

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
09. November 2023 (09.11.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/213966 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61C 13/20 (2006.01) H05B 3/44 (2006.01)
F27B 17/02 (2006.01) H05B 3/62 (2006.01)
F27D 99/00 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/061846

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Mai 2023 (04.05.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 001 561.7
04. Mai 2022 (04.05.2022) DE

(71) Anmelder: VITA ZAHNFABRIK [DE/DE]; H. Rauter
GmbH & Co. KG, Spitalgasse 3, 79713 Bad Säckingen
(DE).

(72) Erfinder: BAHOLZER, Thomas; Hugo-Herrmann-Stra-
ße 15, 79713 Bad Säckingen (DE).

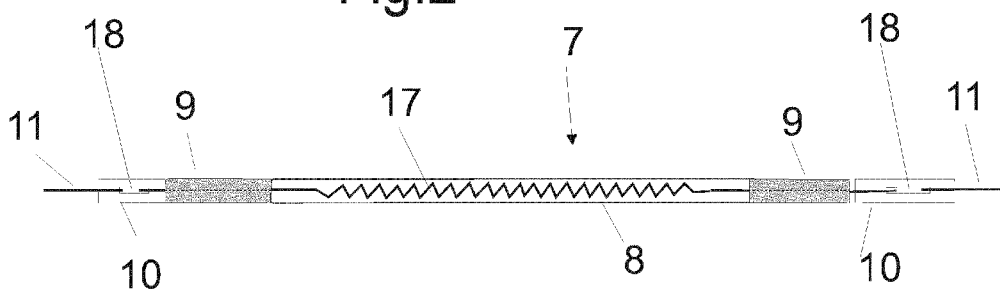
(74) Anwalt: DOMPATENT VON KREISLER SELTING
WERNER - PARTNERSCHAFT VON PATENTAN-
WÄLTEN UND RECHTSANWÄLTEN MBB; Deich-
mannhaus am Dom, Bahnhofsvorplatz 1, 50667 Köln (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: HEATING ELEMENT FOR A FURNACE FOR FIRING OR SINTERING WORKPIECES, AND FURNACE HAVING
AT LEAST ONE SUCH HEATING ELEMENT

(54) Bezeichnung: HEIZELEMENT FÜR EINEN OFEN ZUM BRENNEN UND/ODER SINTERN VON WERKSTÜCKEN UND
OFEN MIT MINDESTENS EINEM DERARTIGEN HEIZELEMENT

Fig.2



(57) Abstract: The invention relates to a heating element (7) for a furnace, which heating element comprises a sapphire glass tube (8) for receiving a heating coil (17) inside the sapphire glass tube (8). The sapphire glass tube (8) is gas-tightly connected to a borosilicate tube (14) and also to a quartz glass tube (15). The electrical connections at the ends lead through in a gas-tightly compressed manner. According to the invention, the tube element is made of sapphire (8) and is gas-tightly joined by transition glasses and glass solder to compensate for the different coefficients of thermal expansion. The joined elements (14, 15) are located outside the firing chamber (2) so that they ensure operational reliability in the case of a thermal effect of up to 500°C. Furthermore, for firing/sintering the ceramic element (4) with shortwave infrared radiation in the range of from 0.8 µm to 2.5 µm, the heating element (7) has stable optical, electrical and mechanical properties and thus high-quality, permanently uniform firing and sintering results are ensured with significantly shortened firing-sintering times. No changes to the surface of the heating elements (7) occur which are caused by chemical influences or evaporations from the fired-sintered elements. No contamination of the sintered objects and the firing chamber occurs



MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

which is caused by the heating element (7). The heating element (7) can be used at an operating temperature up to 1900°C and thus ensures use over long uptimes.

(57) **Zusammenfassung:** Ein Heizelement (7) für einen Ofen weist ein Saphirglasrohr (8) zur Aufnahme einer Heizwendel (17) innerhalb des Saphirglasrohres (8) auf. Das Saphirglasrohr (8) ist mit einem Borosilikatrohr (14 und weiter mit einem Quarzglasrohr (15) gasdicht verbunden. Die elektrischen Anschlüsse an den Enden sind gasdicht verpresst herausgeführt. Erfindungsgemäß ist das Rohrelement aus Saphir (8) und wird mit Übergangsgläser und Glaslot zum Ausgleich der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten gasdicht verfügt. Die angefügten Elemente (14, 15) liegen außerhalb dem Brennraum (2), so dass thermische Einwirkung bis 500 °C die Betriebssicherheit sicherstellen. Ferner verfügt das Heizelement (7) zum Brennen/Sintern des Keramikelementes (4) mit kurzweiliger Infrarotstrahlung im Bereich von 0,8 µm bis 2,5 µm über stabile optische, elektrische und mechanische Eigenschaften und somit werden qualitativ hohe, dauerhafte gleichmäßige Brenn- und Sinterergebnisse mit stark verkürzten Brenn-Sinterzeiten sichergestellt. Keine Veränderungen der Oberfläche der Heizelemente (7) durch chemische Einflüsse bzw. Abdampfungen aus den Brenn-Sinterelmenten. Keine Verschmutzung der Sinterobjekte und des Brennraumes durch das Heizelement (7). Das Heizelement (7) ist für einen Temperatureinsatz bis 1900°C einsetzbar und sichert somit den Einsatz über lange Betriebszeiten.

Heizelement für einen Ofen zum Brennen und/oder Sintern von Werkstücken
und Ofen mit mindestens einem derartigen Heizelement

Die Erfindung betrifft ein Heizelement für einen Ofen zum Brennen und/oder
5 Sintern von Werkstücken, insbesondere von Werkstücken aus dentalkeramischen Materialien, und einen Ofen zum Brennen und/oder Sintern von Werkstücken, insbesondere von Werkstücken aus dentalkeramischen Materialien.

Anwendungsbereiche der Erfindung sind das Sintern bzw. Brennen von in den
10 verschiedensten Industriebereichen einsetzbaren Werkstücken wie z.B. Zahnräder und andere insbesondere in der Automobilindustrie einsetzbare Elemente. Ein weiterer Schwerpunkt der Verwendung der Erfindung ist in der Dentalbranche zu sehen. Dort werden als metallfreier Zahnersatz Zirkonoxid sowie andere dentalkeramische Massen auf Basis von Dental-Legierungen insbesondere aus Zirkon und/oder anderen keramischen Werkstoffen gesintert und ge-
15 brannt.

Bei Dentalöfen, die zum Brennen bzw. Sintern von Verblendkeramik mit oder ohne Glanz-Bemalungen oder für Glanzbrände verwendet werden, sind elektrische Widerstandsheizungen bekannt, bei denen ein Heizdraht, vorzugsweise
20 aus Kanthal und in einem Quarzrohr eingezogen, verwendet werden. Diese bekannten Heizelemente sind allerdings lediglich bis maximal 1200 °C einsetzbar.

Weitere bekannte Dentalöfen sind in WO 2018/011061 A1 und WO
25 2020/088943 A1 beschrieben.

Zum Sintern von Zirkonoxid (SiO_2), das in zunehmendem Maße seit einigen Jahren bei dentalen Restaurationen Einsatz findet, wird eine Temperatur von 1650 °C benötigt.

30

Bei auf dem Markt befindlichen Dentalöfen für das Brennen und/oder Sintern von metallfreiem Zahnersatz wie Zirkonoxidkeramik oder ähnlichem Material sind drei verschiedene Heizsysteme bekannt, nämlich

1. Heizsysteme mit Molybdändisilizid (MoSi₂-Heizsysteme),
2. Heizsysteme mit Siliziumcarbid (SiC) und
3. Heizsysteme mittels Induktion

5 zu 1. Molybdändisilizid:

Molybdändisilizid ist ein dichtes metallkeramisches Material, das aus Molybdändisilizid und einem Oxidanteil, überwiegend einer Glasphase, besteht. Dieser Glasanteil bzw. diese Schutzschicht verändert sich während der Heizphasen und führt zu Abplatzungen und somit zur Verunreinigung des Sinterobjekts (Werkstücks) und/oder des Brennraumes. Die Abplatzungen sind in Form kleiner Glassplitter und Glasstaub deutlich erkennbar.

Dies erfordert nach einigen Brennzyklen einen sogenannten Reinigungsbrand über eine Zeitdauer von mehr als vier Stunden bei einer Temperatur höher 1400 °C, ohne Bestückung des Ofens, was einen erheblichen Zeit- und Energieaufwand mit sich bringt.

Der Reinigungsbrand muss ohne Sinterobjekte so oft durchgeführt werden, bis wieder eine gleichmäßige Schutzschicht an den Molybdändisilizid-Heizelementen erkennbar ist.

Die Auflösung der Oxydschicht am Heizelement führt zur Bildung von MoO₃ (Molybdän (VI)-Oxid), auch „Pestoxidation“ genannt, und dies wiederum zu einer unerwünschten Grün-Gelb-Verfärbung der Restaurationen (Werkstücke). Um Sinterobjekte vor Verunreinigung/Verfärbung zu schützen, ist der Einsatz einer das Werkstück abdeckenden Sinterschale erforderlich.

Auch sind die Molybdändisilizid-Heizelemente bereits nach kurzer Betriebszeit sehr bruchempfindlich und werden in dem Temperaturbereich bis 1650° C bis an den maximalen Einsatzbereich belastet, womit Ausfälle nach kurzen Betriebszeiten die Regel sind.

zu 2. Siliziumcarbid:

Siliziumcarbid-Heizstäbe weisen ein ungünstiges Temperatur-Widerstands-Verhalten auf, wodurch eine sehr aufwendige thyristorgesteuerte Regelung erforderlich ist. Darüber hinaus muss darauf geachtet werden, dass ausschließlich diejenigen Stäbe zusammengeschaltet werden, die den gleichen elektrischen Widerstand bzw. den gleichen Alterungszustand aufweisen. Dies führt dazu, dass einzelne defekte Heizstäbe in einem System nicht ausgetauscht werden können. In einem solchen Fall muss das ganze Heizsystem ausgetauscht werden.

Siliziumcarbid-Heizstäbe sind teuer und hoch bruchempfindlich. Ihr Austausch verursacht hohe Ersatzteilkosten im Vergleich zu anderen Heizsystemen. Bei Ausfall eines Siliziumcarbid-Heizelements muss, wie bereits erwähnt, das komplette System ausgetauscht werden, da Heizelemente mit gleichem elektrischem Widerstand zusammengeschaltet werden müssen. Denn ansonsten kommt es innerhalb kürzester Zeit zum Ausfall weiterer Heizelemente. Der Austausch sämtlicher Heizelemente wiederum ist mit noch höheren Kosten verbunden.

zu 3. Induktion:

Es ist bekannt, Dentalöfen mittels Induktion zu betreiben, um Werkstücke zu sintern. Ein Induktionsofen weist eine Induktionsspule auf. Die Induktionsspulen werden auch Induktoren genannt. Sie sind in der Regel wassergekühlt, was zum Nachteil des Einsatzes im Dentallabor oder in einer Zahnarztpraxis führt. Der stromdurchflossene Induktor erzeugt ein wechselndes Magnetfeld, welches mittels Wirbelströmen zu einer kontrollierbaren Erwärmung der Werkstücke führt.

Da es sich im Dentalbereich um nicht leitende Materialien handelt, muss zusätzlich ein Suszeptor eingesetzt, also ein Element, das die Eigenschaft besitzt, elektromagnetische Energie aufzunehmen, diese in Wärme umzuwandeln und durch Konvektion an das Werkstück weiterzuleiten.

Da die Induktoren auf die Eigenschaften der zu behandelnden Materialien gut abgestimmt sein müssen, um das gewünschte Wärmeverhalten zu erzielen, sind die Einsatzmöglichkeiten für die verschiedenen nicht leitenden Materialien in der Dentaltechnik sowie insbesondere auf die Größe der Werkstücke eingeschränkt.

Die Brennraumgröße bei den bekannten Induktionsöfen liegt bei max. 3 Kronen, d.h. eine Länge von 38 mm und eine Höhe von 20 mm dürfen nicht überschritten werden.

Aufgrund der hohen Störabstrahlung sind umfangreiche Sicherheitsvorschriften zu beachten. Induktionsöfen dürfen beispielsweise nicht in der Patientenumgebung verwendet werden.

Für die Wärmebehandlung von Werkstücken durch Induktion sind nur begrenzt Materialien erlaubt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Heizelement für Sinter- und/oder Brennöfen zu schaffen, das sich durch hohe Effektivität und hohe Temperaturen auszeichnet.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung ein Heizelement für einen Ofen zum Brennen und/oder Sintern von Werkstücken, insbesondere von Werkstücken aus dentalkeramischen Materialien vorgesehen, das vorgesehen ist mit

einem Saphirglasrohr und
einem Heizwendel aus Wolfram und/oder Molybdän, der in dem Saphirglasrohr angeordnet ist und nach außen geführte Anschlussleitungen aufweist, wobei die Enden des Saphirglasrohres mittels insbesondere Quarzglas-Verschlüssen gasdicht verschlossen sind und
wobei die Anschlussleitungen des Heizwendels durch die insbesondere Quarzglas-Verschlüsse hindurch nach außen geführt sind.

Sinngemäß betrifft die Erfindung ein Heizelement, dessen Heizwendel aus Wolfram und dessen Anschlussleitungen Molybdän aufweisen und der in einem Saphirglasrohr angeordnet ist. Bei dem Material dieses Glasrohres handelt es sich um synthetisches Saphir, also um ein Aluminiumoxid mit einem Reinheitswert von 100 %.

Das Saphirglasrohr ist an seinen beiden Enden durch insbesondere Quarzglas bzw. ein anderes hitze- bzw. wärmebeständiges Material gasdicht verschlossen, wobei durch die beiden Verschlüsse die Anschlussleitungen des Heizwendel gasdicht verlaufen. Nachfolgend wird als Material für diese Verschlüsse der Einfachheit halber von Quarzglas gesprochen. Es wird ein Quarzglas-Rohrstück verwendet, das an seinem dem Saphirglasrohr abgewandten Ende „abgequetscht“ ist. Auch bei dem Material dieses Quarzglas-Rohrstücks handelt es sich um ein synthetisches, das anders als das synthetische Saphirmaterial sich im erweichten Zustand bearbeiten lässt, um nämlich durch Zusammendrücken (Quetschen) den gasdichten Verschluss bei durch diesen verlaufender Anschlussleitung ermöglicht.

Das Saphirglasrohr und die Quarzglas-Rohrstücke sind aneinandergefügt. Vorzugsweise ist für einen besseren Übergang der unterschiedliche Temperaturkoeffizienten aufweisenden Materialien Saphir und Quarz zwischen beiden jeweils ein Borosilikat-Zwischenstück angeordnet. Auch dieses Borosilikat-Rohrstück ist mit dem Saphirglas und dem Quarzglas-Verschluss gefügt, also gasdicht mit diesen verbunden. Entsprechende Fügeverfahren sind im Stand der Technik bekannt. So kann beispielsweise die Fügung durch Glaslot o.dgl. Glasmaterialien erzielt werden. Durch die stufenweise Anpassung an die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten können die daraus resultierenden thermisch bedingten Längenveränderungen ausgeglichen werden. Hierdurch werden thermische bzw. mechanische Spannungen und Risse in und zwischen den einzelnen Glasmaterialien Saphir, Quarz und Borosilikat vermieden und eine Vakuumdichtigkeit bzw. Leckrate von 10^{-8} mbar * l/s sichergestellt.

Im Einbauzustand des Heizelements in einem Ofen ist es zweckmäßig, wenn die Zwischenrohrstücke aus Borosilikat bzw., wenn dies nicht vorhanden ist, die Quarzglas-Verschlüsse außerhalb der Brennkammer des Ofens angeordnet sind. Zusätzlich ist es möglich, diese Zwischenrohrstücke und Quarzglas-

5 Verschlüsse zu kühlen, so dass das Auftreten von Spannungen stark verringert ist.

Die außerhalb der Brennkammer angeordneten Bereiche des Heizelements sind in einem Temperaturbereich bis zu 500 °C vakuumdicht und weisen ledig-

10 lich eine Leckrate von 10^{-8} mbar * l/s auf.

Die Schmelztemperatur der für die Heizwendel und die Zuleitungen eingesetzten Materialien Wolfram und Molybdän liegen oberhalb 2000 °C bis 2500 °C. Diese Materialien eignen sich also insoweit für die Verwendung als Heizwendel

15 des erfindungsgemäßen Heizelements. Dabei besteht der Heizwendel aus Wolfram, wobei der Wendel an seinen Enden über jeweils ein Molybdän-Zwischenstück mit einem elektrischen Leiter aus gewöhnlichem elektrisch leitenden Material vorzugsweise mit erhöhter Temperaturfestigkeit elektrisch verbunden ist.

20

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Heizwendel elektromagnetische Strahlung im nahen Infrarot-Bereich von 0,8 µm bis 5 µm oder von 0,8 µm bis 2,5 µm abgibt und dass das Saphir-

25 Glasrohr im Bereich von 0,17 µm bis 6 µm für die elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.

Wie bereits oben erwähnt, ist es hinsichtlich des Anpassens der unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten von Vorteil, wenn zwischen den Quarzglas-Verschlüssen und den Enden des Saphirglasrohres jeweils ein Zwischenrohr-

30 stück aus Borosilikat gasdicht angeordnet ist.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Saphir-Glasrohr und, soweit vorhanden, die Zwischenrohrstücke aus Borosilikat mit einem Edel- oder anderes Inertgas gefüllt ist bzw. sind.

Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Hezelements sind darin zu sehen, dass das Hezelement bei Betrieb mit dem vorschriftsmäßigen Strom reaktions-schnell (die Zeit vom „kalten“ Zustand des Hezelements bis zum Erreichen seines Strahlungsmaximums beträgt vorzugsweise wenige Sekunden, insbesondere weniger als 10 Sekunden oder weniger als 5 Sekunden oder weniger als 3 Sekunden) elektromagnetische Strahlung abgibt und ferner keine Verunreinigungen an dem Werkstück verursacht und darüber hinaus selbst durch Substanzen des Werkstücks oder durch dieses beim Sintern und/oder Brennen verursachte Substanzen, wie z.B. Dämpfe aus Beschichtungen des Werkstücks wie z.B. Glasurmassen, nicht verunreinigt wird.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung besteht der Heizwendel aus Wolfram, wobei die Enden des Heizwendels über elektrische Zwischenleiter aus Molybdän mit elektrischen Leitern aus einem anderen Material als Molybdän verbunden sind und/oder wobei die Molybdän-Zwischenleiter sich durch die Verschlüsse des Saphirglasrohres erstrecken.

Die Verschlüsse an den Enden des Saphirglasrohres bestehen aus hitze- bzw. wärmebeständigem Material, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient in etwa dem von Molybdän entspricht. Denn es ist zweckmäßig, dass sich die Molybdän-Zwischenleiter durch diese Verschlüsse erstrecken. Quarzglas eignet sich hier besonders. Andere Materialkombinationen sind ebenfalls denkbar, weshalb die Erfindung nicht auf Quarzglas als Verschlussmaterial für das Saphirglasrohr und Molybdän als elektrischer Zwischenleiter beschränkt ist. Der elektrische Zwischenleiter erstreckt sich durch „abgequetschten“ Teil des Verschlusses, sollte also im Wesentlichen den gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen wie das Verschlussmaterial, so dass es nicht zu thermischen Spannungen und Rissen kommen kann.

Das erfindungsgemäße Hezelement lässt sich in einem erfindungsgemäßen Ofen einsetzen, in dessen Brennkammer das Hezelement verbaut ist, und zwar vorzugsweise dergestalt, dass die Quarzglas-Verschlüsse außerhalb der Brennkammer angeordnet sind. Das Hezelement wird zweckmäßigerweise durch gegenüberliegende Öffnungen in der Brennkammerwand durch Ver-

schraubungen o.dgl. Fixierungen durchgeführt. Diese Durchführungen in der Brennkammerwand für das Heizelement werden gasdicht verschlossen, so dass innerhalb der Brennkammer ein Vakuum erzeugt werden kann.

- 5 In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung kann in der Brennkammer mindestens ein Reflexionselement angeordnet sein, um die von dem Heizelement abgegebene elektromagnetische Strahlung in Richtung auf das Werkstück zu lenken.
- 10 Bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann ferner vorgesehen sein, dass das Heizelement teilweise von dem Reflektor Element umgeben ist und/oder dass das Reflektor Element im Querschnitt halbkreisförmig ausgebildet ist und sich vorzugsweise über die gesamte Länge eines zugehörigen Heizelements erstreckt und/oder dass die in der Brennkammer ausbildenden Kammerwände eine hohe Wärmeisolation aufweisen.
- 15

- Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist der Ofen ein in der Brennkammer angeordnetes Aufnahmeelement zur Aufnahme des Werkstücks auf, wobei das Aufnahmeelement strahlungsabsorbierendes Material aufweist, das insbesondere Strahlung absorbiert und somit als Suszeptor-Element wirkt, das als thermischer Strahler Wärmeenergie an das Werkstück überträgt.
- 20

- In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung weist das Aufnahmeelement Siliziumcarbid auf.
- 25

- In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Brennkammer nahe dem zu brennenden Keramikelement eine Temperaturmesseinrichtung vorgesehen ist.

- 30 In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung ist eine die Temperatur im Bereich des Werkstücks erfassende Temperaturmesseinrichtung vorgesehen.

Mit dem erfindungsgemäßen Heizelement ist es möglich, Sinter- oder Brennöfen bei extrem hohen Temperaturen von mindestens 1900 °C zu betreiben,

wobei der Ofen in diesem Temperaturbereich im Dauerbetrieb eingesetzt werden kann, womit lange Betriebszeiten erreicht werden können. In derartig ausgestatteten Öfen können somit sowohl allgemeine keramische Brände und Sinterprozesse bei extrem hohen Temperaturen atmosphärisch oder unter Vakuum vonstatten gehen. Insbesondere bei „Sinterbränden“ im Temperaturbereich von ca. 1600 °C werden hohe Anforderungen an das Heizelement gestellt. Aufgrund des Einsatzes von Saphirglas erfüllt das erfindungsgemäße Heizelement die Eigenschaften der Zuverlässigkeit, langen Betriebsdauer, Schnelligkeit, Sauberkeit, Energiesparsamkeit und einer hohen, in kurzer Zeit bereitgestellten Wärmeabstrahlung. Dies wird erfindungsgemäß mittels der Verwendung des Saphir-Glasrohres und des Heizwendels aus Wolfram den Molybdän-Übergängen erreicht.

Die physikalischen Eigenschaften von synthetischem Saphirglas erfüllen sämtliche notwendigen Anforderungen an die Beständigkeit gegen aggressive Säuren und Dämpfe, an die Dichte (wichtig für die Gasdichtigkeit), Härte und Druckfestigkeit.

Die für technische und Dental-Sinterprozesse notwendigen Temperaturen von ca. 1600 °C liegen deutlich unter dem von saphirglaskritischen Schmelzpunkt von ca. 2050 °C. Damit hält das Saphir-Glasrohr den erfindungsgemäß vorgesehenen Brennkammertemperaturen von bis zu 1900 °C stand.

Eine weitere relevante Eigenschaft von Saphir liegt in der Transmission, also der Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung des Heizwendels im Bereich von 0,8 µm bis 2,5 µm, womit der Brenn- bzw. Sinterprozess in kürzester Zeit stattfinden kann. Der Strahlungsbereich im Wellenlängenbereich unterhalb von 2 µm hat die Eigenschaft einer höheren Durchdringungstiefe in das Werkstück, womit in kürzerer Zeit qualitativ hochwertige Ergebnisse erzielt werden können. Die Wärmeenergie gelangt praktisch ausschließlich durch Strahlung zum Werkstück; Wärmekonvektion spielt keine Rolle.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass mit dem Einsatz des Heizelementes und mit den physikalischen Eigenschaften des Saphirglasrohres

eine exzellente Transmission im kurzwelligen Infrarotbereich von 0,8 μm bis 2,5 μm gegeben ist.

5 Von Vorteil ist ferner, dass das Saphirglasrohr bestens gegen chemische und aggressive Medien beständig ist, ausgezeichnete optische sowie mechanische und thermische Eigenschaften aufweist und sich somit bei dauerhaften Belastungen keine Einschränkungen bzw. Veränderungen in der Qualität des Brenn- und/oder Sinterprozessergebnisses eintreten.

10 Schließlich ist auch als Vorteil anzumerken, dass durch das Einwirken der kurzwelligen Infrarotstrahlung von 0,8 μm bis 2,5 μm auf das Werkstück und die damit verbundene hohe Eindringungstiefe der Strahlung in das Werkstück eine wesentlich kürzere Brenn- und/oder Sinterzeit erreicht wird. Das wiederum reduziert den Energieaufwand signifikant.

15

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Im Einzelnen zeigen dabei:

20 Figur 1 eine vereinfachte Ansicht der wesentlichen Bauteile eines Brenn- und/oder Sinterofens in Explosionsdarstellung und perspektivisch und

 Figur 2 eine Seitenansicht auf das Heizelement gemäß einem Ausführungsbeispiel.

25 Die Erfindung wird nachfolgend beschrieben anhand des Einsatzes zweier Heizelemente in einem Dentalofen. Die Erfindung ist aber nicht auf die Verwendung bei Dentalöfen beschränkt. Auch können mehr oder weniger als zwei Heizelemente 7 in einem Ofen eingesetzt werden.

30 Ein Dentalofen weist ein Gehäuse 1 mit einem Brennraum 2 auf. Der Innenraum des Gehäuses 1 ist mit einer Hochtemperaturisolierung 6 ausgestattet und mit weiteren hochtemperaturbeständigen Isolierelementen 13, 14 sowie mit einem als Reflektor 13 fungierenden Element versehen. Weiterhin wird das Gehäuse 1 mit einem Deckel und Dichtring 15 verschlossen.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind zwei Heizelemente 7 im Brennraum 2 angeordnet. Die beiden Heizelemente 7 werden jeweils durch eine Durchgangsöffnung mit vakuumdichten Verschraubungen 12, die im Gehäuse 1 vorgesehen sind, in den Brennraum 1 eingeschoben und fixiert. Die Verschraubungen 12 umgeben und fixieren im montierten Zustand das betreffende Heizelement vakuumdicht.

Die Glasrohre 9 aus synthetischem Borosilikat und 10 aus synthetischem Quarzglas des Heizelementes 7 mit seinen Anschlüssen 11 für die Betriebsspannung liegen außerhalb der Brennkammer 1, womit das beispielsweise durch Glaslot angefügte Quarzrohr 10 mit der Verbindung des Heizwendels 17 mit der Molybdän-Anschlussleitung 11, die nach außen geführt ist, gasdicht verpresst ist.

Die Ausgestaltung des Heizelements ist in Fig. 2 gezeigt. Im dargestellten Beispiel ist das Saphir-Glasrohr 8 an beiden Enden an jeweils ein Borosilikat-Zwischenrohrstück 9 gasdicht gefügt und dieses wiederum jeweils weiter an dem abgequetschten Quarzglasrohr 10 gasdicht gefügt. In dem an den Enden gasdicht angefügten Quarzglasrohr 10 ist der Heizwendel 17, der sich durch die Borosilikat-Zwischenrohrstücke 9 erstreckt, über Molybdän-Zwischenstücke 18 mit den nach außen führenden Anschlussleitungen 11 verbunden, die mittels des abgequetschten Teils gasdicht verpresst sind.

Mit Hilfe eines Brenntisches 3 (Fig. 1) und mit einem Temperaturfühler 5 ist es möglich die zu brennenden und/oder zu sinternde Dentalkeramik (Werkstück 4), die auf dem Brenntisch 3 abgestellt ist, in die Brennkammer 2 einzuführen. Die Temperatur des Brennraumes 2 wird mittels des Temperaturfühlers 5 und der entsprechenden elektronischen Steuerung (nicht dargestellt) geregelt.

Patentansprüche

1. Heizelement für einen Ofen zum Brennen und/oder Sintern von Werkstücken, insbesondere von Werkstücken aus dentalkeramischen Materialien,
5 mit

einem Saphirglasrohr (8) und
einem Heizwendel (17) aus Wolfram und/oder Molybdän, der in dem Saphirglasrohr (8) angeordnet ist und nach außen geführte Anschlussleitungen (11) aufweist,
10 wobei die Enden des Saphirglasrohres (8) mittels Verschlüssen aus einem hitze- bzw. wärmebestätigenden Material, insbesondere mittels Quarzglas-Verschlüssen (10) gasdicht verschlossen sind und
wobei die Anschlussleitungen (11) des Heizwendels (17) durch die Saphirglasrohr-Verschlüsse (10) hindurch nach außen geführt sind.
15
2. Heizelement nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet ist, dass der Heizwendel (17) elektromagnetische Strahlung im nahen Infrarot-Bereich von 0,8 μm bis 5 μm oder von 0,8 μm bis 2,5 μm abgibt und dass das Saphirglasrohr (8) im Bereich von 0,17 μm bis 6 μm für die elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
20
3. Heizelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Saphirglasrohr-Verschlüssen (10) und den Enden des Saphirglasrohres (8) jeweils ein Zwischenrohrstück (9) aus einem hitze- bzw. wärmebeständigen Material mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten, der zwischen demjenigen von Saphirglas und demjenigen des Verschlussmaterials des Saphirglasrohres (8) liegt, insbesondere aus Borosilikat gasdicht angeordnet ist.
25
4. Heizelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Saphirglasrohr (8) und, soweit vorhanden, die Zwischenrohrstücke (9) aus Borosilikat mit einem Edel- oder anderes Inertgas gefüllt ist bzw. sind.
30

5. Heizelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (7) bei Betrieb mit dem vorschriftsmäßigen Strom reaktionsschnell elektromagnetische Strahlung abgibt und ferner keine Verunreinigungen an dem Werkstück (4) verursacht und darüber hinaus selbst durch Substanzen des Werkstücks (4) oder durch dieses beim Sintern und/oder Brennen verursachte Substanzen, wie z.B. Dämpfe aus Beschichtungen des Werkstücks wie z.B. Glasurmassen, nicht verunreinigt wird.
6. Heizelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Heizwendel (17) aus Wolfram besteht und dass die Enden des Heizwendels (17) über elektrische Zwischenleiter aus Molybdän mit elektrischen Leitern aus einem anderen Material als Molybdän verbunden sind und/oder dass die Molybdän-Zwischenleiter (11) sich durch die Verschlüsse des Saphirglasrohres (8) erstrecken.
7. Ofen zum Brennen und/oder Sintern von Werkstücken, insbesondere von Werkstücken aus dentalkeramischen Materialien, mit
- einer Brennkammer (1) und
- mindestens mit einem in der Brennkammer (1) angeordneten Heizelement (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 5.
8. Ofen nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass in der Brennkammer (1) mindestens ein Reflexionselement (13) angeordnet ist, um die von dem Heizelement (7) abgegebene elektromagnetische Strahlung in Richtung auf das Werkstück (4) zu lenken.
9. Ofen nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (7) teilweise von dem Reflektor Element (5) umgeben ist.
10. Ofen nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektor Element (13) im Querschnitt halbkreisförmig ausgebildet ist und sich vorzugsweise über die gesamte Länge eines zugehörigen Heizelements (7) erstreckt.

11. Ofen nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die in der Brennkammer (1) ausbildenden Kammerwände (6, 13, 14) eine hohe Wärmeisolation aufweisen.
- 5 12. Ofen nach einem der Ansprüche 7 bis 11, gekennzeichnet durch ein in der Brennkammer (1) angeordnetes Aufnahmeelement (3) zur Aufnahme des Werkstücks (4), wobei das Aufnahmeelement (6) strahlungsabsorbierendes Material aufweist, das insbesondere Strahlung absorbiert und somit als
10 Suszeptor-Element wirkt, das als thermischer Strahler Wärmeenergie an das Werkstück (4) überträgt.
13. Ofen nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufnahmeelement (6) Siliziumcarbid aufweist.
- 15 14. Ofen nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass in der Brennkammer (2) nahe dem zu brennenden Keramikelement (4) eine Temperaturmesseinrichtung (5) vorgesehen ist.
- 20 15. Ofen nach einem der Ansprüche 7 bis 14, gekennzeichnet durch eine die Temperatur im Bereich des Werkstücks (4) erfassende Temperaturmesseinrichtung (5).

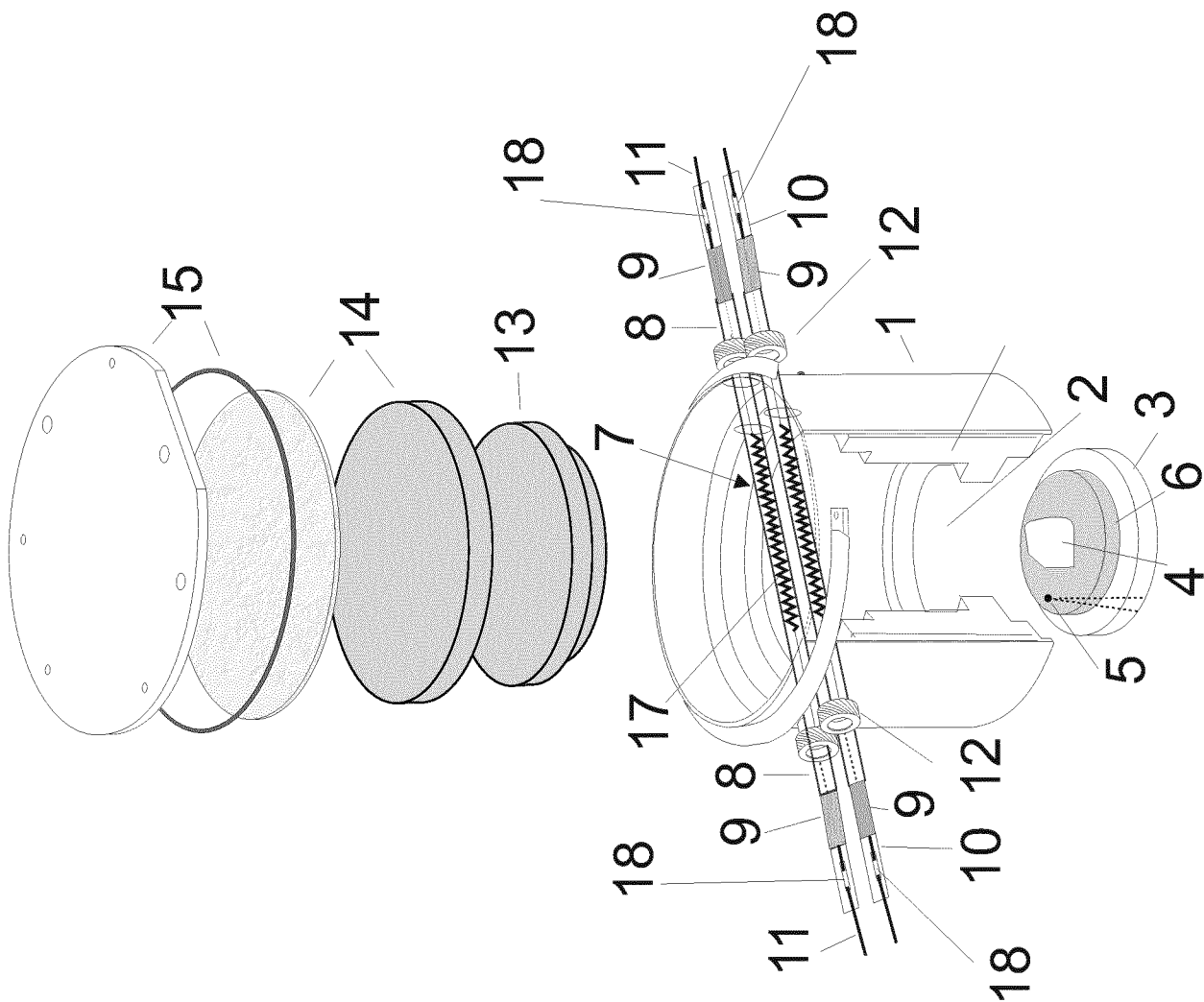
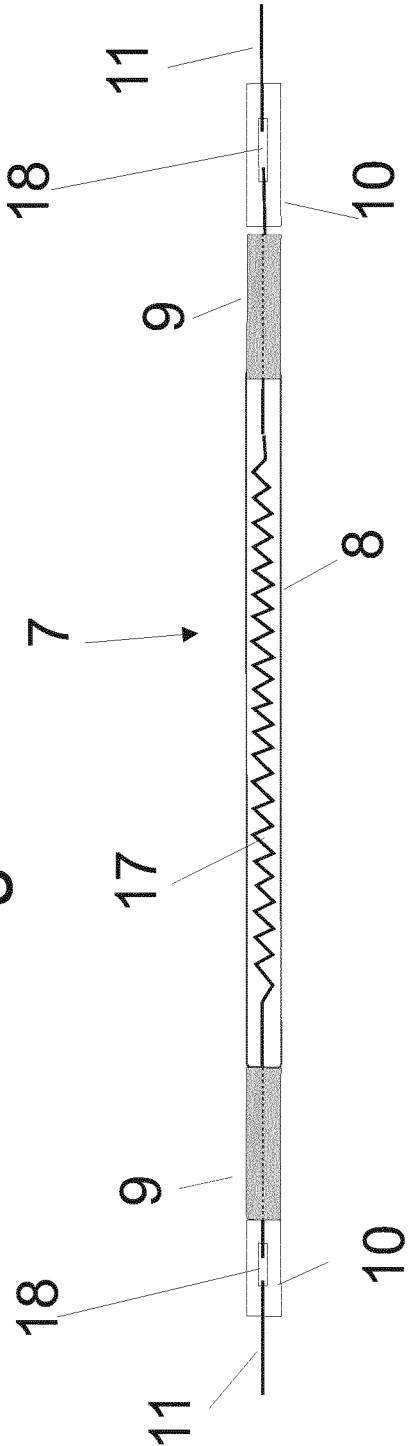


Fig.1

Fig.2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/061846**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****A61C 13/20**(2006.01)i; **F27B 17/02**(2006.01)i; **F27D 99/00**(2010.01)i; **H05B 3/44**(2006.01)i; **H05B 3/62**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61C; H05B; F27D; F27B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	DE 4014246 A1 (LINN HORST DIPL ING FH [DE]) 07 November 1991 (1991-11-07) claim 5; figures 1-5 column 3; lines 38-42 column 3; lines 25-31 column 3; lines 23-25	1-6 7-15
X	US 4885454 A (LAVOIE GERARD H [US] ET AL) 05 December 1989 (1989-12-05) claim 1; figure 1 column 2; lines 16-21	1-15
A	US 2020129276 A1 (BAHOLZER THOMAS [DE]) 30 April 2020 (2020-04-30) paragraph [0034]; figure 2	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 July 2023

Date of mailing of the international search report

25 August 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Momeni, Mohammad

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/061846

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	4014246	A1	07 November 1991	NONE			
US	4885454	A	05 December 1989	NONE			
US	2020129276	A1	30 April 2020	AU	2019371428	A1	15 April 2021
				CA	3113313	A1	07 May 2020
				CN	113039402	A	25 June 2021
				EP	3874219	A1	08 September 2021
				JP	2022505616	A	14 January 2022
				US	2020129276	A1	30 April 2020
				WO	2020088943	A1	07 May 2020

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/061846

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES					
INV.	A61C13/20	F27B17/02	F27D99/00	H05B3/44	H05B3/62
ADD.					
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC					
B. RECHERCHIERTE GEBIETE					
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)					
A61C H05B F27D F27B					
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen					
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)					
EPO-Internal, WPI Data					
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN					
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile				Betr. Anspruch Nr.
X	DE 40 14 246 A1 (LINN HORST DIPL ING FH [DE]) 7. November 1991 (1991-11-07)				1-6
A	Anspruch 5; Abbildungen 1-5				7-15
	Spalte 3; Zeilen 38-42				
	Spalte 3; Zeilen 25-31				
	Spalte 3; Zeilen 23-25				

X	US 4 885 454 A (LAVOIE GERARD H [US] ET AL) 5. Dezember 1989 (1989-12-05)				1-15
	Anspruch 1; Abbildung 1				
	Spalte 2; Zeilen 16-21				

A	US 2020/129276 A1 (BAHOLZER THOMAS [DE]) 30. April 2020 (2020-04-30)				1-15
	Absatz [0034]; Abbildung 2				

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie					
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :			"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist			"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden		
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist			"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist		
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)			"G" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht					
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist					
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche			Absendedatum des internationalen Recherchenberichts		
24. Juli 2023			25/08/2023		
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016			Bevollmächtigter Bediensteter Momeni, Mohammad		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/061846

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4014246	A1	07-11-1991	KEINE

US 4885454	A	05-12-1989	KEINE

US 2020129276	A1	30-04-2020	AU 2019371428 A1 15-04-2021
		CA 3113313 A1 07-05-2020	
		CN 113039402 A 25-06-2021	
		EP 3874219 A1 08-09-2021	
		JP 2022505616 A 14-01-2022	
		US 2020129276 A1 30-04-2020	
		WO 2020088943 A1 07-05-2020	
