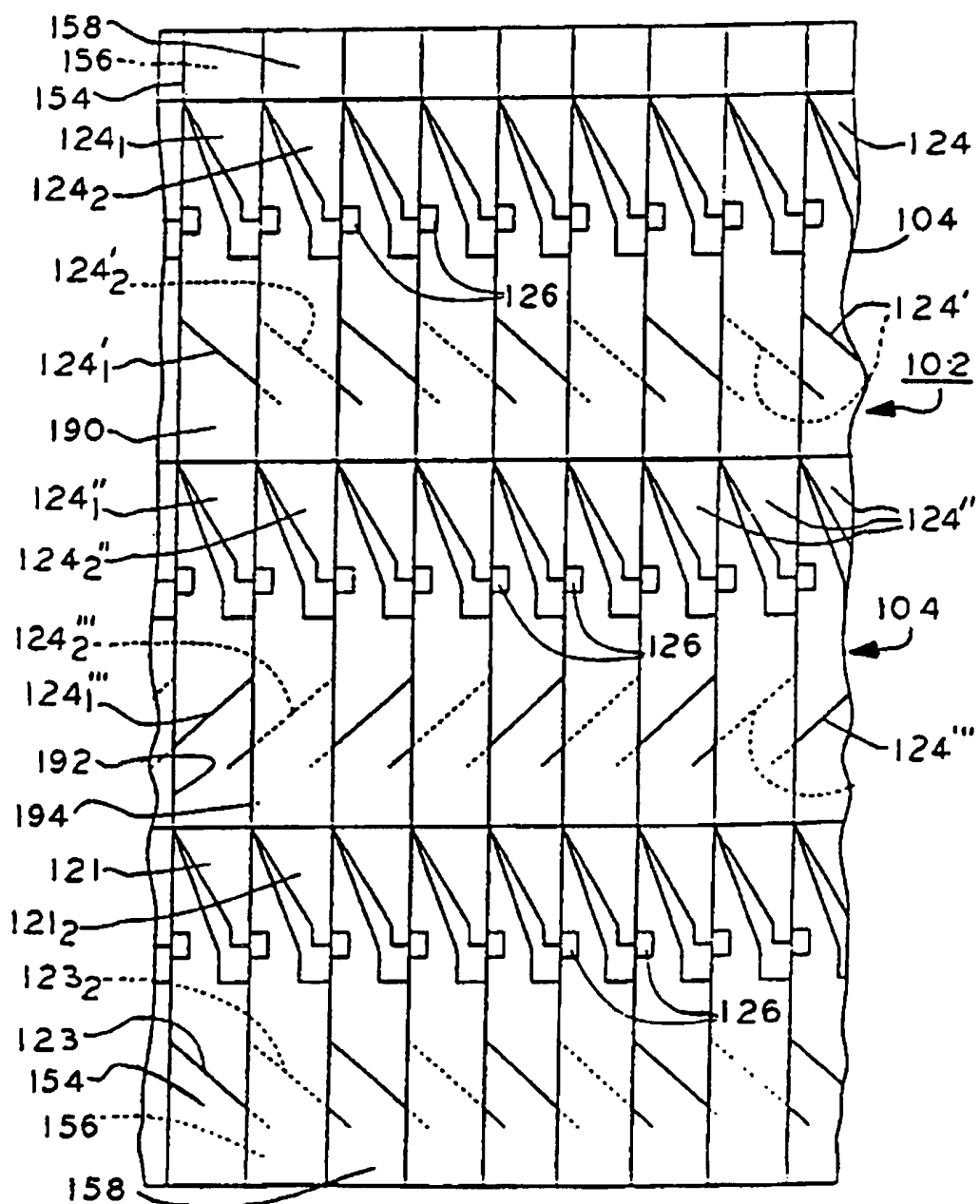


FIG. 11

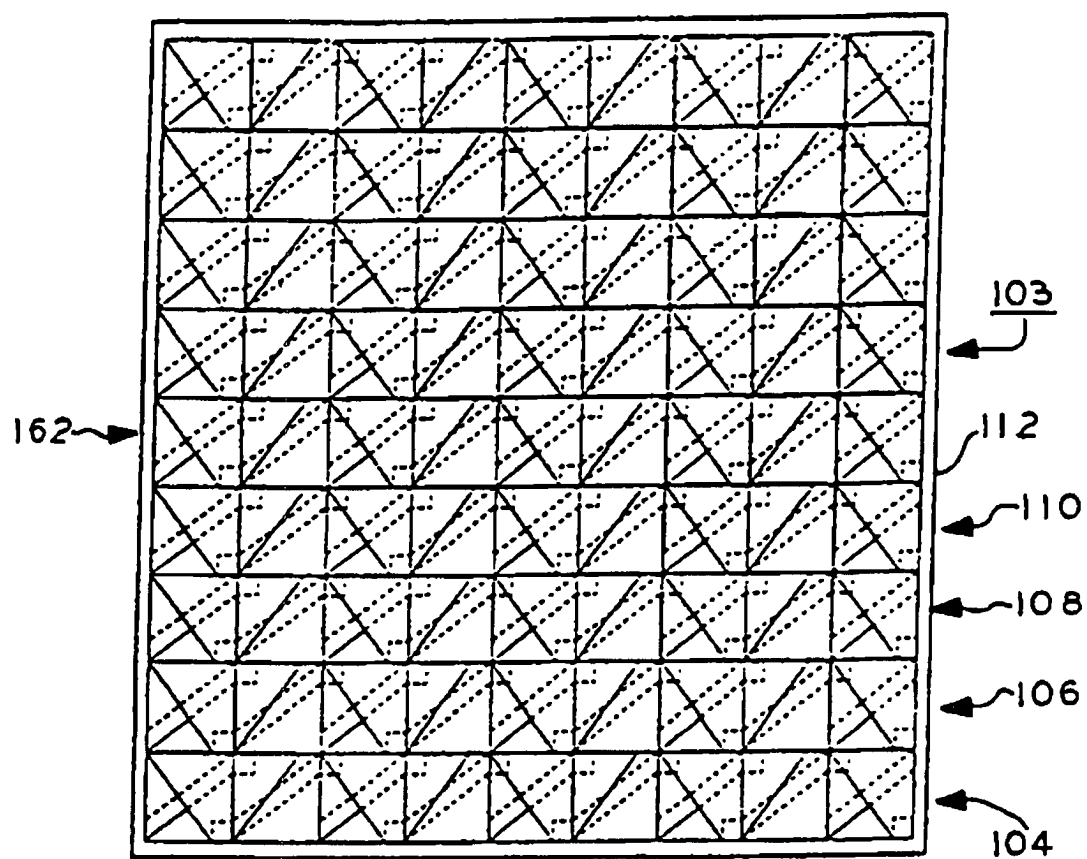


FIG. 12

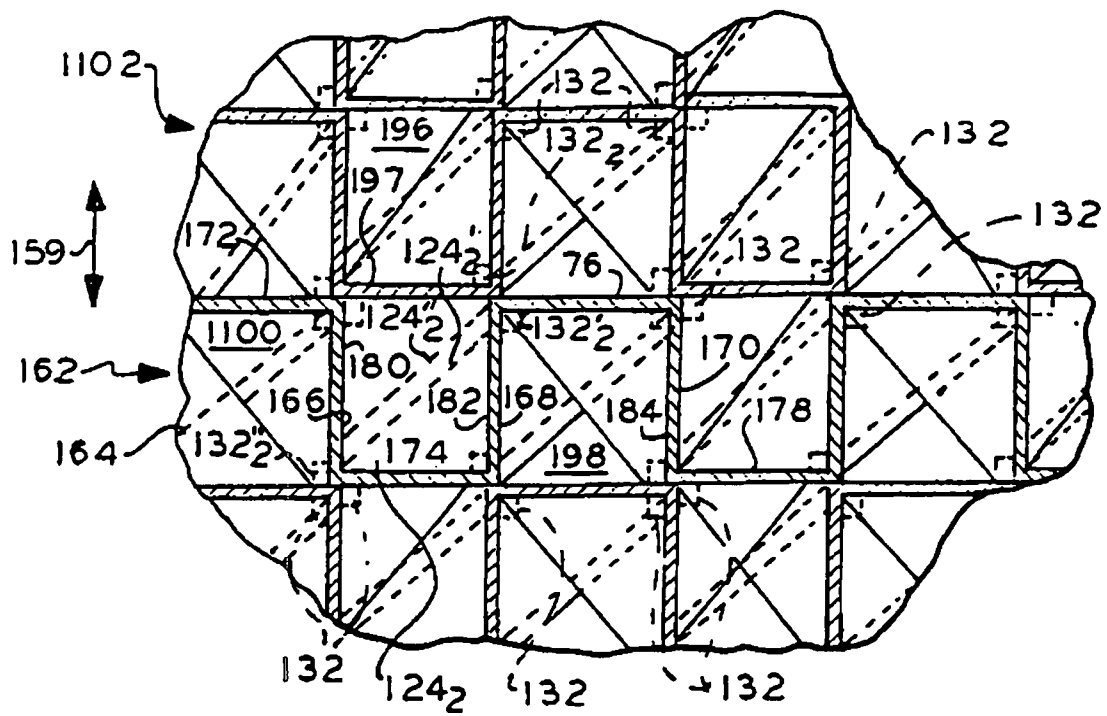


FIG. 13

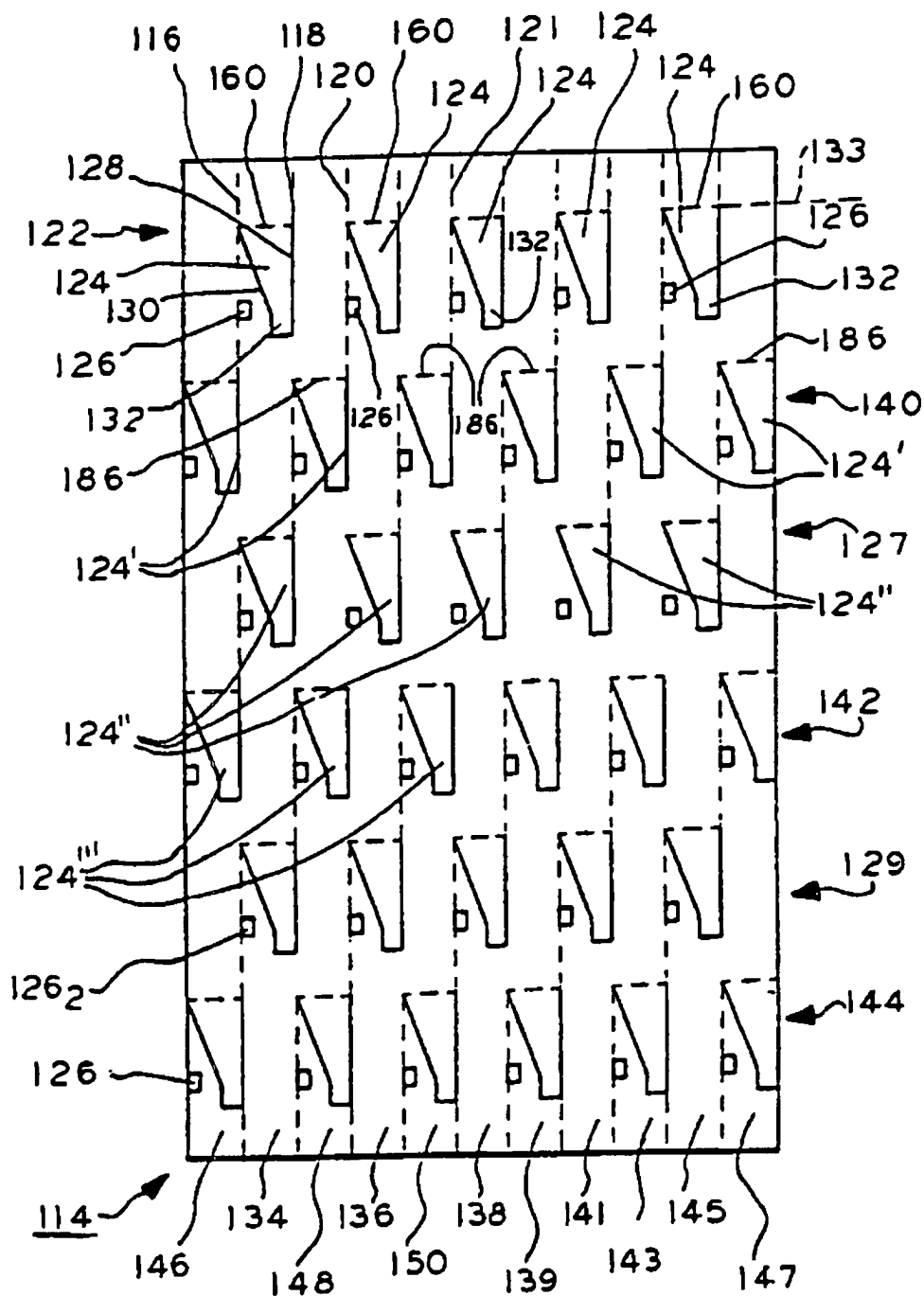


FIG. 14

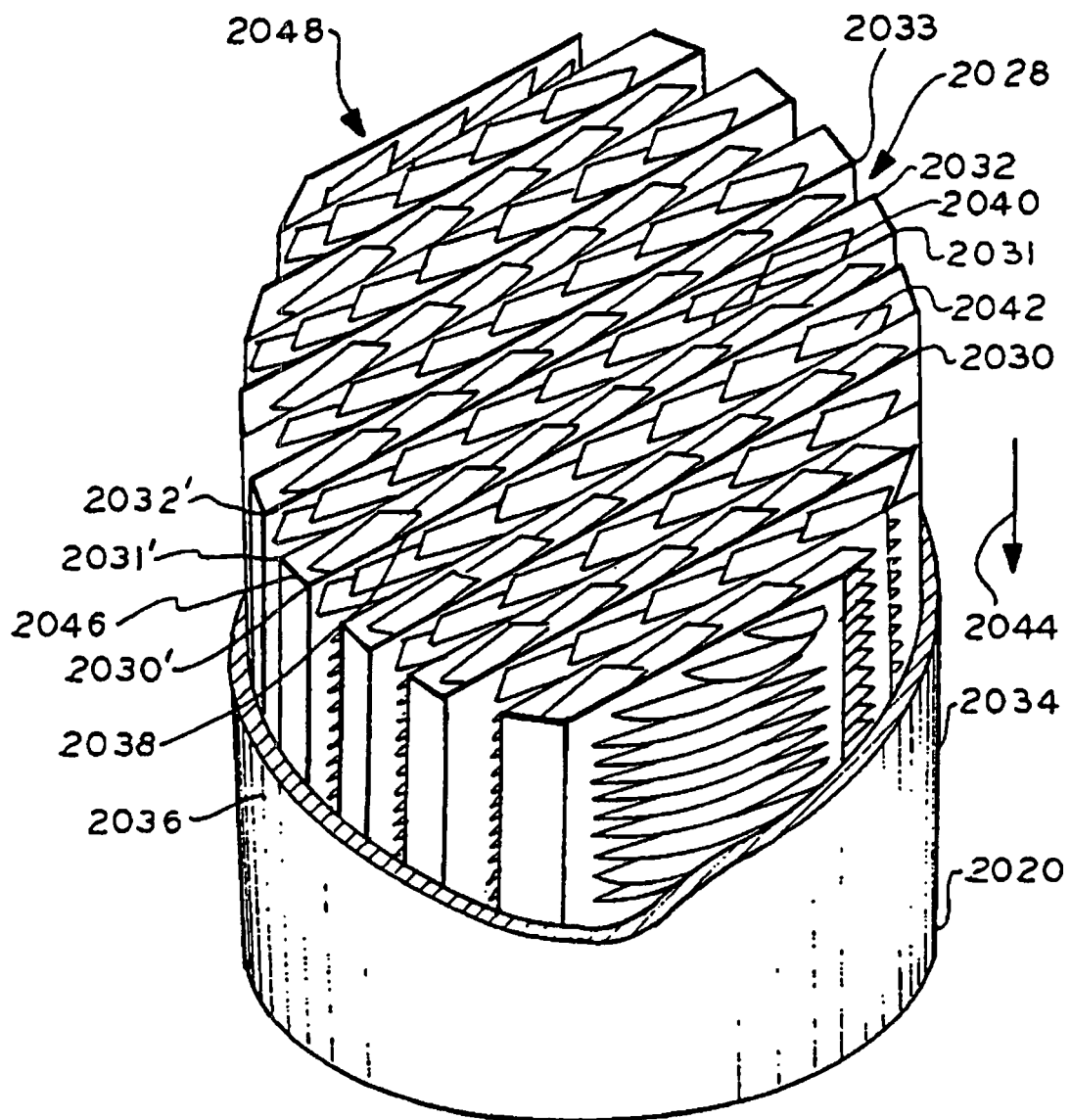


FIG. 15

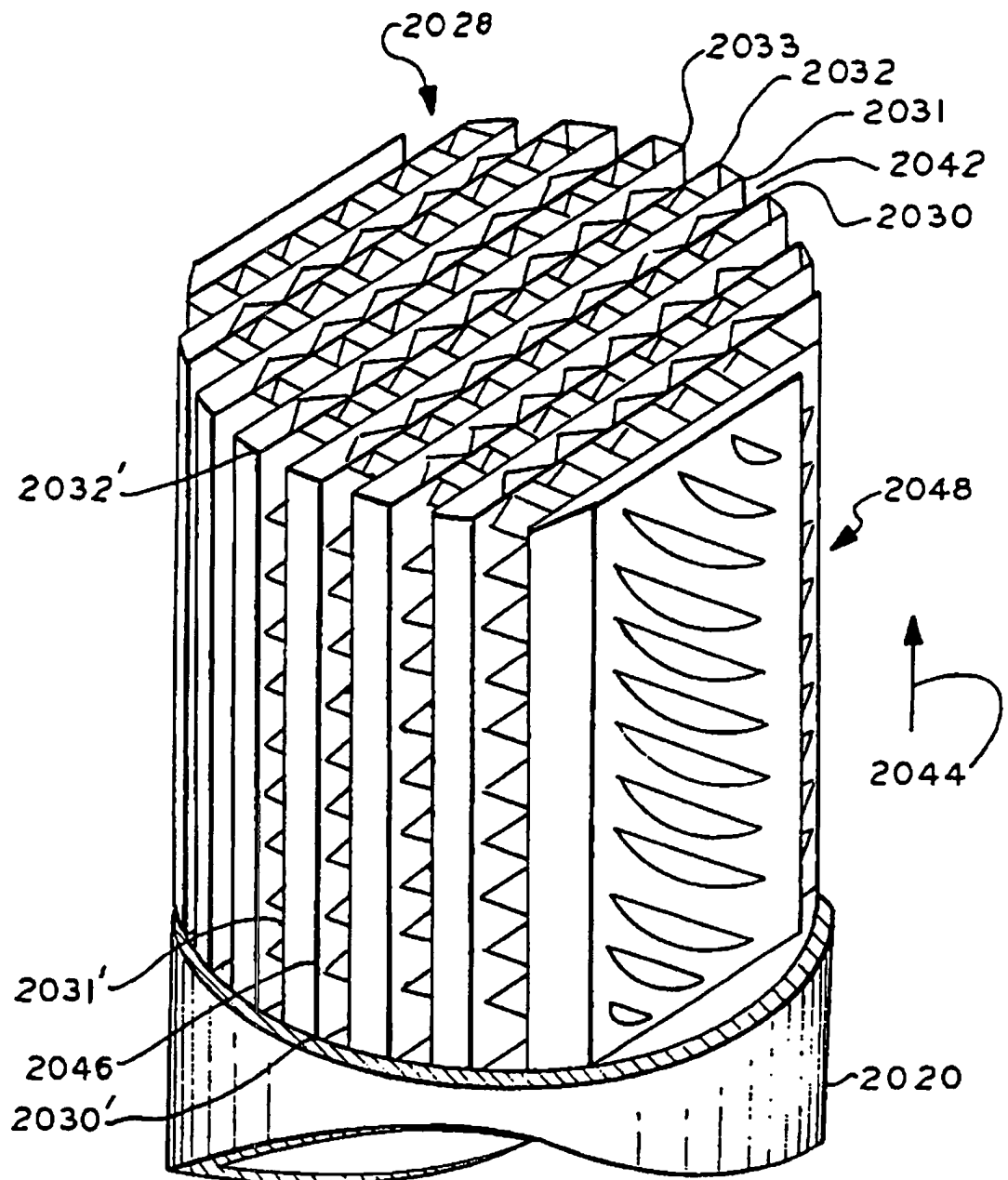


FIG. 16

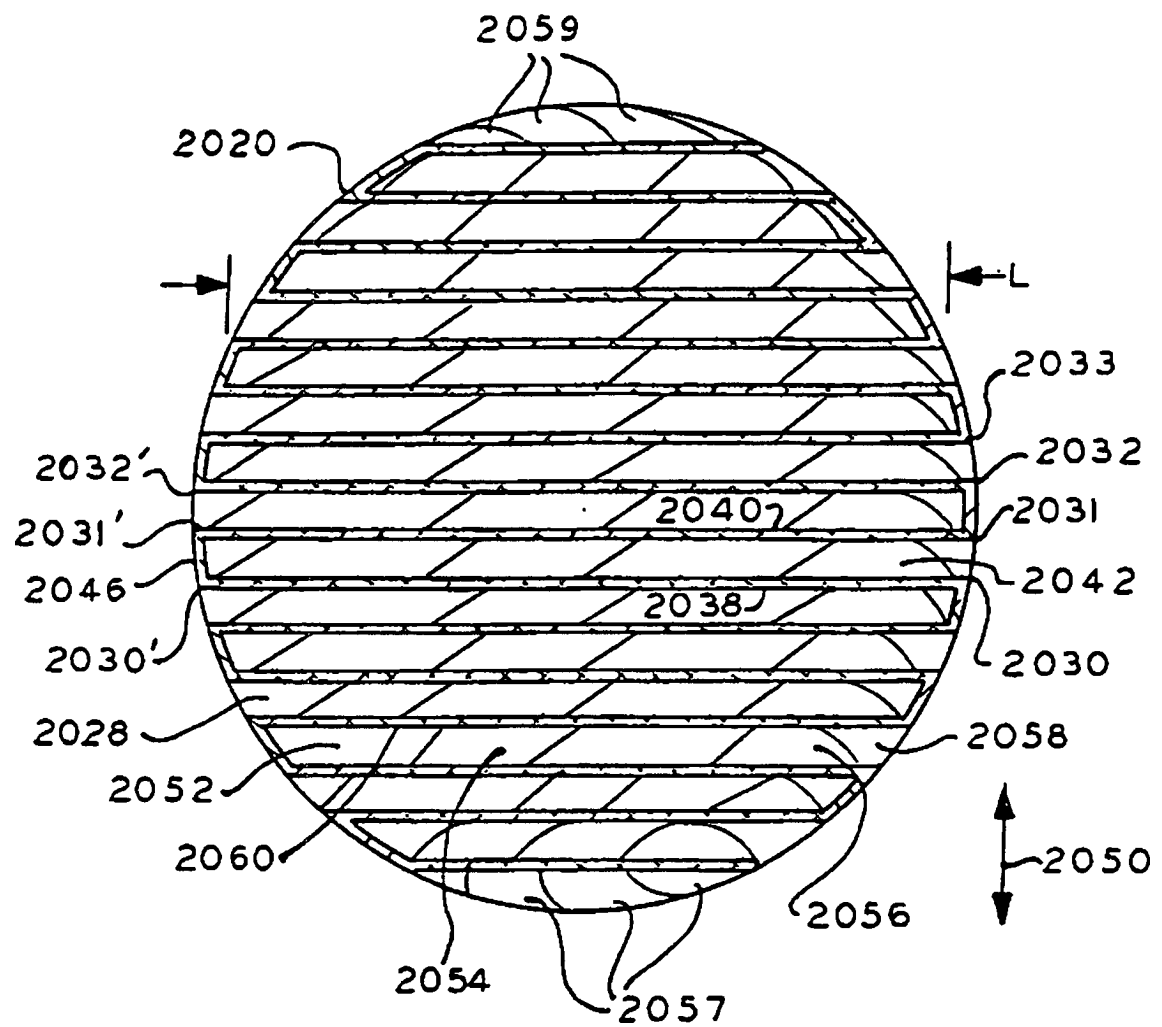
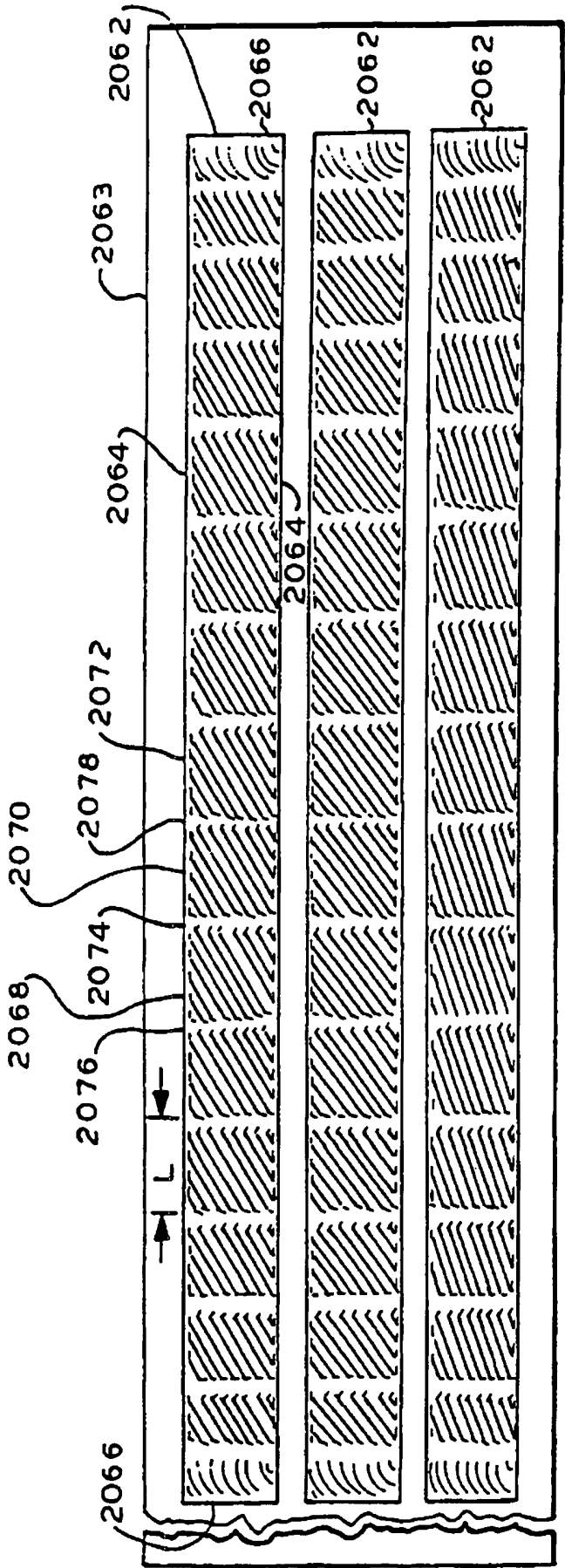


FIG. 17



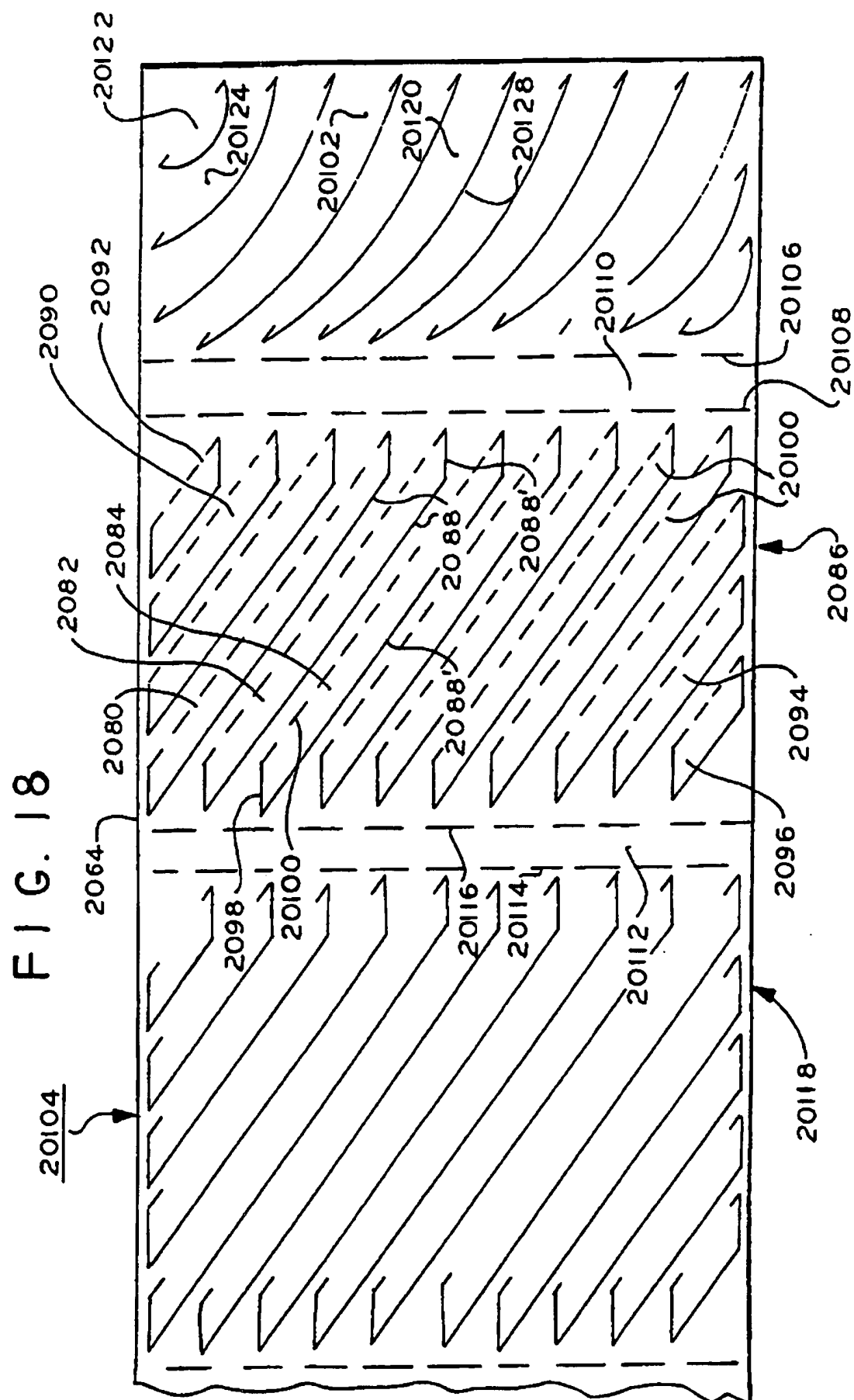


FIG. 19

