

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 9016/2021  
(86) PCT-Anmeldenummer: PCT/JP21002561  
(22) Anmeldetag: 26.01.2021  
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2024

(51) Int. Cl.: **B01J 35/02** (2006.01)  
**B01D 53/86** (2006.01)

(30) Priorität:  
28.01.2020 JP 2020-011464 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 9614920 A1  
JP H10180120 A  
JP H10286469 A  
EP 0433222 A1

(73) Patentinhaber:  
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.  
Tokyo 100-8332 (JP)

(72) Erfinder:  
Kurai Takuma  
Tokyo 100-8332 (JP)  
Hayashi Tomoyuki  
Tokyo 100-8332 (JP)  
Nagai Yoshinori  
Tokyo 100-8332 (JP)  
Todaka Shimpei  
Tokyo 100-8332 (JP)  
Akagi Shohei  
Tokyo 100-8332 (JP)

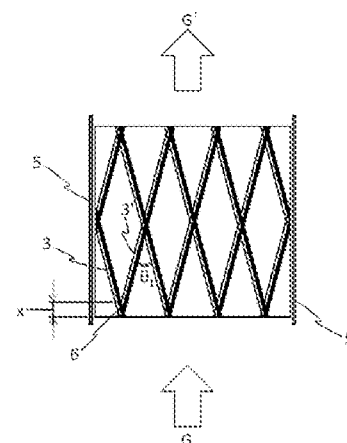
(74) Vertreter:  
Schwarz & Partner Patentanwälte GmbH  
1010 Wien (AT)

### (54) Denitrierungskatalysatorstruktur

(57) Denitrierungskatalysatoreinheit, umfassend zwei oder mehr plattenförmige Katalysatorelemente (A,B), wobei das plattenförmige Katalysatorelement (A,B) einen Rand, der sich auf der Gaseinströmseite befindet, einen Rand, der sich auf der Gasausströmseite befindet, und Ränder, die sich auf beiden Seiten des plattenförmigen Katalysatorelements (A,B) befinden, aufweist, wobei die plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) so gestapelt sind, dass die Ränder, die sich auf der Gaseinströmseite befinden, und die Ränder, die sich jeweils auf einer Seite der plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) befinden, aufeinander ausgerichtet sind, wobei jedes der plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) abwechselnd mehr als ein Flachteil (1) in Form einer flachen Platte und mehr als ein konkav-konvexes Teil (2) in Form von plattenförmigen konvexen Streifen auf der Ober- und Unterseite (3,3') aufweist, wobei die plattenförmigen konvexen Streifen parallel zueinander stehen und in einem Winkel  $\theta$  von nicht weniger als  $50^\circ$  und nicht mehr als  $85^\circ$  zu einer Erstreckungsrichtung des Rands, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements befindet, schräg angeordnet sind, so dass sich ein Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Oberseite (3) eines der plattenförmigen

Katalysatorelemente (A,B) mit einem Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Unterseite (3') eines anderen der benachbarten plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) schneidet, wobei mindestens einer der Schnittpunkte (6,6') innerhalb eines Bereichs x von mehr als 0 mm und weniger als 25 mm einwärts von dem Rand liegt, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements (A,B) befindet.

[FIG. 5]



## Beschreibung

### DENITRIERUNGSKATALYSATORSTRUKTUR

#### TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Denitrierungskatalysatoreinheit. Genauer bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Denitrierungskatalysatoreinheit, die ein hohes Denitrierungsverhältnis mit geringem Druckverlust erzeugt und zu einer Senkung der anfänglichen Betriebskosten beitragen kann.

#### STAND DER TECHNIK

**[0002]** In Gegenwart eines Denitrierungskatalysators werden Stickoxide, die in Gas enthalten sind, das von Kaminen eines Heizkessels in Wärmekraftwerken oder verschiedenen Fabriken oder Kaminen von Müllverbrennungsanlagen abgegeben wird, zersetzt, um das abgegebene Gas zu reinigen. Verschiedene Denitrierungskatalysatorstrukturen oder Denitrierungskatalysatoreinheiten wurden vorgeschlagen, um Stickoxide in einem Abgas mit hohem Wirkungsgrad zu zersetzen.

**[0003]** Das Patentdokument 1 offenbart beispielsweise eine Katalysatorstruktur, die eine Vielzahl von plattenförmigen Katalysatorelementen umfasst, die in Schichten gestapelt sind, wobei das plattenförmige Katalysatorelement eine Platte und eine katalytische Komponente mit katalytischer Aktivität umfasst, die auf der Oberfläche der Platte getragen wird, wobei die Platte abwechselnd und wiederholt mit einem Flachteil und einem Gratteil in Abständen gebildet ist, wobei das Gratteil aus einem bandförmigen Vorsprung besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Gratteile in jedem der Katalysatorelemente in einer Richtung angeordnet sind, die den Gasstrom kontinuierlich oder stufenweise in einer Gasströmungsrichtung teilweise blockiert.

**[0004]** Das Patentdokument 2 offenbart eine Katalysatorstruktur, die eine Vielzahl von plattenförmigen Katalysatorelementen umfasst, die in Schichten gestapelt sind, wobei das plattenförmige Katalysatorelement eine Platte und eine katalytische Komponente umfasst, die auf der Oberfläche der Platte getragen wird, wobei die Platte abwechselnd und wiederholt mit einem Flachteil und einem Gratteil, das aus einem bandförmigen Vorsprung besteht, parallel in Abständen in einer solchen Anordnung gebildet ist, dass das Gratteil einen Gasstrom behindert, dadurch gekennzeichnet, dass die Gratteile auf der Vorder- und Rückseite des plattenförmigen Katalysatorelements abwechselnd aneinander angrenzen und jedes zwei oder mehr der bandförmigen Vorsprünge in der gleichen Menge aufweist, und die plattenförmigen Katalysatorelemente so angeordnet sind, dass das Gratteil  $0 < \theta \leq 90^\circ$  in Bezug auf die Gasströmungsrichtung aufweist, wobei sie abwechselnd umgedreht und nach der Reihe gestapelt sind, wobei  $\theta$  ein Neigungswinkel des Gratteils in Bezug auf die Gasströmungsrichtung ist.

**[0005]** Das Patentdokument 3 offenbart als Beispiel 14, dass sechshundvierzig Katalysatorgrundmaterialien zu einem Katalysatorrahmen gestapelt sind, um eine Katalysatorträgereinheit mit einer Größe von 150 mm x 150 mm x 250 mm zu erhalten, wobei das Katalysatorgrundmaterial eine Größe von 150 mm x 250 mm hat und sechs Wellenformlinien mit einer Höhe von 2 mm in einem schrägen Winkel (etwa  $30^\circ$ ) in Bezug auf die lange Seite und einem Abstand von 30 mm auf der kurzen Seite aufweist, und die Einheit in eine Katalysatoraufschlammung getaucht ist, wobei sie getrocknet und gebrannt werden, um einen Katalysator in Form einer Einheit zu erhalten.

#### ZITATIONSLISTEPATENTLITERATUR

PATENTDOKUMENT 1 : WO 96/014920 A1  
PATENTDOKUMENT 2 : JP 2000-117120 A  
PATENTDOKUMENT 3 : JP 2002-361092 A

## KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

### PROBLEME, DIE DURCH DIE ERFINDUNG ZU LÖSEN SIND

**[0006]** Bei der Katalysatorstruktur nach dem Stand der Technik, wie in Fig. 12 dargestellt, biegt sich der Randteil auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements, wenn das plattenförmige Katalysatorelement während des Betriebs durch Hitze verschließen wird, wodurch die Breite  $d$  des Strömungswegs verengt oder ungleichmäßig werden kann, was zu einer Zunahme von Druckverlust und einer Abnahme des Denitrierungsverhältnisses führt.

**[0007]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Denitrierungskatalysatoreinheit bereitzustellen, die in der Lage ist, ein hohes Denitrierungsverhältnis mit geringem Druckverlust zu erzielen und zu einer Senkung der anfänglichen Betriebskosten, wie z.B. der Gebläseleistung, beizutragen.

### MITTEL ZUR LÖSUNG DER PROBLEME

**[0008]** Infolge von Studien zur Lösung der obengenannten Probleme wurde die vorliegende Erfindung, einschließlich der folgenden Aspekte, vervollständigt.

**[0009]** [1] Denitrierungskatalysatoreinheit, umfassend zwei oder mehr plattenförmige Katalysatorelemente, wobei das plattenförmige Katalysatorelement einen Rand, der sich auf der Gaseinströmseite befindet, einen Rand, der sich auf der Gasausströmseite befindet, und Ränder, die sich auf beiden Seiten des plattenförmigen Katalysatorelements befinden, aufweist, wobei die plattenförmigen Katalysatorelemente so gestapelt sind, dass die Ränder, die sich auf der Gaseinströmseite befinden, und die Ränder, die sich jeweils auf einer Seite der plattenförmigen Katalysatorelemente befinden, aufeinander ausgerichtet sind, wobei jedes der plattenförmigen Katalysatorelemente abwechselnd mehr als ein Flachteil in Form einer flachen Platte und mehr als ein konkav-konvexes Teil in Form von plattenförmigen konvexen Streifen auf der Ober- und Unterseite aufweist, wobei die plattenförmigen konvexen Streifen parallel zueinander stehen und in einem Winkel  $\theta$  von nicht weniger als  $50^\circ$  und nicht mehr als  $85^\circ$  zu einer Erstreckungsrichtung des Rands, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements befindet, schräg angeordnet sind, so dass sich ein Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Oberseite eines der plattenförmigen Katalysatorelemente mit einem Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Unterseite eines anderen der benachbarten plattenförmigen Katalysatorelemente schneidet, wobei mindestens einer der Schnittpunkte innerhalb eines Bereichs  $x$  von mehr als 0 mm und weniger als 25 mm einwärts von dem Rand liegt, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements befindet.

**[0010]** [2] Denitrierungskatalysatoreinheit gemäß [1], wobei jedes der plattenförmigen Katalysatorelemente ein plattenförmiges Grundmaterial und eine auf dem plattenförmigen Grundmaterial getragene katalytische Komponente umfasst.

**[0011]** [3] Plattenförmiges Katalysatorelement mit einem Rand, der sich auf der Gaseinströmseite befindet, einem Rand, der sich auf der Gasausströmseite befindet, und Rändern, die sich auf beiden Seiten des plattenförmigen Katalysatorelements befinden, wobei das plattenförmige Katalysatorelement abwechselnd mehr als ein Flachteil in Form einer flachen Platte und mehr als ein konkav-konvexes Teil in Form von plattenförmigen konvexen Streifen auf der Ober- und Unterseite aufweist, wobei die plattenförmigen konvexen Streifen parallel zueinander stehen und in einem Winkel  $\theta$  von nicht weniger als  $50^\circ$  und nicht mehr als  $85^\circ$  zu einer Erstreckungsrichtung des Rands, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements befindet, schräg angeordnet sind,

wenn und falls die plattenförmigen Katalysatorelemente so gestapelt sind, dass die Ränder, die sich auf der Gaseinströmseite befinden, und die Ränder, die sich jeweils auf einer Seite der plattenförmigen Katalysatorelemente befinden, aufeinander ausgerichtet sind, so dass sich ein Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Oberseite eines der plattenförmigen Katalysatorelemente mit einem Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Unterseite eines anderen der benachbarten plattenförmigen Katalysatorelemente schneidet, mindestens einer

der Schnittpunkte innerhalb eines Bereichs  $x$  von mehr als 0 mm und weniger als 25 mm einwärts von dem Rand liegt, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements befindet.

**[0012]** [4] Plattenförmiges Katalysatorelement gemäß [3], umfassend ein plattenförmiges Grundmaterial und eine auf dem plattenförmigen Grundmaterial getragene katalytische Komponente.

#### VORTEILHAFTE WIRKUNGEN DER ERFINDUNG

**[0013]** Die vorliegende Erfindung kann ein hohes Denitrierungsverhältnis mit geringem Druckverlust erzeugen und zu einer Senkung der anfänglichen Betriebskosten beitragen. Die vorliegende Erfindung eignet sich zum Entfernen von Stickoxiden (NO<sub>x</sub>), die im Abgas eines Gaskraftwerks enthalten sind.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

- [0014]** Fig. 1 ist eine dreiseitige Ansicht (Vorderseite, Oberseite, rechte Seitenfläche), die das plattenförmige Katalysatorelement A zeigt, das bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird.
- [0015]** Fig. 2 ist eine dreiseitige Ansicht (Vorderseite, Oberseite, rechte Seitenfläche), die das plattenförmige Katalysatorelement B zeigt, das bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird.
- [0016]** Fig. 3 ist eine Vorderansicht, die ein Beispiel für die Denitrierungskatalysatoreinheit gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.
- [0017]** Fig. 4 ist eine Schrägansicht, die ein Beispiel für die Denitrierungskatalysatoreinheit gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.
- [0018]** Fig. 5 ist eine perspektivische Draufsicht, welche die Anordnung von Schnittpunkten des Grats des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements A und des Grats des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements B zeigt.
- [0019]** Fig. 6 ist eine perspektivische Draufsicht, welche die Anordnung von Schnittpunkten des Grats des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements A und des Grats des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements B zeigt.
- [0020]** Fig. 7 ist eine dreiseitige Ansicht (Vorderseite, Oberseite, rechte Seitenfläche), die das plattenförmige Katalysatorelement C zeigt, das bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird.
- [0021]** Fig. 8 ist eine Vorderansicht, die ein Beispiel für die Denitrierungskatalysatoreinheit gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.
- [0022]** Fig. 9 ist eine perspektivische Draufsicht, welche die Anordnung von Schnittpunkten des Grats des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements A und des Grats des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements C zeigt.
- [0023]** Fig. 10 ist eine perspektivische Draufsicht, welche die Anordnung von Schnittpunkten des Grats des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements A und des Grats des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements C zeigt.
- [0024]** Fig. 11 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für den Zustand des Rands auf der Gaseinströmseite in der Denitrierungskatalysatoreinheit gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0025]** Fig. 12 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für den Zustand des Rands auf der Gaseinströmseite in der Denitrierungskatalysatoreinheit nach dem Stand der Technik zeigt.

#### AUSFÜHRUNGSFORMEN ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

**[0026]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen speziell beschrieben. Der Umfang der vorliegenden Erfindung ist durch die folgenden Ausführungsformen nicht eingeschränkt.

**[0027]** Die Denitrierungskatalysatoreinheit gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst eine Vielzahl von plattenförmigen Katalysatorelementen.

**[0028]** Jedes der plattenförmigen Katalysatorelemente umfasst vorzugsweise ein plattenförmiges Grundmaterial und eine katalytische Komponente, die auf der Oberfläche des plattenförmigen Grundmaterials getragen wird. Das plattenförmige Katalysatorelement kann beispielsweise erhalten werden, indem ein plattenförmiges Grundmaterial, wie z.B. eine Metallplatte oder ein anorganisches Fasergewebe oder -vlies, mit einer katalytischen Komponente imprägniert und beschichtet wird, damit die katalytische Komponente getragen wird, und dann eine Pressbearbeitung oder dergleichen durchgeführt wird.

**[0029]** Die katalytische Komponente ist nicht besonders eingeschränkt, solange sie eine katalytische Denitrierungswirkung besitzt. Als katalytische Komponente können beispielsweise Katalysatoren auf Titanbasis, die ein Titanoxid, ein Molybdän- und/oder Wolframoxid und ein Vanadiumoxid umfassen; Katalysatoren auf Zeolithbasis, die hauptsächlich ein Aluminosilikat umfassen, wie z.B. einen Zeolith, der ein Metall wie Cu oder Fe trägt; solche, die eine Mischung aus dem Katalysator auf Titanbasis und dem Katalysator auf Zeolithbasis umfassen, genannt werden. Von diesen wird der Katalysator auf Titanbasis bevorzugt.

**[0030]** Beispiele für die Katalysatoren auf Titanbasis können Ti-V-W-Katalysatoren, Ti-V-Mo-Katalysatoren, Ti-V-W-Mo-Katalysatoren und dergleichen umfassen.

**[0031]** Ein Verhältnis des V-Elements zum Ti-Element beträgt vorzugsweise nicht mehr als 2 Gew.-%, stärker bevorzugt nicht mehr als 1 Gew.-%, ausgedrückt als Gewichtsprozentsatz von  $V_2O_5/TiO_2$ . Ein Verhältnis des Mo-Elements und/oder des W-Elements zum Ti-Element beträgt vorzugsweise nicht mehr als 10 Gew.-%, stärker bevorzugt nicht mehr als 5 Gew.-%, ausgedrückt als Gewichtsprozentsatz von  $(MoO_3+WO_3)/TiO_2$ , wenn das Molybdänoxid und das Wolframoxid in Kombination verwendet werden.

**[0032]** Bei der Herstellung der Katalysatoren auf Titanbasis kann Titanoxidpulver oder ein Titanoxidvorläufer als Ausgangsmaterial für das Titanoxid verwendet werden. Beispiele für den Titanoxidvorläufer können Titanoxid-Aufschlämmung, Titanoxid-Sol; Titansulfat, Titan-tetrachlorid, Titanat, Titanalkoxid und dergleichen umfassen. Solche, die Titanoxid vom Anatas-Typ bilden, werden bei der vorliegenden Erfindung bevorzugt als Ausgangsmaterial für das Titanoxid verwendet.

**[0033]** Als Ausgangsmaterial für das Vanadiumoxid kann eine Vanadiumverbindung wie Vanadiumpentoxid, Ammoniummetavanadat oder Vanadylsulfat verwendet werden.

**[0034]** Als Ausgangsmaterial für das Wolframoxid können Ammoniumparawolframat, Ammoniummetawolframat, Wolframtrioxid, Wolframchlorid oder dergleichen verwendet werden.

**[0035]** Als Ausgangsmaterial für das Molybdänoxid kann Ammoniummolybdat, Molybdäntrioxid oder dergleichen verwendet werden.

**[0036]** Die katalytische Komponente, die bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird, kann Co-Katalysatoren oder Zusatzstoffe, wie z.B. ein P-Oxid, ein S-Oxid, ein Al-Oxid (zum Beispiel Aluminiumoxid), ein Si-Oxid (zum Beispiel Glasfasern), ein Zr-Oxid (z.B. Zirkoniumdioxid), Gips (z. B. Dihydratgips etc.) oder Zeolithe umfassen. Diese können bei der Katalysatorherstellung in Form von Pulvern, Sol, Aufschlämmungen, Fasern oder dergleichen verwendet werden.

**[0037]** Die Denitrierungskatalysatoreinheit gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst vorzugsweise eine Vielzahl von plattenförmigen Katalysatorelementen, die in dem Rahmenkörper 5 untergebracht sind, wie in Fig. 4 dargestellt.

**[0038]** Jedes der plattenförmigen Katalysatorelemente hat eine plattenähnliche Form mit einem Rand, der sich auf der Gaseinströmseite befindet, einem Rand, der sich auf der Gasausströmseite befindet, und Rändern, die sich auf beiden Seiten des plattenförmigen Katalysatorelements befinden. Die einzelnen plattenähnlichen Katalysatorelemente haben vorzugsweise eine quadratische oder rechteckige Gesamtform. Dann werden die plattenförmigen Katalysatorelemente in der erfindungsgemäßen Denitrierungskatalysatoreinheit gestapelt, wobei die Ränder auf der Gaseinströmseite und die auf beiden Seiten angeordneten Ränder aufeinander ausgerichtet sind.

**[0039]** Jedes der plattenförmigen Katalysatorelemente weist eine Vielzahl von Flachteilen 1 und eine Vielzahl von konkav-konvexen Teilen 2 abwechselnd auf. Das Flachteil 1 hat eine flache Plattenform. Das konkav-konvexe Teil 2' hat eine Plattenform mit einem konvexen Streifen 3 auf der Oberseite und einem konvexen Streifen 3' auf der Unterseite, die parallel sind. Die konvexen Streifen 3, 3' können gebogen sein, es wird jedoch bevorzugt, dass die konvexen Streifen 3, 3' im Wesentlichen gerade sind, wie in Fig. 1 und in anderen dargestellt. Die Höhe  $h$  der konvexen Streifen 3, 3' und die Breite  $w$  der konvexen Streifen 3, 3' können passend eingestellt werden. Die Breite des konkav-konvexen Teils 2 beträgt  $2w$ . Die Breite  $w_2$  des konvexen Streifenquerschnitts am Rand auf der Gaseinströmseite oder der Gasausströmseite ist  $w / (\sin(90^\circ - \theta))$ . Es wird bevorzugt, dass die Rückseiten der einzelnen konvexen Streifen 3', 3 konkave Streifen 4, 4' entsprechend der Form der konvexen Streifen 3', 3 bilden. Es wird bevorzugt, dass jedes konkav-konvexe Teil aufgrund der konvexen Streifen auf der Oberseite und der konvexen Streifen auf der Unterseite einen Z-förmigen oder S-förmigen Querschnitt aufweist. In dem in den Zeichnungen dargestellten konkav-konvexen Teil 2 zeigt eine dünne Linie eine Gratlinie eines konvexen Streifens an, und eine dicke Linie zeigt eine Tallinie eines konkaven Streifens an. Je größer zudem das Verhältnis  $h/w$  der Höhe  $h$  zur Breite  $w$  ist, desto höher ist tendenziell das Denitrierungsverhältnis, und je kleiner das Verhältnis  $h/w$  der Höhe  $h$  zur Breite  $w$  ist, desto geringer ist tendenziell der Druckverlust. Die Plattendicke  $t$  im Flachteil und im konkav-konvexen Teil ist nicht besonders eingeschränkt, beträgt aber vorzugsweise 0,1 bis 0,5 mm.

**[0040]** Jeder der konvexen Streifen ist parallel zueinander und schräg in einem Winkel  $\theta$  in Bezug auf die Erstreckungsrichtung des Rands angeordnet, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements befindet. Die untere Grenze des Winkels  $\theta$  ist  $50^\circ$ , vorzugsweise  $55^\circ$ , stärker bevorzugt  $65^\circ$  und noch stärker bevorzugt  $70^\circ$ , und die obere Grenze des Winkels  $\theta$  ist  $85^\circ$ , vorzugsweise  $83^\circ$  und stärker bevorzugt  $80^\circ$ . Ist der Winkel  $\theta$  klein, so ist die Wirkung der Erhöhung des Denitrierungsverhältnisses tendenziell hoch. Ist der Winkel  $\theta$  groß, so ist die Wirkung der Verringerung des Druckverlusts tendenziell hoch. Die parallelen konvexen Streifen auf derselben Oberfläche sind vorzugsweise gleichmäßig beabstandet. Der Abstand  $p$  zwischen den Gratlinien der parallelen konvexen Streifen auf derselben Oberfläche kann entsprechend eingestellt werden. Die Breite  $p_0$  ist  $p - 2w$  oder  $w_1 \sin(90^\circ - \theta)$ . Bei dem erfindungsgemäßen plattenförmigen Katalysatorelement neigt der Druckverlust dazu, sich zu verringern, wenn der Winkel  $\theta$  zunimmt, und das Denitrierungsverhältnis neigt dazu, sich zu erhöhen, wenn die Breite  $p_0$  abnimmt.

**[0041]** In der erfindungsgemäßen Denitrierungskatalysatoreinheit sind die plattenförmigen Katalysatorelemente so angeordnet, dass die Gratlinie des konvexen Streifens 3 auf der Oberseite des einen plattenförmigen Katalysatorelements die Gratlinie des konvexen Streifens 3' auf der Unterseite des benachbarten plattenförmigen Katalysatorelements schneidet und berührt. Der kleine Winkel  $\theta_1$ , der durch die zwei konvexen Streifen am Schnittpunkt gebildet wird, beträgt vorzugsweise nicht weniger als  $10^\circ$  und nicht mehr als  $80^\circ$ , stärker bevorzugt nicht weniger als  $20^\circ$  und nicht mehr als  $70^\circ$  und noch bevorzugter nicht weniger als  $20^\circ$  und nicht mehr als  $65^\circ$ . Indem die plattenförmigen Katalysatorelemente so angeordnet werden, dass die Gratlinien der konvexen Streifen sich schneiden und einander berühren, wird die untere Grenze des durchschnittlichen Abstands zwischen der Oberseite des Flachteils des plattenförmigen Katalysatorelements und der Unterseite des Flachteils des benachbarten plattenförmigen Katalysatorelements

durch die Höhe der obenstehend erwähnten konvexen Streifen 3, 3' reguliert.

**[0042]** In der erfindungsgemäßen Denitrierungskatalysatoreinheit liegt mindestens einer der Schnittpunkte 6, 6' im Bereich x von mehr als 0 mm und weniger als 25 mm, vorzugsweise nicht weniger als 4 mm und nicht mehr als 20 mm, stärker bevorzugt nicht weniger als 7 mm und nicht mehr als 16 mm, vom Rand auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements zur Innenseite hin (der Gasausströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements).

**[0043]** Nachstehend sind Ausführungsbeispiele dargestellt, bei denen die Schnittpunkte 6 und 6' im Bereich x liegen.

**[0044]** Das in Fig. 2 dargestellte plattenförmige Katalysatorelement B ist ein solches, bei dem die Richtung der Vorder- und Rückseite des in Fig. 1 dargestellten plattenförmigen Katalysatorelements A geändert und von innen nach außen gedreht ist. Wenn sie auf diese Weise umgedreht ist, bildet der Querschnitt des konkav-konvexen Teils an dem Rand, der sich auf der Seite der Vorderfläche (Gaseinströmung) des plattenförmigen Katalysatorelements A befindet, eine Z-förmige Wellenform, und der Querschnitt des konkav-konvexen Teils, das sich an dem Rand auf der Seite der Vorderfläche (Gaseinströmung) des plattenförmigen Katalysatorelements B befindet, bildet eine Wellenform in der Gestalt eines umgekehrten Z. Wie in den Figuren 3, 5 und 6 dargestellt, werden der Punkt 6 (Fig. 5), an dem sich die Gratlinie des konvexen Streifens auf der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements A mit der Gratlinie des konvexen Streifens auf der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements B schneidet, und der Punkt 6' (Fig. 6), an dem sich die Gratlinie des konvexen Streifens auf der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements A mit der Gratlinie des konvexen Streifens auf der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements B schneidet, an Positionen etwa im gleichem Abstand von dem auf der Gaseinströmseite befindlichen Rand abwechselnd nach links und rechts verschoben. Wenn wie bei dem plattenförmigen Katalysatorelement A und dem plattenförmigen Katalysatorelement B eine Art von plattenförmigem Katalysatorelement verwendet wird, indem dieses auf den Kopf gestellt wird, beträgt die Differenz zwischen  $W_3$  und  $W_4$  vorzugsweise  $2x/(\tan \theta)$ , so dass mindestens ein Schnittpunkt im Bereich x vorhanden ist.

**[0045]** Das in Fig. 6 dargestellte plattenförmige Katalysatorelement C ist ein solches, bei dem ein in Fig. 1 dargestelltes plattenförmiges Katalysatorelement A links und rechts vertauscht und von innen nach außen gedreht ist. Wenn es auf diese Weise umgedreht ist, bilden sowohl der Querschnitt des konkav-konvexen Teils auf der Seite der Vorderfläche (Gaseinströmung) des plattenförmigen Katalysatorelements A als auch der Querschnitt des konkav-konvexen Teils auf der Seite der Vorderfläche (Gaseinströmung) des plattenförmigen Katalysatorelements C eine Z-förmige Wellenform. Wie in den Figuren 8, 9 und 10 dargestellt, werden der Punkt 6, an dem die Gratlinie des konvexen Streifens auf der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements A die Gratlinie des konvexen Streifens auf der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements C schneidet und berührt, und der Punkt 6', an dem die Gratlinie des konvexen Streifens auf der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements A die Gratlinie des konvexen Streifens auf der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements C schneidet und berührt, an Positionen etwa im gleichen Abstand von den Rändern auf beiden Seiten abwechselnd vor und zurück verschoben. Wenn wie bei dem plattenförmigen Katalysatorelement A und dem plattenförmigen Katalysatorelement C eine Art von plattenförmigem Katalysatorelement verwendet wird, indem dieses auf den Kopf gestellt wird, beträgt die Differenz zwischen  $W_3$  und  $W_4$  vorzugsweise  $2x/(\tan \theta) - 1,5 W_2$ , vorausgesetzt, dass die Gratlinie des konvexen Streifens entlang des Mittelpunkts der Breite des konvexen Streifens verläuft, so dass mindestens ein Schnittpunkt im Bereich x vorhanden ist.

**[0046]** Durch Anordnen der Schnittpunkte 6 und 6' im Bereich x ist es möglich, zu verhindern, dass der Abstand d zwischen der Oberseite des Flachteils des plattenförmigen Katalysatorelements und der Unterseite des Flachteils des benachbarten plattenförmigen Katalysatorelements am Rand auf der Gaseinströmseite ungleichmäßig wird (Fig. 11), selbst wenn die plattenförmigen Katalysatorelemente verschließen und gebogen werden. Als Ergebnis kann die erfindungsgemäße Denitrierungskatalysatoreinheit ein hohes Denitrierungsverhältnis mit geringem Druckver-

lust erzielen und somit zu einer Senkung der anfänglichen Betriebskosten, wie z.B. der Gebläseleistung, beitragen.

**[0047]** Die Wirkungen der erfindungsgemäßen Denitrierungskatalysatoreinheit werden anhand der nachfolgenden Beispiele speziell aufgezeigt.

#### VERGLEICHSBEISPIEL

**[0048]** Die Denitrierungskatalysatoreinheit wurde zusammengebaut, indem die plattenförmigen Katalysatorelemente mit einem Winkel  $\theta$  von  $75^\circ$  und  $p_0$  von 30 mm so gestapelt wurden, dass die Schnittpunkte 6, 6' 30 mm vom Rand auf der Gaseinströmseite entfernt lagen. Ein simuliertes Verbrennungsabgas wurde durch die Einheit geleitet, und der Druckverlust und das Denitrierungsverhältnis wurden gemessen.

#### BEISPIELE

**[0049]** Die Denitrierungskatalysatoreinheit wurde zusammengebaut, indem die plattenförmigen Katalysatorelemente A mit einem Winkel  $\theta$  von  $75^\circ$  und  $p_0$  von 30 mm so gestapelt wurden, dass die Schnittpunkte 6, 6' 10 mm vom Rand auf der Gaseinströmseite entfernt lagen, wie in den Figuren 3 bis 6 dargestellt. Ein simuliertes Verbrennungsabgas wurde durch jede Einheit geleitet, und der Druckverlust und das Denitrierungsverhältnis wurden gemessen.

**[0050]** Der Druckverlust der Denitrierungskatalysatoreinheit der BEISPIELE war um etwa 30% niedriger als der Druckverlust der Denitrierungskatalysatoreinheiten des VERGLEICHSBEISPIELS. Das jeweilige Denitrierungsverhältnis der Denitrierungskatalysatoreinheiten der BEISPIELE war höher als das Denitrierungsverhältnis der Denitrierungskatalysatoreinheit des VERGLEICHSBEISPIELS.

#### CODEBESCHREIBUNG

- 1: Flachteil
- 2: Konkav-konvexes Teil
- 3: Konvexer Streifen auf der Oberseite
- 4: Konkaver Streifen auf der Oberseite
- 3': Konvexer Streifen auf der Unterseite
- 4': Konkaver Streifen auf der Unterseite
- 5: Rahmenkörper
- A: Plattenförmiges Katalysatorelement
- B: Plattenförmiges Katalysatorelement
- 6: Der Punkt, an dem sich die Gratlinie auf der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements A und die Gratlinie auf der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements B schneiden.
- 6': Der Punkt, an dem sich die Gratlinie der Unterseite des plattenförmigen Katalysatorelements A und die Gratlinie der Oberseite des plattenförmigen Katalysatorelements B schneiden.
- G: Einströmendes Gas
- G': Ausströmendes Gas

## Patentansprüche

1. Plattenförmiges Katalysatorelement (A,B) mit einem Rand, der sich auf der Gaseinströmseite befindet, einem Rand, der sich auf der Gasausströmseite befindet, und Rändern, die sich auf beiden Seiten des plattenförmigen Katalysatorelements (A,B) befinden, **dadurch gekennzeichnet**, dass das plattenförmige Katalysatorelement (A,B) abwechselnd mehr als ein Flachteil (1) in Form einer flachen Platte und mehr als ein konkav-konvexes Teil (2) in Form von plattenförmigen konvexen Streifen auf der Ober- und Unterseite (3,3') aufweist, wobei die plattenförmigen konvexen Streifen (3,3') parallel zueinander stehen und in einem Winkel  $\theta$  von nicht weniger als  $50^\circ$  und nicht mehr als  $85^\circ$  zu einer Erstreckungsrichtung des Rands, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements (A,B) befindet, schräg angeordnet sind, wenn und falls die plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) so gestapelt sind, dass die Ränder, die sich auf der Gaseinströmseite befinden, und die Ränder, die sich jeweils auf einer Seite der plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) befinden, aufeinander ausgerichtet sind, so dass sich ein Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Oberseite (3) eines der plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) mit einem Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Unterseite (3') eines anderen der benachbarten plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) schneidet, jener Schnittpunkt, der am nächsten zum Rand ist, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements (A,B) befindet, innerhalb eines Bereichs x von nicht weniger als 4 mm und weniger als 25 mm einwärts von dem Rand liegt, der sich auf der Gaseinströmseite des plattenförmigen Katalysatorelements (A,B) befindet.
2. Plattenförmiges Katalysatorelement (A,B) gemäß Anspruch 1, umfassend ein plattenförmiges Grundmaterial und eine auf dem plattenförmigen Grundmaterial getragene katalytische Komponente.
3. Plattenförmiges Katalysatorelement (A,B) gemäß Anspruch 2, wobei die katalytische Komponente ein Titanoxid, ein Molybdänoxid und/oder Wolframoxid, und ein Vanadiumoxid umfasst, wobei ein Verhältnis des Elements V zum Element Ti nicht mehr als 2 Gew.-% bezogen auf ein Verhältnis eines Gewichtsprozents von  $V_2O_5 / TiO_2$  ist und ein Verhältnis des Elements Mo und/oder des Elements W zum Element Ti nicht mehr als 10 Gew.-% bezogen auf ein Verhältnis eines Gewichtsprozents von  $(MoO_3 + WO_3) / TiO_2$  ist.
4. Plattenförmiges Katalysatorelement (A,B) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine untere Grenze für den Winkel  $\theta$  bei  $65^\circ$  liegt.
5. Denitrierungskatalysatoreinheit, umfassend zwei oder mehr plattenförmige Katalysatorelemente (A,B) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) so gestapelt sind, dass die Ränder, die sich auf der Gaseinströmseite befinden, und die Ränder, die sich jeweils auf einer Seite der plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) befinden, aufeinander ausgerichtet sind, so dass sich ein Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Oberseite (3) eines der plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) mit einem Grat des plattenförmigen konvexen Streifens auf der Unterseite (4) eines anderen der benachbarten plattenförmigen Katalysatorelemente (A,B) schneidet.

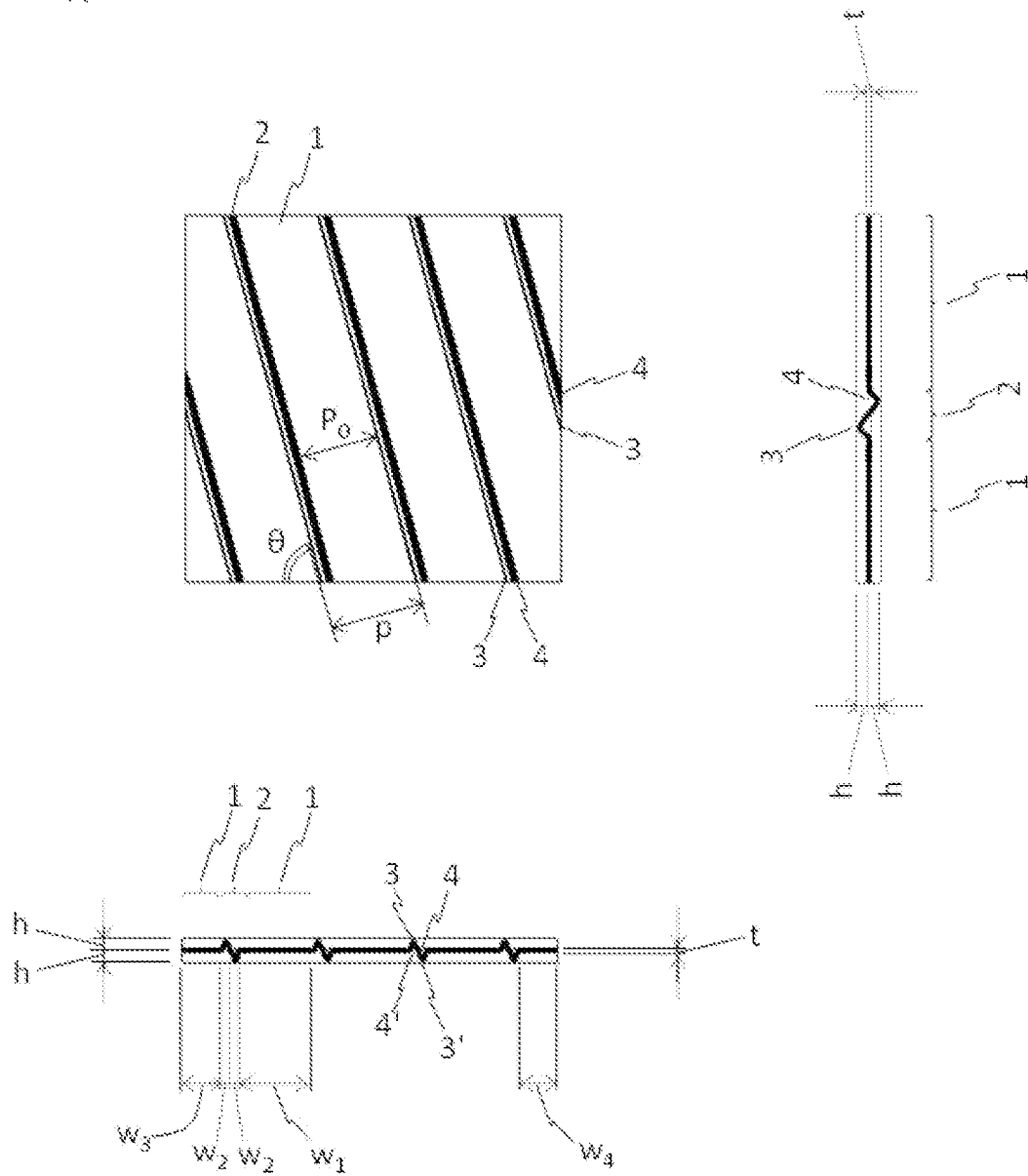
Hierzu 12 Blatt Zeichnungen

1/12

ZEICHNUNGEN

[FIG. 1]

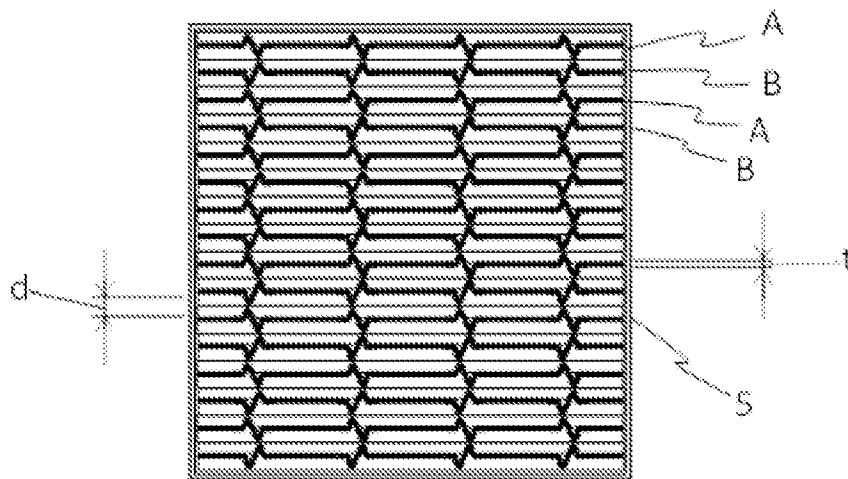
A





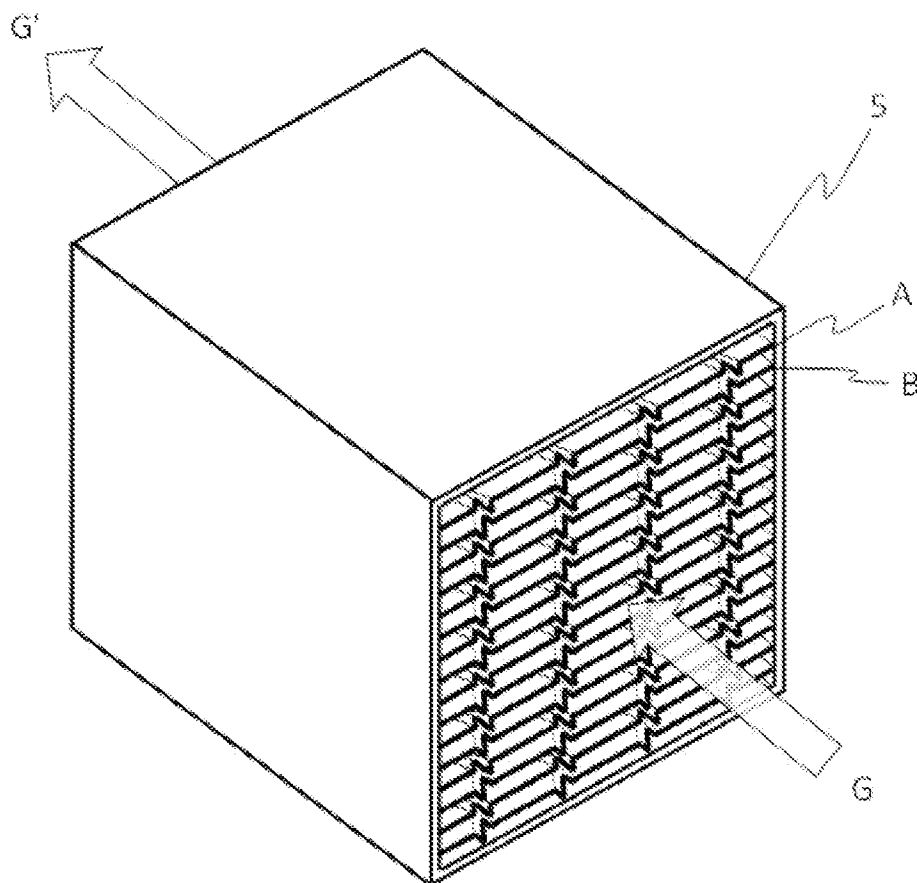
3/12

[FIG. 3]



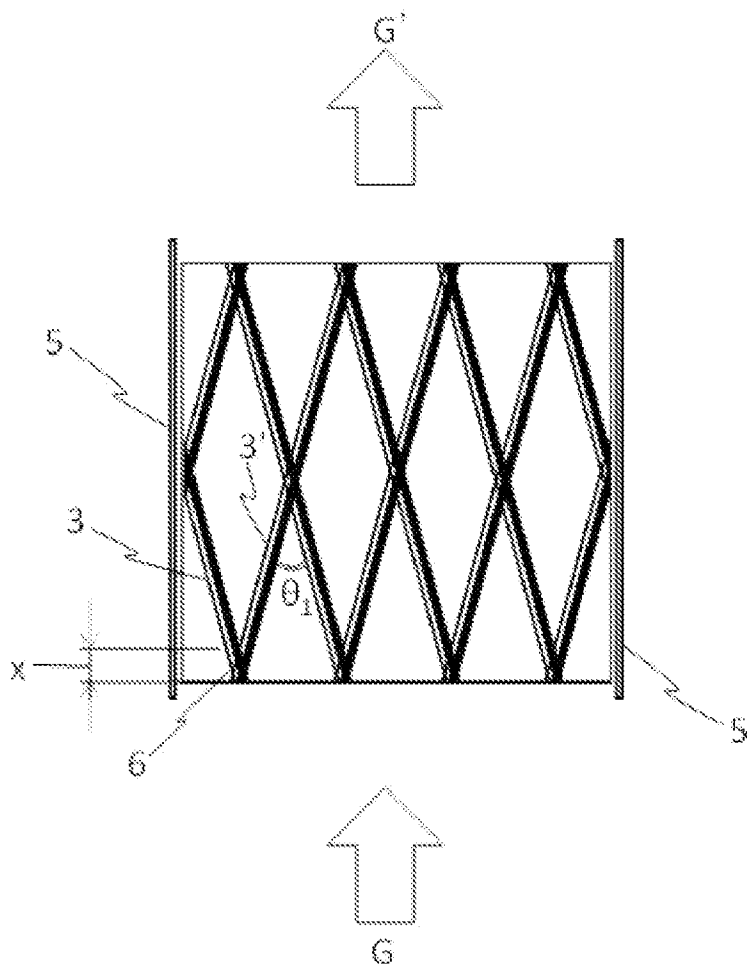
4/12

[FIG. 4]



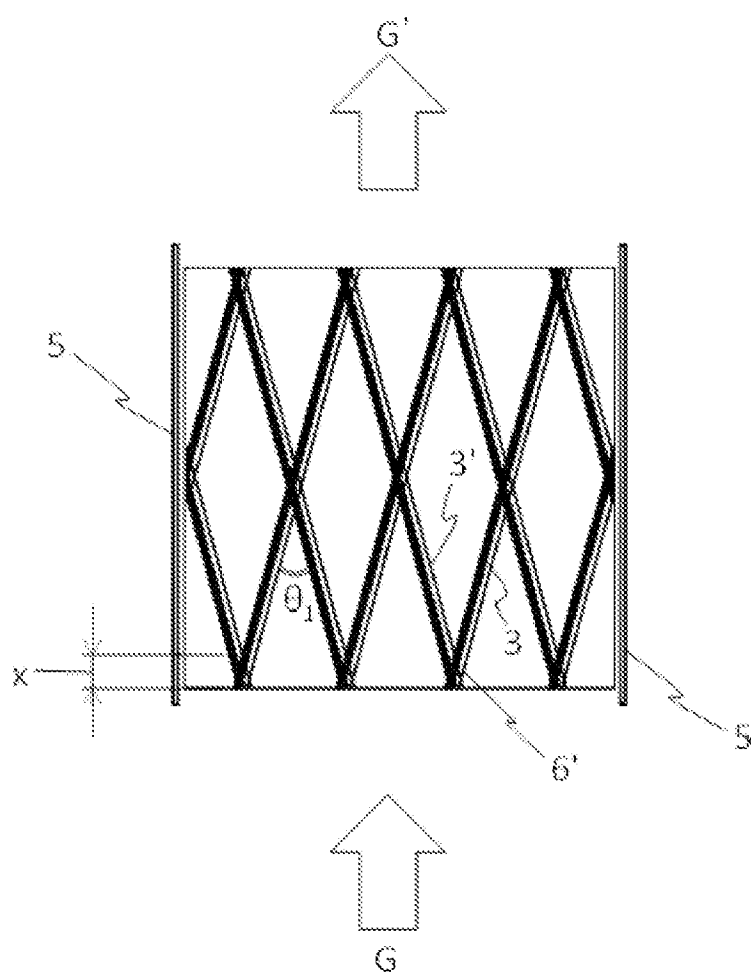
5/12

[FIG. 5]



6/12

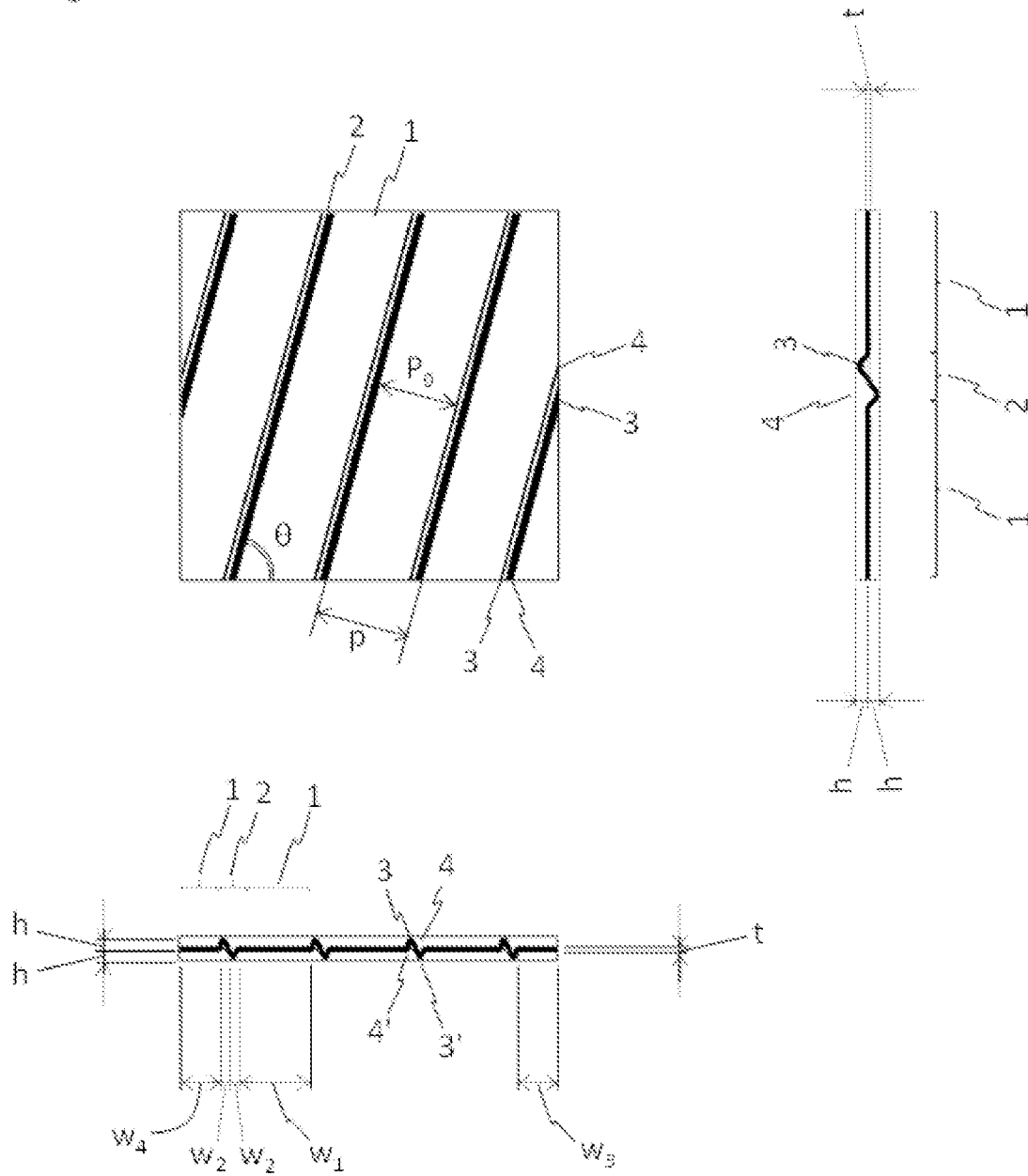
[FIG. 6]



7/12

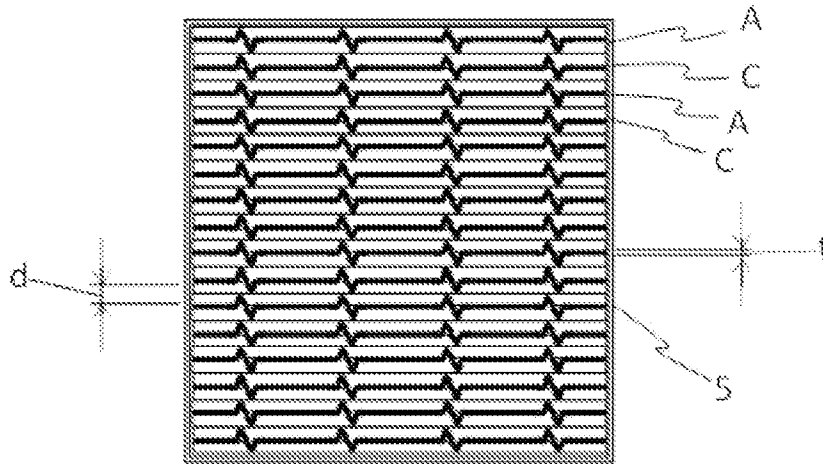
[FIG. 7]

C



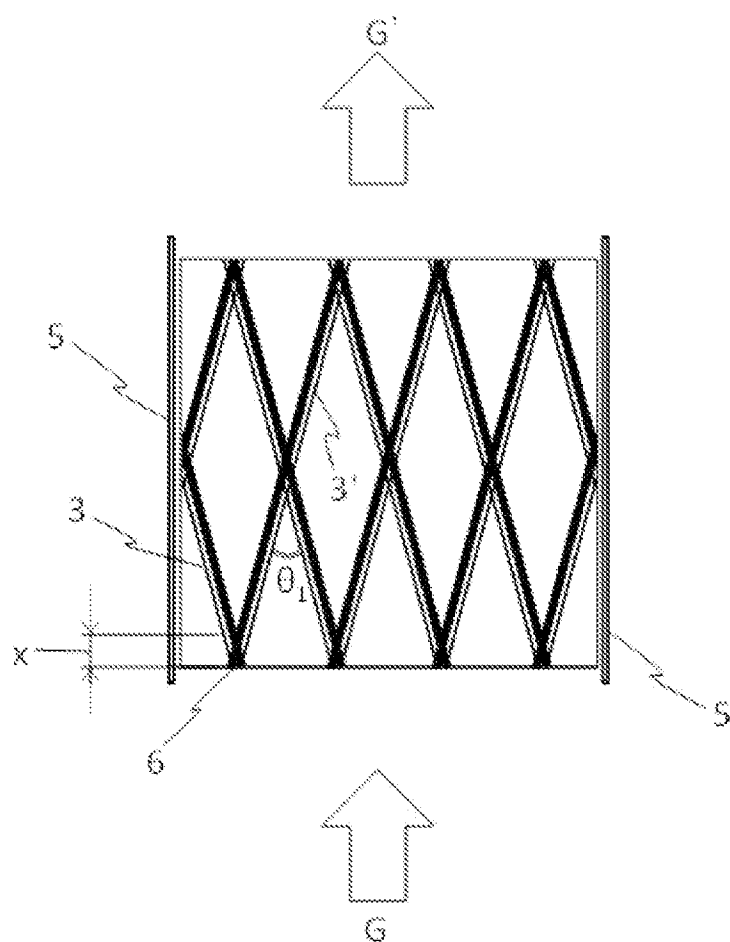
8/12

[FIG. 8]



9/12

[FIG. 9]

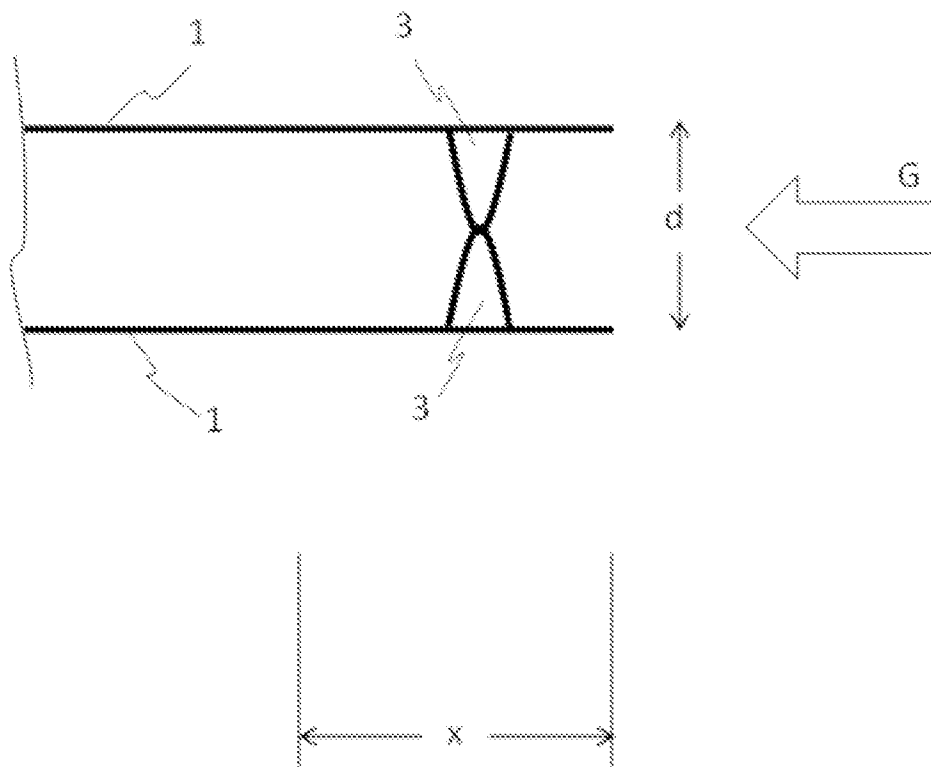




11/12

[FIG. 11]

VORLIEGENDE ERFINDUNG



12/12

[FIG. 12]

STAND DER TECHNIK

