

(19)



(11)

EP 3 873 173 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.01.2022 Patentblatt 2022/02

(51) Int Cl.:
H05B 3/42 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20159612.9**

(22) Anmeldetag: **26.02.2020**

(54) **GASERHITZER-HEIZELEMENT-HERSTELLUNGSVERFAHREN SOWIE
GASERHITZER-HEIZELEMENT**

GAS HEATER HEATING ELEMENT MANUFACTURING METHOD AND GAS HEATER HEATING
ELEMENT

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'ÉLÉMENT CHAUFFANT DE RÉCHAUFFEUR DE GAZ AINSI
QU'ÉLÉMENT CHAUFFANT DE RÉCHAUFFEUR DE GAZ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.09.2021 Patentblatt 2021/35

(73) Patentinhaber: **SunFire GmbH
01237 Dresden (DE)**

(72) Erfinder:
• **Klahn, Christian
01129 Dresden (DE)**
• **Becker, Sebastian
01277 Dresden (DE)**
• **Rüger, Dietmar
01728 Bannewitz (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1-102014 102 474 GB-A- 499 074
US-A1- 2016 273 801**

EP 3 873 173 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, wobei das Gaserhitzer-Heizelement wenigstens ein elektrisches Heizelement in einem Monolithen aufweist, in dem Monolithen eine Trag- und Kanalstruktur mit einer Mehrzahl von Kanälen ausgebildet ist, das elektrische Heizelement in den Kanälen der Trag- und Kanalstruktur geführt ist, von dem Heizelement Wärme innerhalb der Kanäle auf ein durch die Kanäle strömendes Gas zur Erwärmung des Gases und/oder zur Erzielung von hohen Gastemperaturen übertragbar ist.

[0002] Der Gaserhitzer ist insbesondere für eine vertikale Durchströmung, aber auch horizontale Verwendung, sowie insbesondere für Gastemperaturen von 800 °C bis 1200 °C konzipiert. Dabei ist der Gaserhitzer herkömmlichen Heizern aufgrund seiner Geometrie bezüglich des zuverlässigen Erreichens der gewünschten Gastemperatur im genannten Temperaturbereich sowie gleichzeitig vergleichsweise langen Betriebsdauern bis zu einem Versagen des Heizdrahtes überlegen.

[0003] Das Design des Gaserhitzer-Heizelementes basiert auf dem Patent EP 2 926 623 B2 "Heizelement und Prozessheizer", wobei das Fertigungsverfahren gänzlich neu ist.

[0004] Die Druckschrift EP 2 926 623 B2 offenbart ein Heizelement zum Erhitzen von Gasen auf hohe Temperaturen, mit mindestens einem für die Durchströmung von heißem bzw. zu erheizendem Gas ausgelegten Rohr und einem elektrischen Heizdraht in dem Rohr, welcher für die Übertragung von Wärme auf an dem Heizdraht vorbeiströmendes Gas ausgelegt ist.

[0005] Ebenso betrifft die Druckschrift auch einen Prozessheizer mit einem Gehäuse mit einer Gaszufuhr und einem Gasauslass, einem Heizraum zwischen Gaszufuhr und Gasauslass zur Aufnahme eines Heizelementes und elektrischen Anschlüssen für mindestens ein Heizelement. Entsprechende Heizelemente sind seit langem bekannt. Sie bestehen aus mindestens einem von Gas zu durchströmenden Rohr, das zum Zwecke der Durchströmung beidseitig offen ist, wobei in dem Rohr ein Heizdraht angeordnet ist, an welchem das Gas vorbeiströmt und sich durch den direkten Kontakt mit dem Heizdraht erhitzt.

[0006] Der Begriff Heizdraht wird gemäß EP 2 926 623 B2 als Oberbegriff sowohl für relativ dünne gewendelte Drähte als auch für Heizstäbe gemäß der Erfindung mit einer entsprechenden Längsachse, die sich im Wesentlichen entlang der oder parallel zu der Achse des Rohres erstreckt und dabei das Rohr soweit ausfüllt, dass zwischen Heizstab und Rohrwand nur ein relativ kleiner, lichter Abstand verbleibt, der maximal 10 mm und vorzugsweise noch deutlich weniger beträgt, auch wenn er punktuell größer sein kann, verwendet.

[0007] Der Begriff Rohr wird in der Druckschrift EP 2 926 623 B2 als Hohlraum mit einer Eintritts- und einer Austrittsöffnung definiert, was der Trag- und Kanalstruktur aus dieser Schrift entspricht.

tur aus dieser Schrift entspricht.

[0008] Aus dem **Stand der Technik** sind unterschiedliche Arten von Heizelementen mit verschiedenen Herstellungsverfahren bekannt.

[0009] Das Heizelement aus EP 2 926 623 B2 wird derzeit, und so scheint dies auch die einzig ausführbare Variante zu sein, aus gebogenem Heizdraht und extrudierten Keramikstäbchen, welche Gaskanäle bilden, hergestellt. Die Keramikstäbchen werden anschließend mit möglichst wenig Zwischenraum, so dass ein minimaler Bypassstrom ausgebildet wird, nebeneinander angeordnet. Das zu erheizende Gas strömt entlang des Heizdrahtes durch die Keramikstäbchen. Zur Vermeidung des Bypassstromes kann anstelle einzelner Keramikstäbchen auch ein mehrfach gebohrter Keramikblock verwendet werden. Weiterhin schlägt die Druckschrift alternativ vor, die Zwischenräume zwischen den Keramikstäbchen mit einem geeigneten Material gasdicht zu verfüllen oder Abdeckplatten zu verwenden.

[0010] Die Herstellung der Heizelemente für den Gaserhitzer ist mit einem hohen Fertigungsaufwand und hohen Fertigungskosten durch unter anderem den kleinteiligen Aufbau und die kostenintensive Keramik bezüglich Fertigung und verwendeter Materialien verbunden. Der vertikale Einbau der Heizelemente sowie die vertikale Gasdurchströmung sind technisch kompliziert und somit nochmals kostenintensiv herstellbar. Die Realisierung großer, leistungsstarker Gaserhitzer ist mit dem Herstellungsverfahren nach dem Stand der Technik der Heizelemente aus EP 2 926 623 B2 nicht praktikabel und wirtschaftlich umsetzbar. Der Inhalt der EP 2 926 623 B2 ist auch aus der Druckschrift DE 10 2014 102 474 A1 bekannt.

[0011] Die Druckschrift DE 101 42 768 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Keramikbrems scheiben aus einem Grünling, bestehend aus SMC mit Verstärkungsfasern und anschließender Pyrolyse und Schmelzinfiltration. Zur Schaffung eines einteiligen Grünlings, der nach der Pyrolyse sehr komplizierte innere Hohlräume aufweist, umfasst das Verfahren das Herstellen des Grünlings aus einem Sandwich aus SMC, thermoplastischem Einleger, SMC in einem Arbeitsschritt in einem Werkzeug unter Druck- und Temperaturbeaufschlagung, wobei der Einleger den Grünling in seiner gesamten Fläche ausfüllt und dabei durch Durchbrüche so gestaltet ist, dass die obere und untere SMC-Lage zumindest stellenweise miteinander verbunden werden.

[0012] In der Druckschrift wird die Keramik durch das Sintern eines Grünlings erzeugt. Die benötigten Kühlkanäle in den Keramikbrems scheiben werden durch Ausbrennen eines Opfermaterials erzeugt. Die Druckschrift bezieht sich ausschließlich auf die Herstellung von Keramikbrems scheiben. Durch das Ausbrennen des Opfermaterials werden Kühlkanäle freigelegt, welche auch ausschließlich hierfür genutzt werden. Es wird kein Heizdraht in die Kanäle des Keramikkörpers eingebracht.

[0013] Die Druckschrift DE 24 51 175 A1 offenbart komplexe Keramik-Heizelemente zweckmäßiger geo-

metrischer Gestalt und widerstandsmomentgünstigen Querschnitts, bei denen in dichte, temperatur- und temperaturwechsel (schock) beständige, korrosionsimmune, physiologisch neutrale, dielektrische keramische Werkstoffe metallische Heizleiter bestimmbarer Leistung, für ein- bis dreiphasige Anschlussart, als Energieleiter zur Beheizung von Flüssigkeiten, Gasen und festen Stoffen eingesintert sind. Die Heizelemente können in diese Medien getaucht und / oder von ihnen durchströmt werden. Die Heizleistung und Gebrauchsdauer dieser Heizelemente übertreffen konventionelle Konstruktionen. Es werden Herstellungsmethoden und geeignete keramische Werkstoffe beschrieben.

[0014] In der Druckschrift wird ein keramisches Heizer-Heizdraht-Verbundprodukt über ein Stranggussverfahren und durch Sintern der Keramik hergestellt. Strömungskanäle werden als separate Kanäle in die Keramik eingeformt. Der Raum um die Heizdrähte wird explizit dicht ausgeführt, um den Kontakt mit dem aufzuheizenden Medium auszuschließen. Die Strömungskanäle werden nicht durch das Ausschmelzen / Ausbrennen eines Opfermaterials erzeugt, sondern durch das Stranggussverfahren in die Keramik eingeformt.

[0015] Die Druckschrift EP 1 191 002 A1 beschreibt die Herstellung eines Aluminiumnitrid-Sinterkörpers mit ausgezeichneter mechanischer Festigkeit, in dem keramische Partikel gehindert werden sich von der Oberfläche und / oder der Seite der Partikel zu lösen und die Erzeugung freier Partikel so unterdrückt wird. Der gesinterte Aluminiumnitrid-Sinterkörper enthält Schwefel.

[0016] Der Sinterkörper dient zur Herstellung eines Keramikheizers und wird über ein Keramikformgussverfahren hergestellt. Der Keramikheizer wird als Strahlungsheizer für das Erwärmen von Siliziumwafern genutzt. Aufgrund der hohen Reinheitsanforderungen der Siliziumwafer erfolgt eine besondere Auswahl des keramischen Materials.

[0017] In der Druckschrift handelt es sich ausschließlich um einen Strahlungsheizer für Siliziumwafer und nicht um einen Gaserhitzen. Es werden keine Gasströmungskanäle durch Ausbrennen eines Opfermaterials erzeugt.

[0018] Die Druckschrift US 2016 / 273 801 A1 offenbart ein Gaserhitzen-Heizelement aufweisend einen Monolithen / monolithischen Körper in einer Trag- und Kanalstruktur und wenigstens ein durchgängiges Heizelement, geführt durch die Trag- und Kanalstruktur in dem Monolithen. Auch aus der Druckschrift GB 499 074 A ist ein solches Gaserhitzen-Heizelement bekannt. Es wird jedoch kein geeignetes Fertigungsverfahren für ein solches Gaserhitzen-Heizelement angegeben.

[0019] Die **Probleme im Stand der Technik** sind im Wesentlichen, dass die Herstellung der Heizelemente für einen Gaserhitzen sowohl zeit- als auch kostenintensiv ist und der Einbau technisch kompliziert erfolgt.

[0020] Der vorliegenden Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, ein Herstellungsverfahren für Gaserhitzen-Heizelemente bereitzustellen, dass sowohl für die Rea-

lisierung kleiner als auch großer, leistungsstarker Gaserhitzen-Heizelemente praktikabel ist und aufgrund von verringertem Fertigungsaufwand und verringerten Fertigungskosten wirtschaftlich umsetzbar ist.

5 **[0021]** **Gelöst** wird diese Aufgabe mit einem Gaserhitzen-Heizelement-Herstellungsverfahren gemäß Hauptanspruch.

[0022] Das Gaserhitzen-Heizelement-Herstellungsverfahren, wobei das Gaserhitzen-Heizelement wenigstens ein elektrisches Heizelement in einem Monolithen aufweist, in dem Monolithen eine Trag- und Kanalstruktur mit einer Mehrzahl von Kanälen ausgebildet ist, das elektrische Heizelement in den Kanälen der Trag- und Kanalstruktur geführt ist, von dem elektrischen Heizelement Wärme innerhalb der Kanäle auf ein durch die Kanäle strömendes Gas zur Erwärmung des Gases und/oder zur Erzielung von hohen Gastemperaturen übertragbar ist, weist die folgenden Schritte auf:

- 20 - Formen des elektrischen Heizelements;
- wenigstens abschnittsweises oder vollständiges Beschichten des elektrischen Heizelements mit wenigstens einem Beschichtungsmaterial;
- Einbringen des beschichteten elektrischen Heizelements in eine Form zur Monolith-Herstellung;
- 25 - Herstellen des das beschichtete elektrische Heizelement umgebenden Monolithen und
- Entfernen des Beschichtungsmaterials des elektrischen Heizelements.

[0023] Durch dieses Verfahren ist es erstmalig möglich, einen entsprechenden Gaserhitzen-Heizelement kostengünstig herzustellen. Insbesondere spielt auch die Dimensionierung keine Rolle mehr, da dieses offenbarte Verfahren große als auch kleine Gaserhitzen-Heizelemente wirtschaftlich realisierbar macht.

[0024] Als besonderer Vorteil des hier offenbarten Herstellungsverfahrens lässt sich das Herstellen der Kanalstruktur vor der eigentlichen Herstellung der monolithischen Struktur herausstellen. Durch das Entfernen des Beschichtungsmaterials nach der Herstellung der monolithischen Struktur müssen keine Kanäle in die monolithische Struktur nach dessen Herstellung eingebracht werden, die dann mit den entsprechenden elektrischen Heizelementen konfektioniert werden müssten. Daher stellt das simple Beschichten des elektrischen Heizelementes vor der Monolithherstellung zur definierten Bildung des späteren Zwischenraums durch die zu entfernende Beschichtung einen besonderen Herstellungsschritt dar.

[0025] Aus dem erfindungsgemäßen Gaserhitzen-Heizelement-Herstellungsprozess erfolgt eine erhebliche Kostenreduktion für die Herstellung des Gaserhitzen-Heizelementes, da sich der Fertigungsaufwand und die Fertigungszeit verringern. Es ist nun möglich durchgängige, also einteilige, auch maschinell gefertigte Gaserhitzen-Heizelemente zu verwenden.

[0026] Gegenüber dem Einsatz von im Stand der

Technik bekannten Keramikstäbchen zur Herstellung einer Trag- und Kanalstruktur wird eine deutliche Reduzierung der Teileanzahl erwirkt. Es wird ein selbsttragender Aufbau, was die Kombination von elektrischem Heizelement mit Trag- und Kanalstruktur in einem Bauteil bedeutet, ermöglicht. Zudem sind weitere mögliche Funktionskombinationen wie beispielsweise thermische Dämmung, elektrische Isolation, Gasführung oder Katalysatortragstruktur gegeben.

[0027] Nachfolgend sind weitere Ausgestaltungsvarianten des Herstellungsverfahrens angeführt, die das zuvor aufgezeigte Verfahren weiter verbessern und es auch weiter spezialisieren können.

[0028] Das elektrische Heizelement kann insbesondere als Heizdraht und/oder als Heizdraht mit variablem Durchmesser und/oder als Heizdraht mit variabler geometrischer Struktur und/oder mehrere unterschiedliche Heizdrähte und/oder als Heizgitter und/oder als Heizgitterstrukturen ausgebildet sein. Hierdurch können unterschiedliche Wärmemengen in einzelnen Bereichen oder Abschnitten des Gaserhitzer-Heizelementes in Abhängigkeit der Heizelementgeometrie eingebracht werden. Insbesondere kann das elektrische Heizelement homogen oder inhomogen oder abschnittsweise homogen und abschnittsweise inhomogen ausgebildet angeordnet und/oder ausgeformt sein, um entsprechende Forderungen an die benötigte Wärmemenge zu erfüllen.

[0029] Das elektrische Heizelement und insbesondere der Heizdraht kann beliebig ausgeformt und unterschiedlich dicht angeordnet sein. In einer speziellen Variante kann auch eine inhomogene Verteilung der elektrischen Heizelemente innerhalb des Gaserhitzer-Heizers realisiert werden, die einer möglichen ungleichmäßigen Gaserwärmung entgegenwirken kann, bspw. in Randbereichen des Heizers. Hierzu kann entsprechend den Strömungsprofilen der Heizer mit den elektrischen Heizelementen ausgestaltet werden. Zur weiteren Vergleichmäßigung der Temperaturverteilung lassen sich in Randbereichen und/oder im Außenbereich der monolithischen Struktur Reflektorelemente zur Reflektion von Wärmestrahlung einbetten oder anbringen.

[0030] Als elektrische Heizelemente kommen Heizdrähte, Heizplatten und Heizstäbe als auch Heizgitter sowie Kombinationen aus den zuvor genannten in Frage. Weitere spezielle Ausgestaltungen sind jedoch ebenfalls möglich.

[0031] Weiter kann das elektrische Heizelement aus drei Abschnitten ausgebildet werden, nämlich einem ersten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gaseinströmseite ausgebildet wird, einem Kanalabschnitt, der innerhalb des Monolithen ausgebildet wird und einem zweiten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gasausströmseite. Hierdurch werden die einzelnen Heizdrähte bzw. elektrische Heizelemente innerhalb des Monolithen bzw. der monolithischen Struktur entsprechend elektrisch außerhalb der monolithischen Struktur verbunden. Eine mechanische Verbindung zwischen mehreren Segmen-

ten kann ebenfalls hierüber erfolgen oder aber auch in den Kanälen der monolithischen Struktur erfolgen.

[0032] Zur Herstellung des Monolithen kann eine Gussform verwendet werden, wobei hierzu das Herstellungsverfahren insbesondere die folgenden Schritte aufweisen kann:

- Einsetzen des geformten und beschichteten elektrischen Heizelementes in die Gussform;
- Auffüllen der Gussform mit entfernbarem Füllmaterial bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes vollständig bedeckt ist;
- Aushärten des entfernbareren Füllmaterials;
- Aufgießen der Gussform, so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes unvergossen bleibt, mit einem Material, welches aushärtbar ist und bei

[0033] Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist, und einen hohen elektrischen Widerstand und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist und

- Entfernen des entfernbareren Füllmaterials und Brennen des temperaturbeständigen Materials.

[0034] Als temperaturbeständiges Material für das Aufgießen der Gussform kann beispielsweise Beton oder auch ein anderes keramisches Einbettungsmaterial, das den Anforderungen entspricht, verwendet werden. Das Material wird durch Aufgießen in die Gussform eingebracht und anschließend hinreichend für nachfolgende Prozessschritte ausgehärtet, bis es die nötige Festigkeit erreicht hat. Auf diese Weise wird verhindert, dass die auszuformende Kanal- und Tragstruktur während des Entfernens des Füllmaterials oder des Brennens ungesteuert verformt werden kann.

[0035] Weiter kann alternativ die Herstellung des Monolithen in einer Pressform erfolgen und hierbei insbesondere die folgenden Schritte aufweisen:

- Einsetzen des geformten und beschichteten elektrischen Heizelementes in eine Pressform;
- Auffüllen der Pressform mit einem Drucktransfermaterial bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes vollständig bedeckt ist;
- Auffüllen der Pressform, so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes unverfüllt bleibt, mit einem Sintermaterial, welches einen Grünling ausbildet, bei Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist und einen hohen elektrischen Widerstand und eine möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist;
- Auffüllen des zweiten Verbindungsabschnittes des beschichteten elektrischen Heizelementes mit einem Drucktransfermaterial;

- Verpressen der gesamten Schüttungen inklusive des eingelegten beschichteten elektrischen Heizelements;
- Entfernen des Drucktransfermaterial; und
- Sintern des temperaturbeständigen Sintermaterials.

[0036] Als Drucktransfermaterial eignet sich beispielsweise Sand oder auch ein anderes entsprechendes Material. Als Sintermaterial kann beispielsweise Keramikpulver oder auch ein anderes den Anforderungen entsprechendes Material eingesetzt werden.

[0037] In einer bevorzugten Variante kann das Entfernen der Beschichtung des elektrischen Heizelementes durch Ausschmelzen und/oder durch Ausbrennen und/oder durch chemisches Entfernen erfolgen. Je nach verwendetem Material der Beschichtung kann ein entsprechender Verfahrensschritt vorgenommen werden. Bspw. können Lacke durchaus gut über ein chemisches Entfernen entfernt werden. Hingegen können Wachse sehr gut Ausgeschmolzen werden.

[0038] In einer Ausführungsvariante können die Schritte des Entferns der Beschichtung des elektrischen Heizelementes und / oder des Entferns des entfernbaren Füllmaterials und / oder das Brennen bzw. Sintern des temperaturbeständigen Materials in einem Verfahrensschritt kombiniert werden.

[0039] Generell muss das Füllmaterial entfernt werden. Besonders bevorzugt kann das entfernbare Füllmaterial und die Beschichtung des Drahtes in demselben Prozessschritt entfernt werden. Das Füllmaterial sollte daher bezüglich des Schritts des Entferns bevorzugt mit ähnlichen Materialeigenschaften wie die Beschichtung gewählt werden. Beispielsweise kann als Füllmaterial ein Gießharz oder Wachs verwendet werden.

[0040] Wird bspw. ein Wachs verwendet, kann ein Ausschmelzen auch ohne direkten Kontakt mit Luft / Sauerstoff erfolgen. Das Wachs kann ausschmelzen und in das Drucktransfermaterial hinlaufen / dort eindringen. Wird eher auf ein Entfernen durch Ausbrennen gesetzt, braucht es hingegen Kontakt mit Luft / Sauerstoff.

[0041] Je nachdem, welches Material als Sintermaterial verwendet wird und wie der Prozess des Verpressens gefahren wird, kann zudem, wenn der Grünling mit dem eingebetteten Heizdraht bzw. elektrischen Heizelement eine ausreichende Stabilität aufweist, vor dem Sintern und gleichzeitigem Entfernen der Beschichtung, insbesondere durch Ausbrennen, das Drucktransfermaterial entfernt werden.

[0042] Alternativ kann das Entfernen der Beschichtung bzw. des Füllmaterials vor dem Brennen erfolgen.

[0043] Das wenigstens eine Beschichtungsmaterial kann zudem derart gewählt wird, dass es eine geringere Schmelztemperatur und einen geringeren Flammpunkt als das temperaturbeständige Material aufweist.

[0044] Weiter kann das Formen des elektrischen Heizelementes in Form eines Heizdrahtes durch Biegen und/oder Wickeln des Heizdrahtes zu Heizdrahtreihen

und/oder durch Falten zu Heizdrahtpaketen erfolgen. Dies stellt eine sehr einfache Art der Herstellung des benötigten elektrischen Heizelementes dar.

[0045] Insbesondere kann das elektrische Heizelement als Heizdraht, besonders bevorzugt als ein einzelner durchgehender Heizdraht ausgebildet werden.

[0046] Das Formen des Heizdrahtes umfasst sowohl das Biegen oder Wickeln des Heizdrahtes zu Heizdrahtreihen als auch das anschließende Falten zu Heizdrahtpaketen, so dass sich verschiedene Varianten bezüglich Länge und Form des geformten Heizdrahtes ergeben und das Aussehen des fertig geformten Heizdrahtes je nach Bedarf optimiert werden kann.

[0047] Wird der Heizdraht zu Heizdrahtreihen gebogen, so ergibt sich Verfahrens- beziehungsweise maschinenbedingt eine begrenzte Schenkellänge des Heizdrahtes. Bei Wicklung des Heizdrahtes über einen Dorn ist die Schenkellänge je nach Größe des Dorns variabel einstellbar. Es ist auch möglich, den Heizdraht über andere Wicklungsverfahren, wie beispielsweise das Doppelstiftwicklungsverfahren, zu biegen

[0048] Zudem kann ein Warmbiegen oder Spannungsfreiglühen bedarfsabhängig erfolgen, wobei dies abhängig von der Dimensionierung des Gesamtaufbaus ist und ob sich dieser durch Spannungen verziehen kann bzw. schert.

[0049] Wenn allgemein oder insbesondere nach dem Spannungsfreiglühen des Heizdrahtes bzw. allgemein des elektrischen Heizelementes und vor dem Beschichten des Heizdrahtes / elektrischen Heizelementes Zentrierprofile auf die nicht-gebogenen Abschnitte des Heizdrahtes aufgebracht werden, so wird der Heizdraht bzw. das elektrische Heizelement in der späteren Kanal- und Tragstruktur besser zentriert. Dies bedingt eine optimierte Durchströmung von Gas durch die Trag- und Kanalstruktur. Zudem lassen sich Führungselemente verwenden, in denen der geformte Draht einsetzbar ist, um diesen in Form zu halten.

[0050] Insbesondere kann als das wenigstens eine Material des Beschichtungsmaterials Wachs und / oder Kunststoff und/oder Gel und/oder Lacke verwendet werden.

[0051] Das Beschichtungsmaterial kann in einer weiter verbesserten Ausführungsform wenigstens eine Schicht aus einem viskosen oder pastösen Trennmittel und wenigstens eine Schicht aus einem nicht viskosen Material umfassen. Als nicht viskoses Material kann insbesondere Polyethylen oder ein anderes geeignetes Polymer verwendet werden.

[0052] Ferner kann das Beschichten des Drahtes mit einem Material bzw. einem Materialsystem mit geringem Schmelzpunkt bzw. Flammpunkt erfolgen, wobei sich "geringerer" oder "niederer" nämlich auf das Material, mit dem die Gussform ausgefüllt wird, bezieht.

[0053] Die für ein Ausschmelzen oder Ausbrennen der Beschichtung notwendigen Temperaturen sind insbesondere abhängig von der Art des Beschichtungsmaterials, insbesondere von dessen Schmelz- und/oder

Flamtemperatur. Da als niederschmelzendes bzw. -entflammbares Beschichtungsmaterial beispielsweise Wachs und / oder Kunststoff verwendet werden, können die für das Schmelzen oder Ausbrennen der Beschichtung notwendigen Temperaturen deutlich unter denen für das Sintern oder Brennen des Monolithen notwendigen Temperaturen liegen. Hierdurch lassen sich mit Vorteil die Schritte des Entferns und des Brennens bzw. Sinterns in einem Verfahrensschritt kombinieren.

[0054] Durch das Ausbilden des Monolithen um den final geformten, durchgehenden Heizdraht herum, können je nach Form des beschichteten Heizdrahtes unterschiedliche Trag- und Kanalstrukturen ausgebildet werden. Der Strömungskanalquerschnitt entlang der Gasströmungsrichtung ist einstellbar, je dicker die Beschichtung des Heizdrahtes ausgebildet ist, desto größer sind die gebildeten Hohlräume, also die finalen Gaskanäle, zwischen Heizdraht und Monolithenkörper.

[0055] Für ein spezielles Herstellungsverfahren, bei dem der Draht mit einem Material eines gegenüber dem zum Vergießen gewählten Materials geringerem Schmelzpunktes gewählt wird, kann für das Ausfüllen des unteren Bereichs der Gussform bis zum Bedecken der Biegungen, dasselbe Material oder ein ähnliches Material oder ein Material, welches in Bezug auf den Schritt des Entferns, wenigstens ähnliche Eigenschaften aufweist, verwendet werden. Wird bspw. ein Harz oder ein Wachs verwendet, kann der Bereich um die Biegungen zusammen mit der Beschichtung des Drahtes geschmolzen oder aber auch weggebrannt werden.

[0056] In einer weiteren Ausgestaltungsvariante kann das Beschichtungsmaterial bezüglich seiner Dicke auf dem elektrischen Heizelement wenigstens abschnittsweise ungleichmäßig ausgeformt ausgebildet werden. Hierbei können sich unterschiedliche Dicken auf dem elektrischen Heizelement ausbilden, was zu einer nicht homogenen Struktur der Kanal- und Tragstruktur in der monolithischen Struktur führt. Insbesondere ist hierdurch eine Große Variabilität in der Gestaltung der so bildbaren Kanal- und Tragstruktur möglich. Es können im Innenbereich der Kanalstrukturen größere Räume gestaltet werden, die dann durchaus einen positiven Einfluss auf die Erwärmung des strömenden Gases haben können. Es können aber auch komplexe innere Kanalstrukturen gebildet werden, um bspw. Strömungen zu beruhigen oder aber auch bewusst turbulent auszugestalten. Durch die dickenmäßig variable Beschichtung des Heizdrahtes ist es möglich den Strömungskanalquerschnitt gezielt einzustellen. Wird ein Materialsystem aus wenigstens einem nicht viskosen und wenigstens einem viskosen Material eingesetzt, kann das nicht viskose Material über seine Dicke dazu dienen, den Durchmesser der auszuformenden Kanal- und Tragstruktur zu definieren, während das viskose Material als Trennmittel zwischen dem mit dem nicht viskosen Material beschichteten Heizdraht und dem temperaturbeständigen Material dient und so die Verarbeitung erleichtert.

[0057] Das Gaserhitzer-Heizelement, hergestellt nach

einem der erfindungsgemäßen Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, weist anordnungsgemäß einen Monolithen / monolithischen Körper mit einer Trag- und Kanalstruktur auf, wobei die Trag- und Kanalstruktur in einem Monolithenherstellungsprozess ausgebildet und nicht-nachträglich eingebracht ist, und wenigstens ein durchgängiges elektrisches Heizelement geführt durch die Trag- und Kanalstruktur in dem Monolithen.

[0058] Die Trag- und Kanalstruktur des Monolithen / monolithischen Körpers bezüglich des Innendurchmessers der Trag- und Kanalstruktur kann wenigstens abschnittsweise ungleichmäßig ausgeformt sein.

[0059] Weiter kann die Trag- und Kanalstruktur Monolithen / monolithischen Körper bezüglich des Abstands der Kanäle des Kanalabschnitt der Trag- und Kanalstruktur wenigstens abschnittsweise ungleichmäßig ausgeformt sein.

[0060] Das Gaserhitzer-Heizelement kann zudem einen bzw. mehrere Monolithen / monolithischen Körper mit einer bzw. jeweiliger Trag- und Kanalstruktur und entsprechendem elektrisches Heizelement aufweisen. Hierbei können die Monolithen nebeneinander als auch hintereinander angeordnet werden.

[0061] Da auch der Monolith in der Formgebung variabel ausgestaltbar ist, ist eine Integration des Gaserhitzer-Heizelementes in verschiedene Gehäuse möglich. Zudem ist eine vertikale Integration des Gaserhitzer-Heizelementes einfach durchführbar. Der Monolith kann weiterhin Reflektorelemente zur Reflexion von Wärmestrahlung aufweisen, die in Randbereichen und/oder im Außenbereich der monolithischen Struktur eingebettet oder angebracht sind.

[0062] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen in der **Abbildungsbeschreibung** detailliert beschrieben, wobei diese die Erfindung erläutern soll und nicht beschränkend zu werten ist:

Es zeigen:

- 40 Abb. 1 eine schematische Darstellung eines gebogenen Heizdrahtes;
- Abb. 2 eine schematische Darstellung eines gebogenen Heizdrahtes zum Heizdrahtpaket gefaltet;
- 45 Abb. 3 eine schematische Darstellung eines gewickelten Heizdrahtes;
- Abb. 4 eine schematische Darstellung eines gewickelten Heizdrahtes zum Heizdrahtpaket gefaltet;
- 50 Abb. 5 eine schematische Darstellung eines Heizdrahtpaketes nach der Beschichtung;
- Abb. 6 eine schematische Darstellung eines Zentrierprofils;
- Abb. 7 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert in einer Gussform;
- 55 Abb. 8 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert und

- Abb. 9 eingegossen in einer Gussform;
eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert und eingegossen außerhalb der Gussform, vor dem Ausschmelzen und Brennen;
- Abb. 10 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert in einer Pressform;
- Abb. 11 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes, fixiert in einer Pressform, aufgefüllt mit Sintermaterial;
- Abb. 12 eine schematische Darstellung eines beschichteten Heizdrahtpaketes in einer Pressform, vollständig bedeckt;
- Abb. 13 eine schematische Darstellung des Pressens zur Erzeugung eines Heizdrahtpaket-Grünlings;
- Abb. 14 eine schematische Darstellung eines Heizdrahtpaket-Grünlings nach dem Entfernen des unverpressten Drucktransfermaterials, vor dem Ausschmelzen und Sintern;
- Abb. 15a eine schematische Darstellung eines fertigen Gaserhitzer-Heizelementes mit offengelegter Gaskanalstruktur nach dem Ausschmelzen und Brennen oder Sintern;
- Abb. 15b eine vergrößerte schematische Darstellung eines fertigen Gaserhitzer-Heizelementes mit offengelegter Gaskanalstruktur nach dem Ausschmelzen und Brennen oder Sintern und
- Abb. 16 drei Teilabbildungen a, b, c eines Gaserhitzer-Heizelementes in der monolithischen Struktur als Detaildarstellung.

[0063] In den nachfolgenden Abbildungsbeschreibungen sind funktionsgleiche Bauteile mit einheitlichen Bezugszeichen versehen.

[0064] In **Abb. 1** ist gebogener Heizdraht 21 in Form einer Heizdrahtreihe dargestellt. Bei dieser Fertigungsverfahren der Heizdrahtreihe liegt eine begrenzte Schenkellänge vor.

[0065] **Abb. 2** zeigt den gebogenen Heizdraht 21 aus **Abb. 1** aufgefaltet zu einem Heizdrahtpaket aus gebogenem Heizdraht 211.

[0066] In **Abb. 3** ist gewickelter Heizdraht 22 in Form einer Heizdrahtreihe dargestellt. Bei dieser Fertigungsverfahren der Heizdrahtreihe liegt eine variable Schenkellänge je nach verwendetem Dorn vor. Der Dorn ist in Größe und Form variabel ausgestaltbar. Es können auch andere Wicklungsverfahren zur Fertigung verwendet werden.

[0067] **Abb. 4** zeigt den gewickelten Heizdraht 22 aus **Abb. 3** aufgefaltet zu einem Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221.

[0068] In **Abb. 5** ist ein Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 nach der Beschichtung mit einem Material mit einer gegenüber dem Einbettungsmaterial 9 (vgl. **Fig. 9**) niedrigen Schmelztemperatur bzw. niedrige-

ren Flammpunkt 3 zu sehen. Die schraffiert dargestellte Beschichtung 3 ist mit einem gleichmäßigen Außenradius auf dem Heizdraht aufgetragen. Alternativ kann die Beschichtung mit einer inhomogenen Dicke bzw. mit einem variierenden Außenradius ausgeformt sein und/oder aus einem Materialsystem bestehend aus mehreren Materialien mit bzgl. des Einbettungsmaterials hinreichend geringerer Schmelztemperatur bzw. geringerem Flammpunkt bestehen. In den nachfolgenden Figuren wird der Übersichtlichkeit halber auf die Schraffur des beschichteten Drahtes verzichtet, gleich wenn der Heizdraht gemäß dem jeweiligen Ausführungsbeispiel beschichtet ist.

[0069] In **Abb. 6** ist eine mögliche Ausführungsform eines Zentrierprofils 4 zur besseren Zentrierung des Heizdrahtes in der späteren Trag- und Kanalstruktur 11 dargestellt. Die Zentrierprofile 4 werden vor oder nach dem Auftragen der Beschichtung 3 auf den Heizdraht vor den weiteren Fertigungsschritten in zuvor festgelegten Intervallen auf die vertikalen Abschnitte des Heizdrahtes aufgesetzt.

[0070] **Abb. 7** zeigt eine Halbschale einer Gussform 5, in welcher ein beschichtetes Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 mit einer Beschichtung 3 fixiert ist. Die Gussform 5 ist mit einem entfernbaren Füllmaterial 7 soweit aufgeegossen, dass die unteren Biegungen des beschichteten Heizdrahtpaketes aus gewickeltem Heizdraht 221 vollständig bedeckt sind.

[0071] In **Abb. 8** ist die Gussform 5 aus **Abb. 7** soweit mit einem temperaturbeständigen / keramischen Einbettungsmaterial 9 wie Beton aufgeegossen, dass die oberen Biegungen des beschichteten Heizdrahtes nicht vergossen sind. Besonders bevorzugt wird für das Einbettungsmaterial 9 Feuerbeton eingesetzt, in dem ein Al_2O_3 -reicher Zement verwendet wird.

[0072] **Abb. 9** zeigt das beschichtete Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 aus **Abb. 8**, eingegossen in ein entfernbare Füllmaterial 7 und ein temperaturbeständiges / keramisches Einbettungsmaterial 9, nach dem Entfernen aus der Gussform 5 und vor dem Ausschmelzen und / oder Ausbrennen des entfernbaren Füllmaterials und der Beschichtung des Heizdrahtpaketes. Das temperaturbeständige / keramische Einbettungsmaterial 9 ist vor dem Entfernen der Gussform ausgehärtet bzw. ausgehärtet worden.

[0073] **Abb. 10** zeigt eine Halbschale einer Pressform 6, in welcher ein beschichtetes Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 mit einem Drucktransfermaterial 8 wie Sand fixiert ist. Das Drucktransfermaterial 8 ist soweit aufgefüllt, dass die unteren Biegungen des beschichteten Heizdrahtpaketes aus gewickeltem Heizdraht 221 vollständig bedeckt sind. Das Drucktransfermaterial ist in die Pressform 6 geschüttet und anschließend verdichtet worden. Um eine ausreichende Fixierung des gewickelten Heizdraht 221 zu gewährleisten, kann in dem zugehörigen Fertigungsschritt eine oder mehrere Haltevorrichtungen verwendet werden. Das Drucktransfermaterial kann z.B. durch Rütteln und/oder

Pressen verdichtet werden.

[0074] In **Abb. 11** ist die Pressform 6 aus **Abb. 10** soweit mit einem Sintermaterial 10 wie Keramikpulver aufgefüllt, dass die oberen Biegungen des beschichteten Heizdrahtes 221 nicht verfüllt sind.

[0075] In **Abb. 12** ist die Pressform 6 aus **Abb. 11** soweit mit einem Drucktransfermaterial 8 aufgefüllt, dass das beschichtete Heizdrahtpaket vollständig bedeckt ist. Die das beschichtete Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht enthaltende Pressform 6 ist somit mit drei übereinanderliegenden Schichten (Drucktransfermaterial - Sintermaterial - Drucktransfermaterial) befüllt.

[0076] **Abb. 13** zeigt schematisch die Krafteinwirkung F 13 auf das beschichtete Heizdrahtpaket in der vollständig befüllten Pressform 6 während des Pressvorganges. In dem Pressvorgang wird das Sintermaterial 10 in der Pressform 6 zu einem Grünling gepresst.

[0077] **Abb. 14** zeigt den das beschichtete Heizdrahtpaket 221 enthaltende Grünling nach dem Entfernen der Pressform 6 und des Drucktransfermaterials 8 und vor dem Entfernen der Beschichtung und dem Sintern des Grünlings 10.

[0078] **Abb. 15a** zeigt ein fertiges Gaserhitzer-Heizelement 1 aufweisend einen Monolithen 12 mit einer Trag- und Kanalstruktur 11, durch welche ein Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 verläuft. Für die Fertigstellung des Gaserhitzer-Heizelementes 1 wurde von dem beschichteten und eingegossenen Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht 221 aus **Abb. 9** oder von dem das beschichtete Heizdrahtpaket enthaltenden Grünling aus **Abb. 14** die Beschichtung 3 durch Schmelzen und/oder Verbrennen entfernt, was zur Ausbildung der Trag- und Kanalstruktur 11 in dem Monolithen 12 geführt hat. Anschließend wurde als letzter Fertigungsschritt zur Monolithenherstellung je nach Herstellungsverfahren in einer Gussform 5 oder einer Pressform 6, das eingegossene Heizdrahtpaket gebrannt oder der das Heizdrahtpaket enthaltende Grünling gesintert.

[0079] **Abb. 15b** zeigt eine vergrößerte Darstellung des fertigen Gaserhitzer-Heizelement 1 aus **Fig. 15a**. Deutlich erkennbar sind die Öffnungen der Trag- und Kanalstruktur 11, aus denen sich die Wicklungen des gewickeltem Heizdraht 221 erstrecken. Der Monolith ist mit einer Kanalstruktur durchsetzt, welche Öffnungen in der Nähe der Biegungen des elektrischen Heizelementes aufweist und durch welche Gas zum Zweck des Erhitzens durchgeleitet werden kann.

[0080] Der Aufbau des Gaserhitzer-Heizelementes 1 ist selbsttragend. Der Heizdraht ist in einem Bauteil mit der Trag- und Kanalstruktur 11 kombiniert. Kennzeichnend ist, dass der die Trag- und Kanalstruktur 11 enthaltende Monolith 12, wie in den obigen Abbildungen verdeutlicht wird, in einem Vorgang ausgebildet ist. Weitere Funktionskombinationen wie beispielsweise thermische Dämmung, elektrische Isolation, Gasführung oder Katalysatortragstruktur sind möglich.

[0081] Die **Abb. 16a und 16b** zeigen den beschichteten Heizdraht 211 / 221 in dem Volumenmaterial des

Monolithen 9 / 10 vor Entfernen der Beschichtung durch Ausschmelzen/Ausbrennen und Brennen/Sintern des Volumenmaterials. Der Heizdraht 211 / 221 ist in **Abb. 16a** nur durch ein Material 3 ummantelt, in **Abb. 16b** ist eine Ummantelung aus einem Materialsystem bestehend aus 2 Schichten 3 und 3' angedeutet. **Abb. 16c** zeigt den freigelegten Draht 311 / 221 nach Entfernen der Beschichtung durch Ausschmelzen/Ausbrennen und Brennen/Sintern des Volumenmaterials, so dass die Trag- und Kanalstruktur 11 in dem Monolithen 12 ausgebildet ist.

[0082] Die zuvor genannten Ausführungsbeispiele sollen die Erfindung erläutern, jedoch nicht in dessen Schutzzumfang beschränken.

Bezugszeichenliste

[0083]

1	Gaserhitzer-Heizelement
21	gebogener Heizdraht
211	Heizdrahtpaket aus gebogenem Heizdraht
22	gewickelter Heizdraht
221	Heizdrahtpaket aus gewickeltem Heizdraht
3,3'	Beschichtung
4	Zentrierprofil
5	Gussform
6	Pressform
7	entfernbares Füllmaterial
8	Drucktransfermaterial
9	temperaturbeständiges Material / keramisches Einbettungsmaterial
10	Sintermaterial
11	Trag- und Kanalstruktur
12	Monolith
13	Krafteinwirkung F

Patentansprüche

1. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren, wobei das Gaserhitzer-Heizelement (1) wenigstens ein elektrisches Heizelement in einem Monolithen (12) aufweist, in dem Monolithen (12) eine Trag- und Kanalstruktur (11) mit einer Mehrzahl von Kanälen ausgebildet ist, das elektrische Heizelement in den Kanälen der Trag- und Kanalstruktur (11) geführt ist und von dem elektrischen Heizelement Wärme innerhalb der Kanäle auf ein durch die Kanäle strömendes Gas zur Erwärmung des Gases und/oder zur Erzielung von hohen Gastemperaturen übertragbar ist, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- Formen des elektrischen Heizelements;
- wenigstens abschnittsweises oder vollständiges Beschichten des elektrischen Heizelements mit wenigstens einem Beschichtungsmaterial

- (3);
 - Einbringen des beschichteten elektrischen Heizelements in eine Form (5, 6) zur Monolith-Herstellung;
 - Herstellen des das beschichtete elektrische Heizelement umgebenden Monolithen (12) und
 - Entfernen des Beschichtungsmaterials (3) des elektrischen Heizelements. 5
2. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrische Heizelement ausgebildet ist als Heizdraht und/oder Heizdraht mit variablem Durchmesser und/oder Heizdraht mit variabler geometrischer Struktur und/oder mehrere unterschiedliche Heizdrähte und/oder Heizgitter und/oder Heizgitterstrukturen. 10 15
3. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrische Heizelement homogen oder inhomogen oder abschnittsweise homogen und abschnittsweise inhomogen ausgebildet angeordnet und/oder ausgeformt ist. 20 25
4. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrische Heizelement aus drei Abschnitten ausgebildet wird, nämlich 30
- einem ersten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gaseinströmseite ausgebildet wird, 35
 - einem Kanalabschnitt, der innerhalb des Monolithen ausgebildet wird
- und 40
- einem zweiten Verbindungsabschnitt, der außerhalb des Monolithen und auf einer Gasausströmseite ausgebildet wird. 45
5. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Herstellung des Monolithen (12) mittels einer Gussform (5) erfolgt und die folgenden Schritte aufweist: 50
- Einsetzen des geformten und beschichteten elektrischen Heizelementes in die Gussform (5); 55
 - Auffüllen der Gussform (5) mit entfernbarem Füllmaterial (7) bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes vollständig bedeckt ist;
 - Aushärten des entfernbaren Füllmaterials (7);
 - Aufgießen der Gussform (5), so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes unvergossen bleibt, mit einem Material, welches aushärtbar ist und bei Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist, und einen hohen elektrischen Widerstand und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist und
 - Entfernen des entfernbaren Füllmaterials (7) und Brennen des temperaturbeständigen Materials (9).
6. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Herstellung des Monolithen (12) in einer Pressform (6) erfolgt und die folgenden Schritte aufweist:
- Einsetzen des geformten und beschichteten elektrischen Heizelementes in eine Pressform (6);
 - Auffüllen der Pressform (6) mit einem Drucktransfermaterial (8) bis der erste Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes vollständig bedeckt ist;
 - Auffüllen der Pressform (6), so dass der zweite Verbindungsabschnitt des beschichteten elektrischen Heizelementes unverfüllt bleibt, mit einem Sintermaterial (10), welches einen Grünling ausbildet, bei Temperaturen höher als 800 °C temperaturbeständig ist und einen hohen elektrischen Widerstand und eine möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist;
 - Auffüllen des zweiten Verbindungsabschnittes des beschichteten elektrischen Heizelementes mit einem Drucktransfermaterial (8);
 - Verpressen der gesamten Schüttungen inklusive des eingelegten beschichteten elektrischen Heizelements;
 - Entfernen des Drucktransfermaterial (8);
 - und
 - Sintern des temperaturbeständigen Sintermaterials (10).
7. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Entfernen der Beschichtung (3) des elektrischen Heizelementes durch Ausschmelzen und/oder Ausbrennen und/oder chemisches Entfernen erfolgt.

8. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 5-7 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schritte

- des Entfernens der Beschichtung (3) des elektrischen Heizelementes und / oder
 - des Entfernens des entfernbaren Füllmaterials (7)
 und / oder
 - das Brennen bzw. Sintern des temperaturbeständigen Materials (9, 10) in einem Verfahrensschritt erfolgt.

9. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Beschichtungsmaterial (3) derart gewählt wird, dass es eine geringere Schmelztemperatur und einen geringeren Flammpunkt als das temperaturbeständige Material (9, 10) aufweist.

10. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Formen des elektrischen Heizelementes in Form eines Heizdrahtes durch Biegen und/oder Wickeln des Heizdrahtes zu Heizdrahtreihen und/oder durch Falten zu Heizdrahtpaketen erfolgt.

11. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrische Heizelement ausgebildet als Heizdraht als ein einzelner durchgehender Heizdraht ausgebildet wird.

12. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als das wenigstens eine Material des Beschichtungsmaterials (3) Wachs und / oder Kunststoff und/oder Gel und/oder Lacke verwendet wird.

13. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmaterial (3) wenigstens eine Schicht aus einem viskosen oder pastösen Trennmittel und wenigstens eine Schicht aus einem nicht viskosen Material umfasst.

14. Gaserhitzer-Heizelement-Herstellungsverfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmaterial (3) bezüglich seiner Dicke auf dem elektrischen Heizelement wenigstens abschnittsweise ungleichmäßig ausgeformt ausge-

bildet wird.

Claims

1. A gas heater heating element manufacturing method, wherein said gas heater heating element (1) comprises at least one electric heating element in a monolithic structure (12), a support and channel structure (11) having a plurality of channels is formed within said monolithic structure (12), the electric heating element is carried in the channels of the support and channel structure (11), and heat can be transferred from the electric heating element within the channels to a gas flowing through the channels for heating said gas and/or for achieving high gas temperatures, **characterized by** the following steps:

- forming the electrical heating element;
 - coating the electric heating element at least in sections or completely with at least one coating material (3);
 - placing the coated electric heating element in a mold (5, 6) for producing a monolithic structure;
 - producing the monolithic structure (12) surrounding the coated electrical heating element and
 - removing the coating material (3) of the electric heating element.

2. Gas heater heating element manufacturing method according to claim 1, **characterized in that** the electric heating element is formed as a heating wire and/or a heating wire with variable diameter and/or a heating wire with variable geometric structure and/or a plurality of different heating wires and/or heating meshes and/or heating mesh structures.

3. Gas heater heating element manufacturing method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the electric heating element is arranged and/or formed homogeneously or inhomogeneously or in sections homogeneously and in sections inhomogeneously.

4. Gas heater heating element manufacturing method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the electric heating element is formed of three sections, namely

- a first connecting section formed outside the monolithic structure and on a gas inlet side,
 - a channel section formed inside the monolithic structure and
 - a second connecting section formed outside

the monolithic structure and on a gas outlet side.

5. Gas heater heating element manufacturing method according to claim 4, **characterized in that** the manufacturing of the monolithic structure (12) is carried out by means of a mold (5) and comprises the following steps:

- inserting the formed and coated electrical heating element into the mold (5);
- filling the mold (5) with removable filler material (7) until the first connection section of the coated electrical heating element is completely covered;
- curing of the removable filling material (7);
- infusing the mold (5) so that the second connection section of the coated electric heating element remains uninfused with a material which is curable and temperature resistant at temperatures higher than 800°C, and has a high electrical resistance and a high thermal conductivity and
- removing the removable filler material (7) and firing the temperature resistant material (9).

6. Gas heater heating element manufacturing method according to claim 4, **characterized in that** the manufacturing of the monolithic structure (12) is carried out in a press mold (6) and comprises the following steps:

- inserting the molded and coated electric heating element into a press mold (6);
- filling the press mold (6) with a pressure transfer material (8) until the first connection section of the coated electric heating element is completely covered;
- filling the press mold (6) so that the second connecting section of the coated electric heating element remains unfilled, with a sinter material (10) which forms a green body, is temperature-resistant at temperatures higher than 800°C and has a high electrical resistance and a thermal conductivity as high as possible;
- filling the second connection section of the coated electrical heating element with a pressure transfer material (8);
- pressing the entire bulk including the inserted coated electrical heating electric heating element;
- removing the pressure transfer material (8); and
- sintering the temperature resistant sinter material (10).

7. Gas heater heating element manufacturing method according to any one of the preceding claims, **characterized in that**

the removal of the coating (3) of the electric heating element is performed by melting out and/or burning out and/or chemical removal.

8. Gas heater heating element manufacturing method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the steps

- of removing the coating (3) of the electric heating element and/or
- the removal of the removable filling material (7) and / or
- the firing or sintering of the temperature resistant material (9, 10) is carried out in one process step.

9. Gas heater heating element manufacturing method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one coating material (3) is selected to have a lower melting temperature and a lower flash point than the temperature-resistant material (9, 10).

10. Gas heater heating element manufacturing method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the forming of the electric heating element in the form of a heating wire is performed by bending and/or winding the heating wire into heating wire rows and/or by folding it into heating wire packs.

11. Gas heater heating element manufacturing method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the electric heating element formed as a heating wire is formed as a single continuous heating wire.

12. Gas heater heating element manufacturing method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** wax and/or plastic and/or gel and/or resin are used as the at least one material of the coating material (3).

13. Gas heater heating element manufacturing method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the coating material (3) comprises at least one layer of a viscous or pasty separating agent and at least one layer of a non-viscous material.

14. Gas heater heating element manufacturing method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the coating material (3) is formed unevenly with respect to its thickness on the electric heating element at least in sections.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz, dans lequel ledit élément chauffant de chauffage au gaz (1) comprend au moins un élément chauffant électrique dans une structure monolithique (12), une structure de support et de canaux (11) ayant une pluralité de canaux est formée à l'intérieur de ladite structure monolithique (12), l'élément chauffant électrique est porté dans les canaux de la structure de support et de canaux (11), et la chaleur peut être transférée de l'élément chauffant électrique à l'intérieur des canaux à un gaz s'écoulant à travers les canaux pour chauffer ledit gaz et/ou pour obtenir des températures de gaz élevées, **caractérisé par** les étapes suivantes:
 - former l'élément chauffant électrique;
 - revêtir l'élément chauffant électrique au moins par sections ou complètement avec au moins un matériau de revêtement (3);
 - placer l'élément chauffant électrique revêtu dans un moule (5, 6) pour produire une structure monolithique;
 - produire la structure monolithique (12) entourant l'élément chauffant électrique revêtu et
 - retirer le matériau de revêtement (3) de l'élément chauffant électrique.
2. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément chauffant électrique est formé d'un fil chauffant et/ou d'un fil chauffant à diamètre variable et/ou d'un fil chauffant à structure géométrique variable et/ou d'une pluralité de fils chauffants différents et/ou de mailles chauffantes et/ou de structures de mailles chauffantes.
3. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'élément chauffant électrique est disposé et/ou formé de manière homogène ou inhomogène ou par sections de manière homogène et par sections de manière inhomogène.
4. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément chauffant électrique est formé de trois sections,
 - à savoir une première section de raccordement formée à l'extérieur de la structure-monolithique et du côté de l'entrée du gaz,
- une section de canal formée à l'intérieur de la structure monolithique et
 - une deuxième section de connexion formée à l'extérieur de la structure monolithique et sur un côté de sortie de gaz.
5. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la fabrication de la structure monolithique (12) est réalisée au moyen d'un moule (5) et comprend les étapes suivantes:
 - insérer l'élément chauffant électrique formé et revêtu dans le moule (5);
 - remplissage du moule (5) avec un matériau de remplissage amovible (7) jusqu'à ce que la première section de connexion de l'élément chauffant électrique revêtu soit complètement couverte;
 - le durcissement du matériau de remplissage amovible (7);
 - infuser le moule (5), de sorte que la deuxième section de connexion de l'élément chauffant électrique revêtu reste non infusée, avec un matériau qui est durcissable et résistant à la température à des températures supérieures à 800°C, et qui a une résistance électrique élevée et une conductivité thermique élevée et
 - retirer le matériau de remplissage amovible (7) et cuire le matériau résistant à la température (9).
6. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la fabrication de la structure monolithique (12) est réalisée dans un moule de presse (6) et comprend les étapes suivantes:
 - insérer l'élément chauffant électrique moulé et revêtu dans un moule de presse (6);
 - remplir le moule de presse (6) avec un matériau de transfert de pression (8) jusqu'à ce que la première section de connexion de l'élément chauffant électrique revêtu soit complètement couverte;
 - remplir le moule (6), de sorte que la deuxième section de connexion de l'élément chauffant électrique revêtu reste non remplie, avec un matériau fritté (10) qui forme un corps vert, est résistant à des températures supérieures à 800°C et présente une résistance électrique élevée et une conductivité thermique aussi élevée que possible;
 - remplir la deuxième section de connexion de

- l'élément chauffant électrique revêtu avec un matériau de transfert de pression (8);
 - presser l'ensemble de la masse, y compris l'élément chauffant électrique revêtu inséré;
 - retirer le matériau de transfert de pression (8);
 et
 - fritter le matériau fritté résistant à la température (10). 5
7. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
 l'élimination du revêtement (3) de l'élément chauffant électrique est réalisée par fusion et/ou brûlage et/ou élimination chimique. 10 15
8. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que les étapes 20
 - d'élimination du revêtement (3) de l'élément chauffant électrique et/ou
 - l'enlèvement du matériau de remplissage amovible (7)
 et / ou
 - la cuisson ou le frittage du matériau résistant à la température (9, 10) sont réalisées en une seule étape du procédé. 25 30
9. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que 35
 le au moins un matériau de revêtement (3) est choisi pour avoir une température de fusion inférieure et un point d'éclair inférieur à ceux du matériau résistant à la température (9, 10). 40
10. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
 la mise en forme de l'élément chauffant électrique sous la forme d'un fil chauffant est réalisée par pliage et/ou enroulement du fil chauffant en rangées de fil chauffant et/ou par pliage en paquets de fil chauffant. 45
11. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
 l'élément chauffant électrique formé comme un fil chauffant est formé comme un seul fil chauffant continu. 50 55
12. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
 on utilise comme au moins un matériau du matériau de revêtement (3) de la cire et/ou du plastique et/ou du gel et/ou de la résine.
13. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
 le matériau de revêtement (3) comprend au moins une couche d'un agent séparateur visqueux ou pâteux et au moins une couche d'un matériau non visqueux.
14. Procédé de fabrication d'un élément chauffant de chauffage au gaz selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
 le matériau de revêtement (3) est formé de manière inégale par rapport à son épaisseur sur l'élément chauffant électrique au moins par sections.

Abb. 1

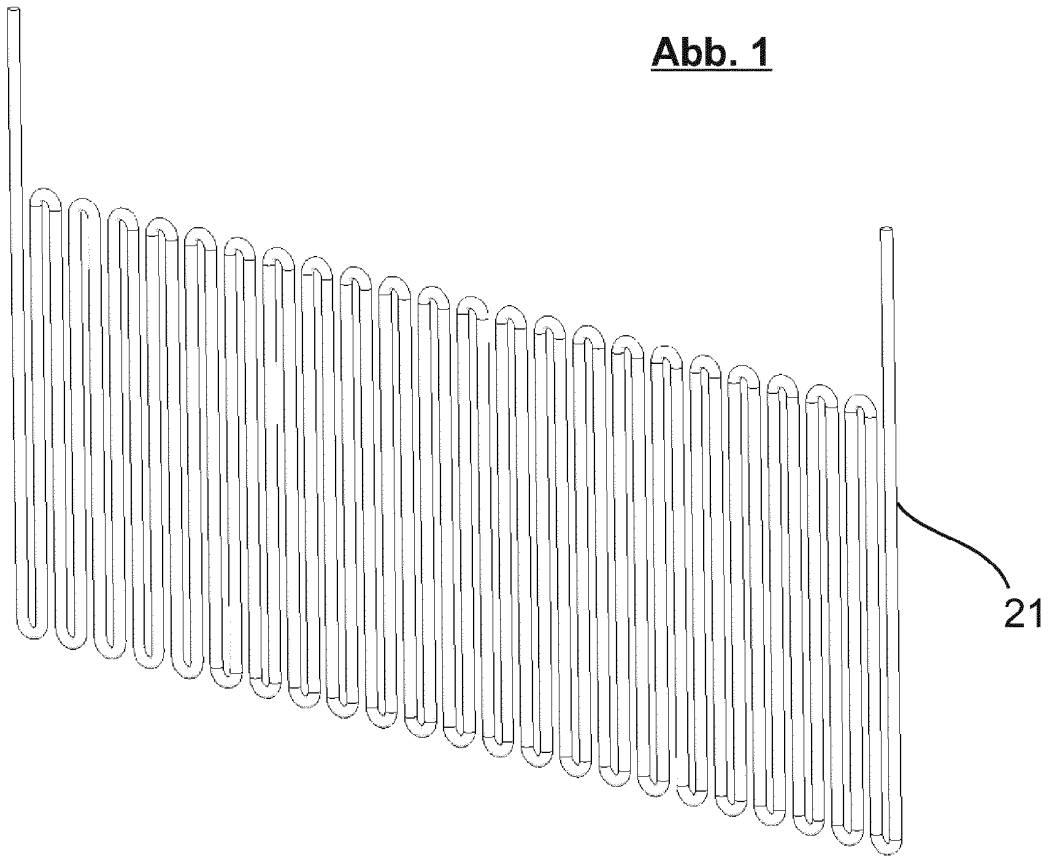


Abb. 2

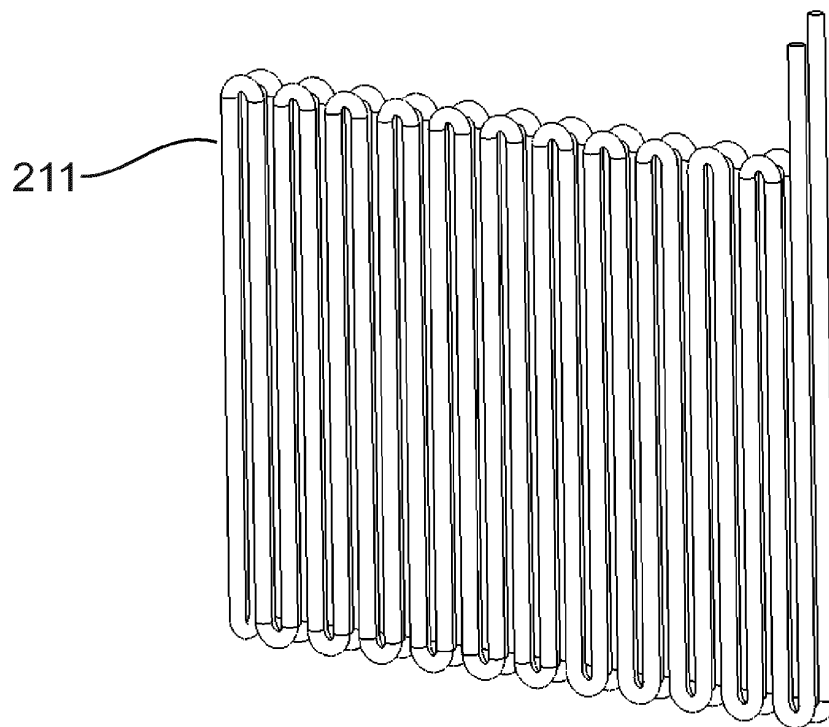


Abb. 3

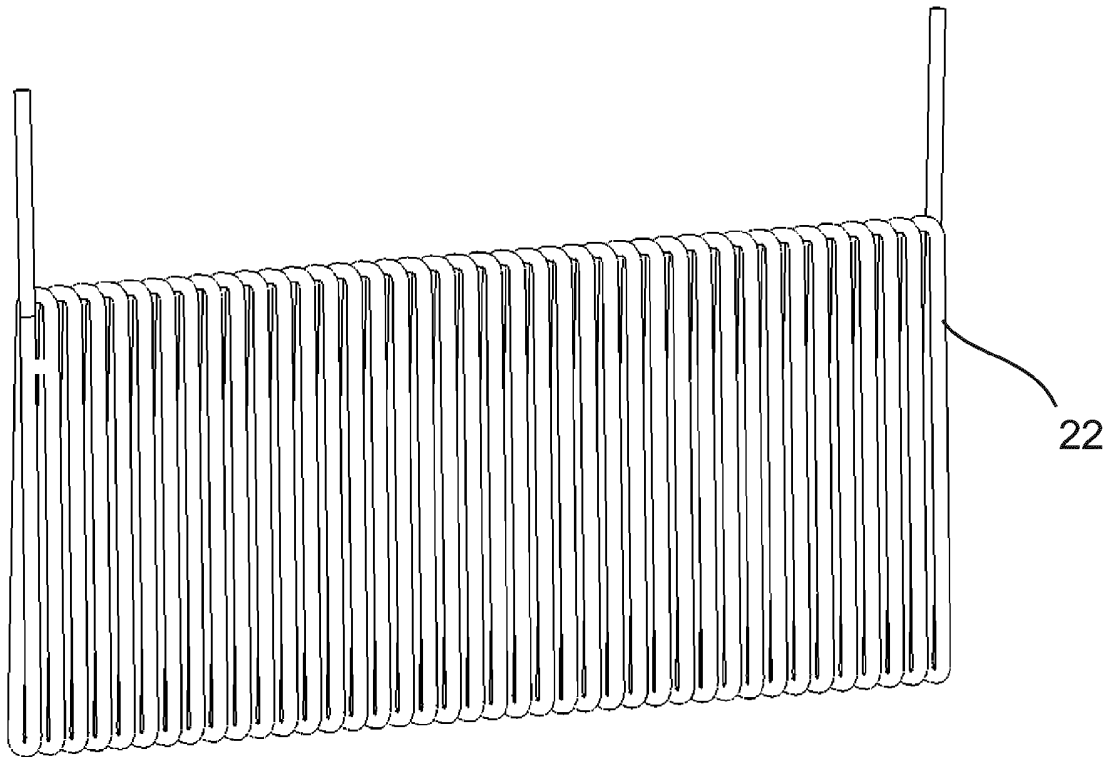


Abb. 4

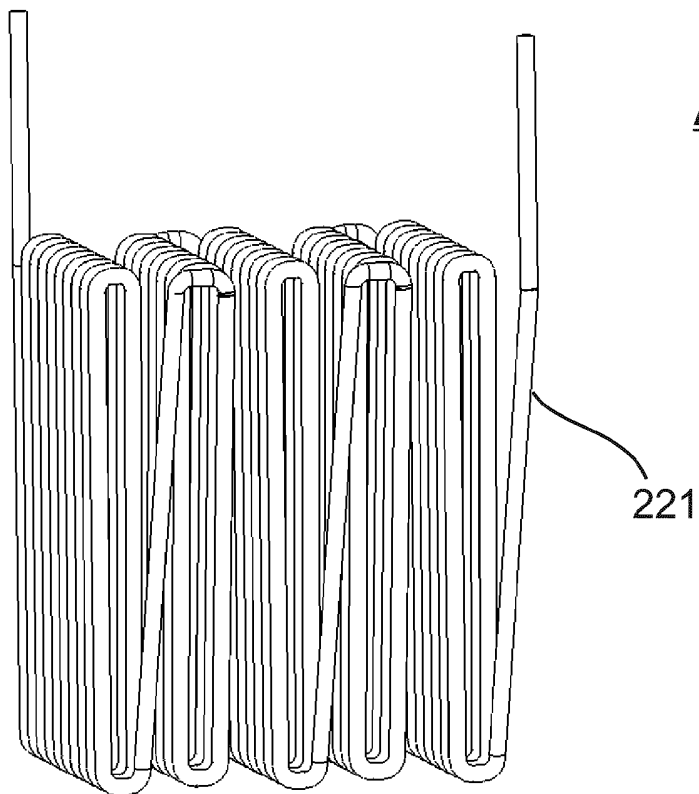


Abb. 5

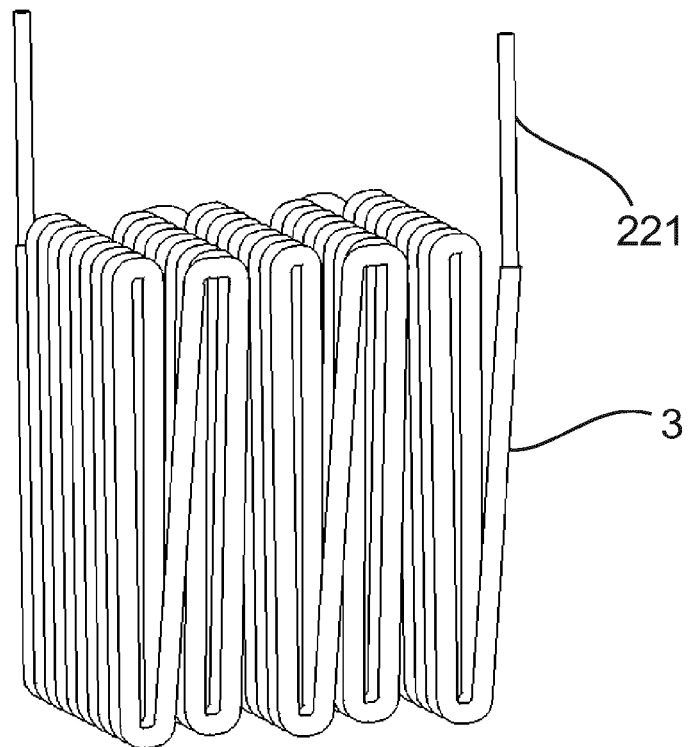


Abb. 6

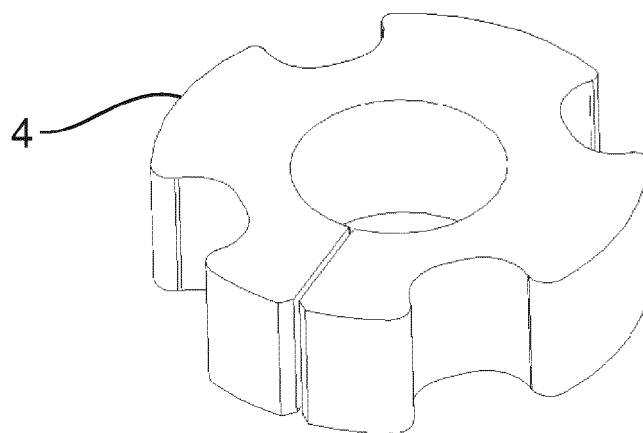


Abb. 7

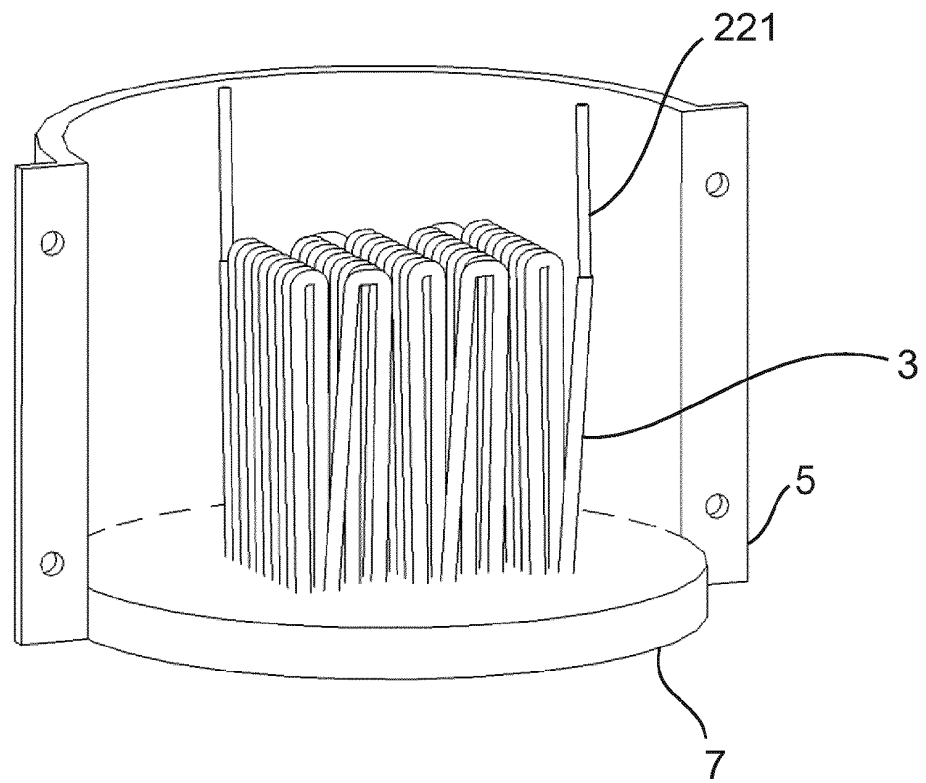


Abb. 8

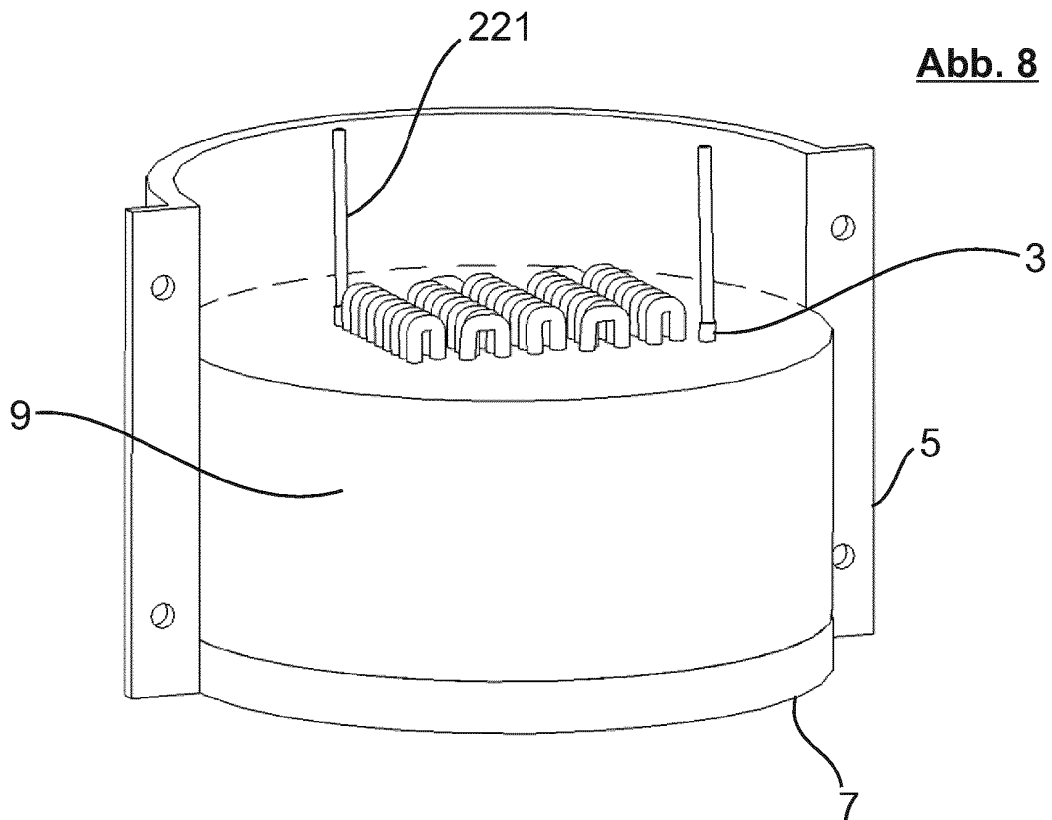


Abb. 9

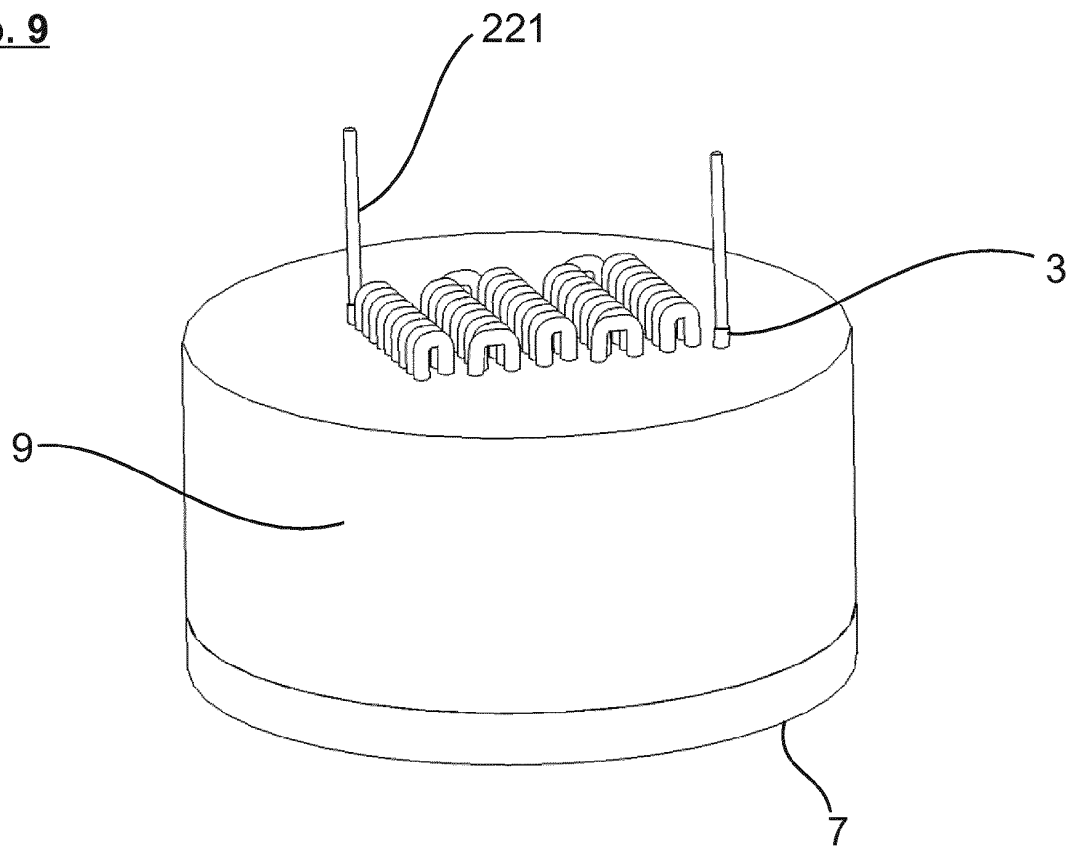


Abb. 10

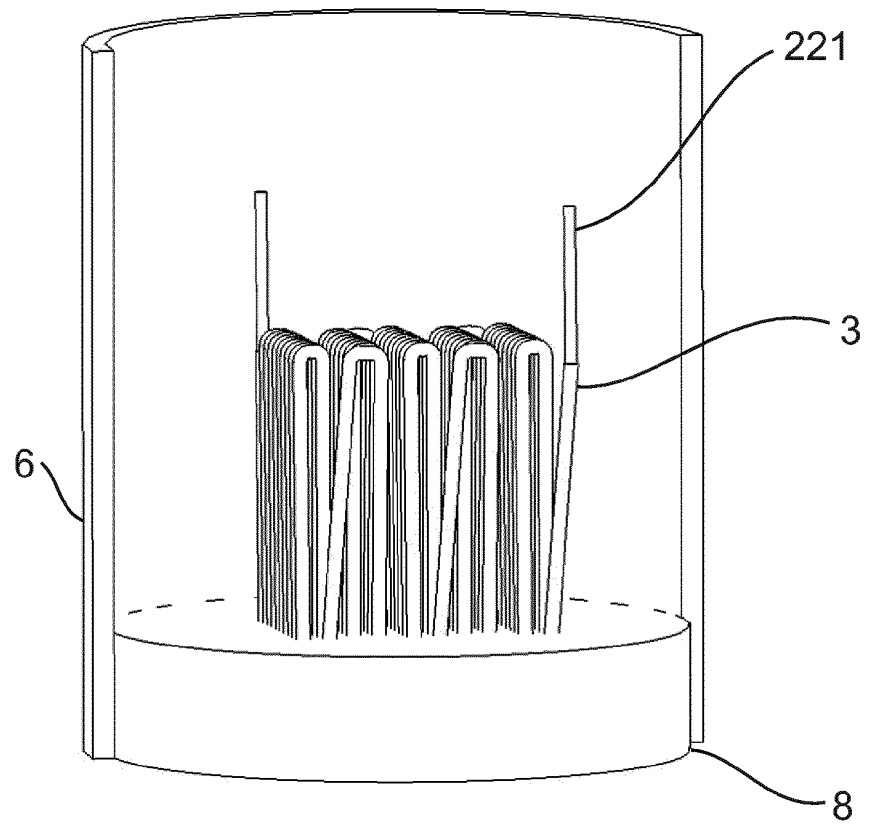


Abb. 11

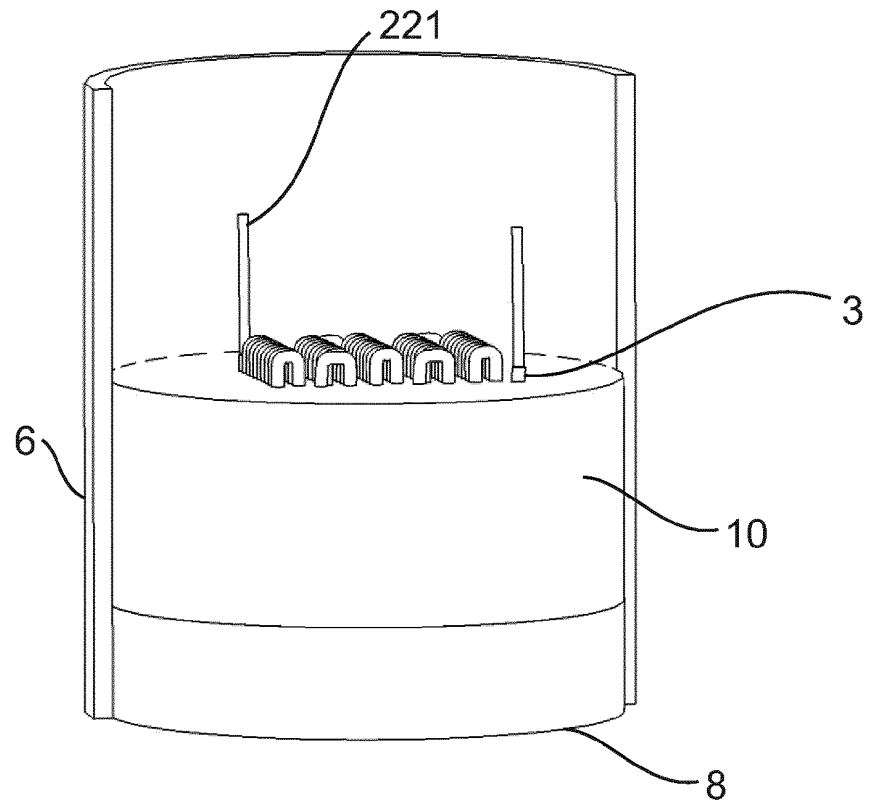


Abb. 12

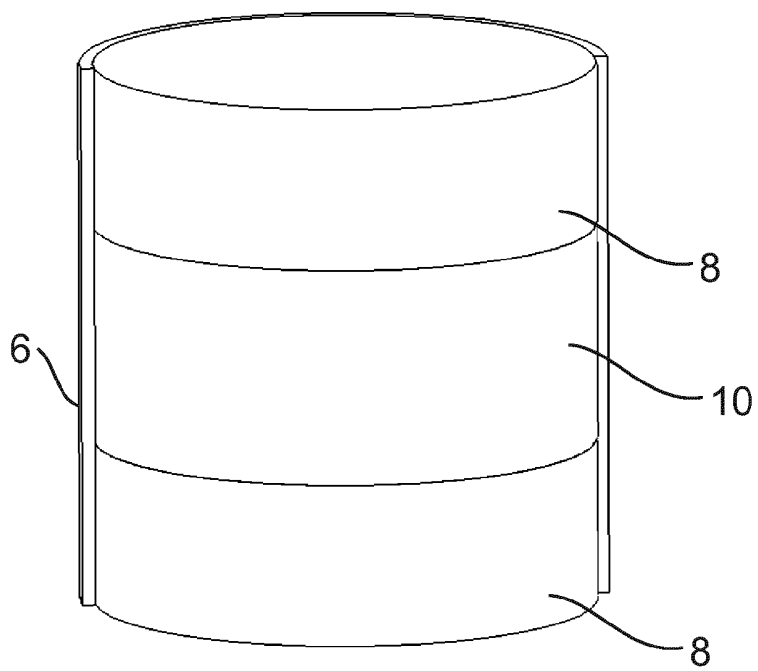


Abb. 13

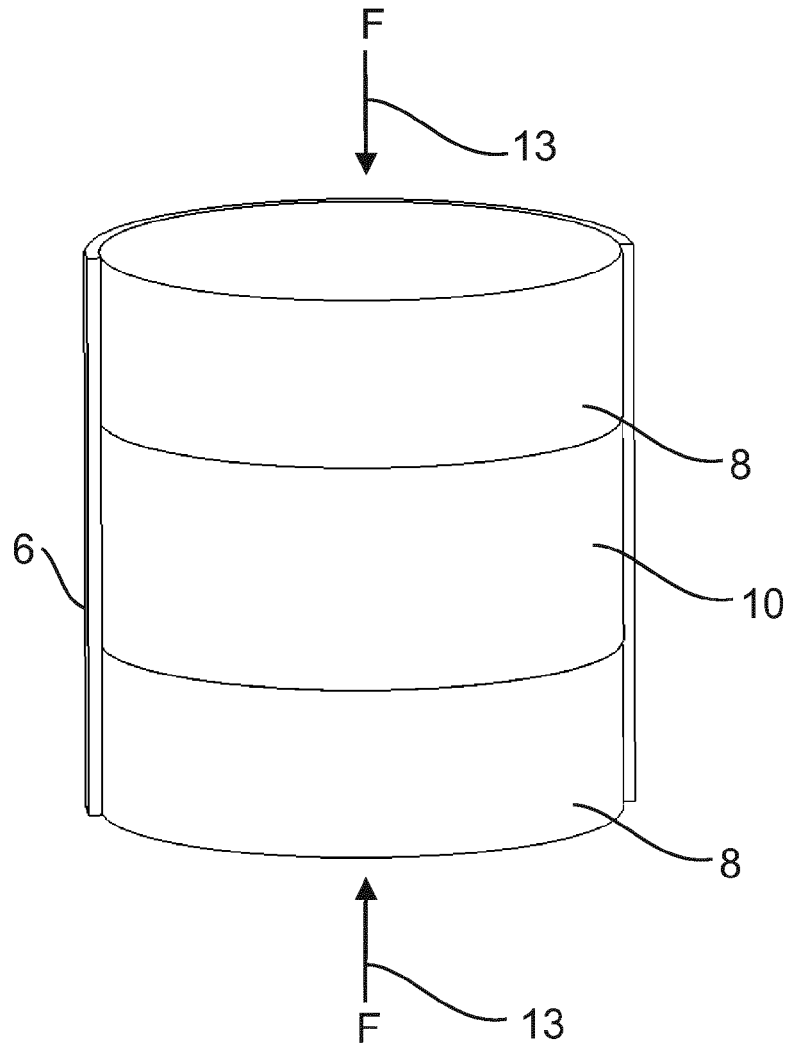


Abb. 14

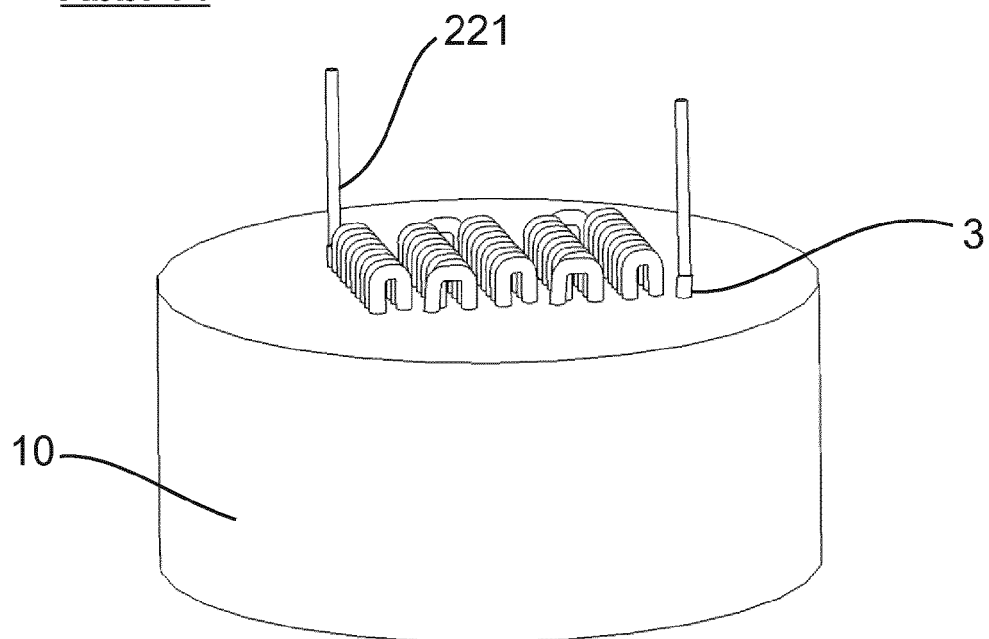


Abb. 15a

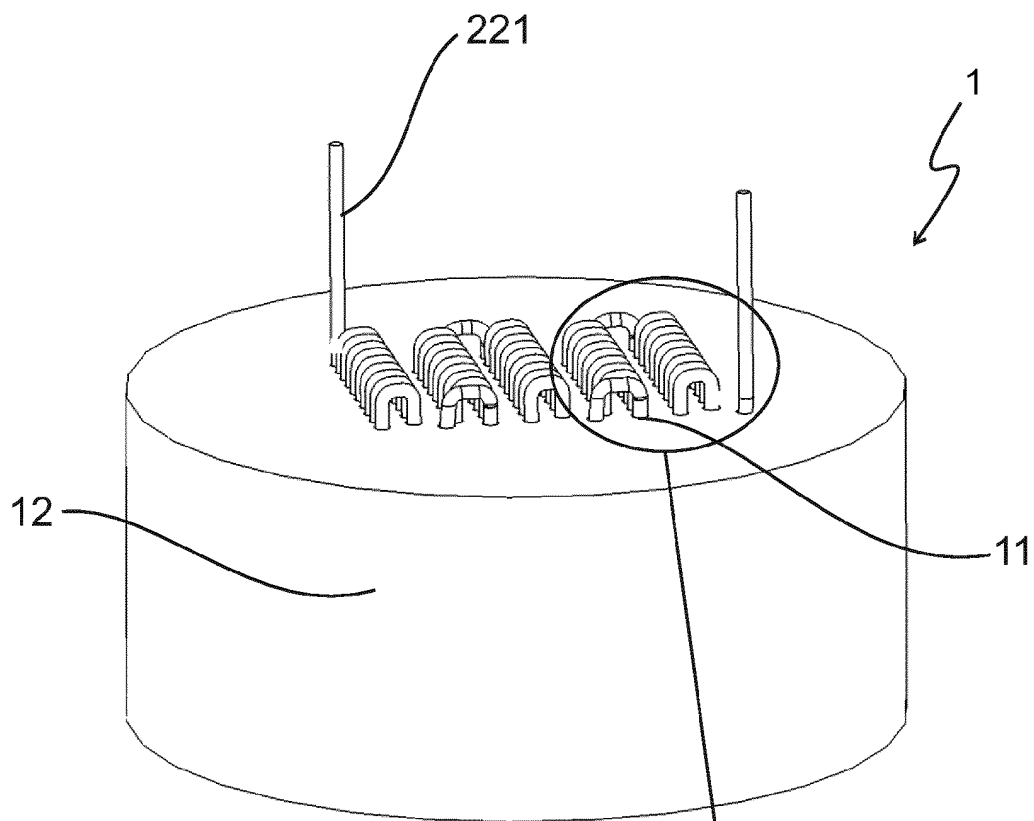


Abb. 15b

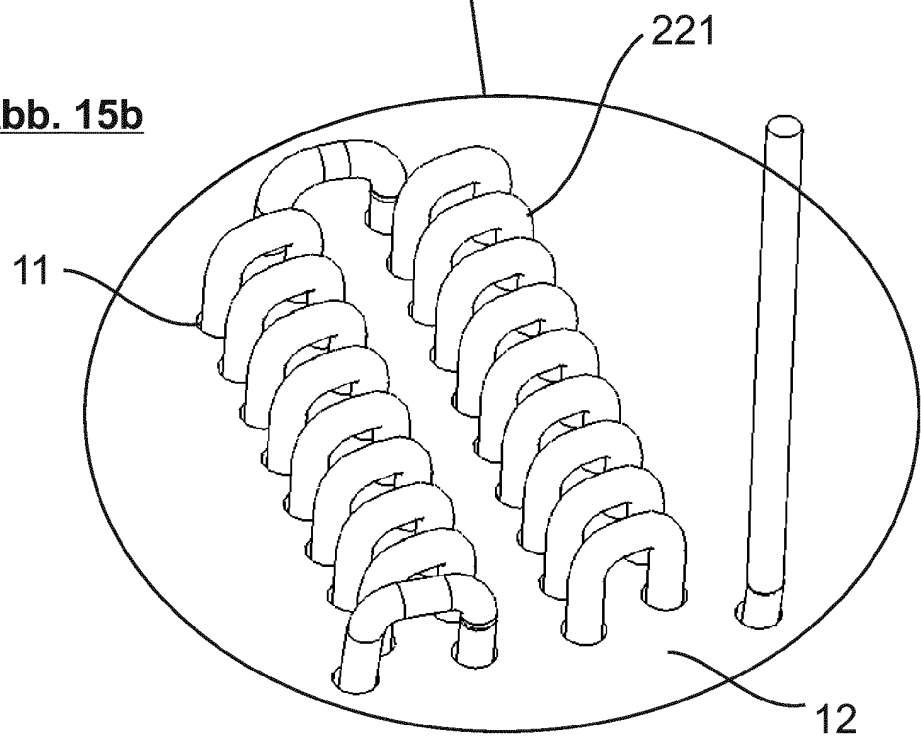


Abb. 16a

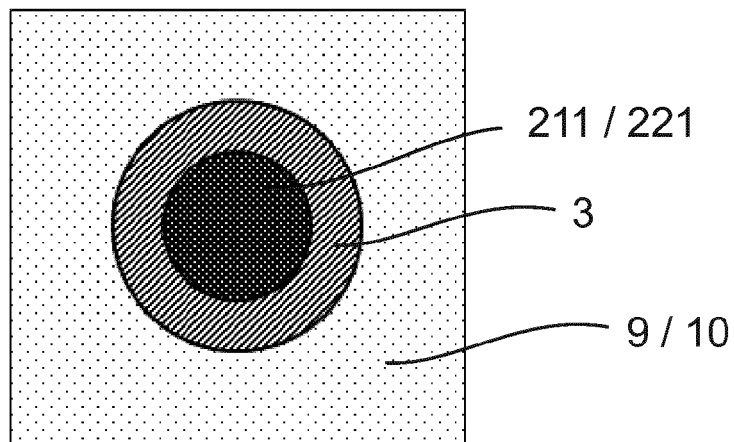


Abb. 16b

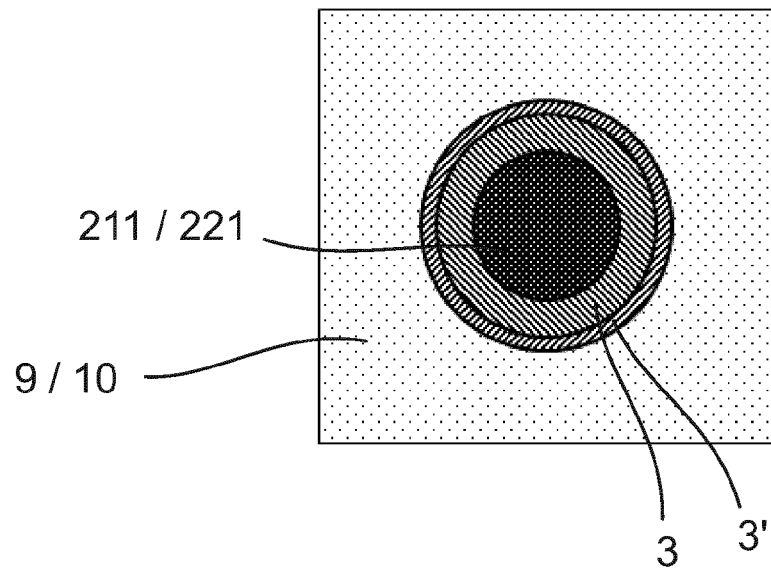
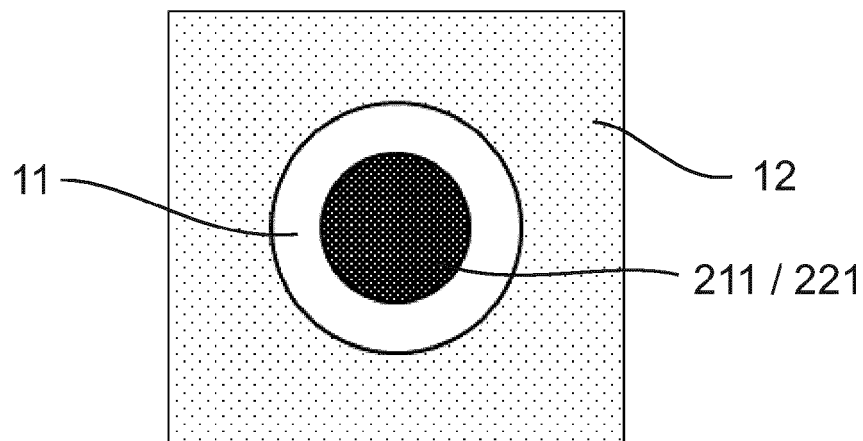


Abb. 16c



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2926623 B2 [0003] [0004] [0006] [0007] [0009] [0010]
- DE 102014102474 A1 [0010]
- DE 10142768 A1 [0011]
- DE 2451175 A1 [0013]
- EP 1191002 A1 [0015]
- US 2016273801 A1 [0018]
- GB 499074 A [0018]