

(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
29. Oktober 2015 (29.10.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/161981 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/06 (2014.01) B23K 26/36 (2014.01)
B23K 26/08 (2014.01) B23K 26/38 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/056520

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. März 2015 (26.03.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 207 789.3
25. April 2014 (25.04.2014) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: DIETRICH, Jens; Schopenhauer Straße 24a,
14612 Falkensee (DE). MÜNZER, Jan; Schivelbeiner Str.
4, 10439 Berlin (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, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:

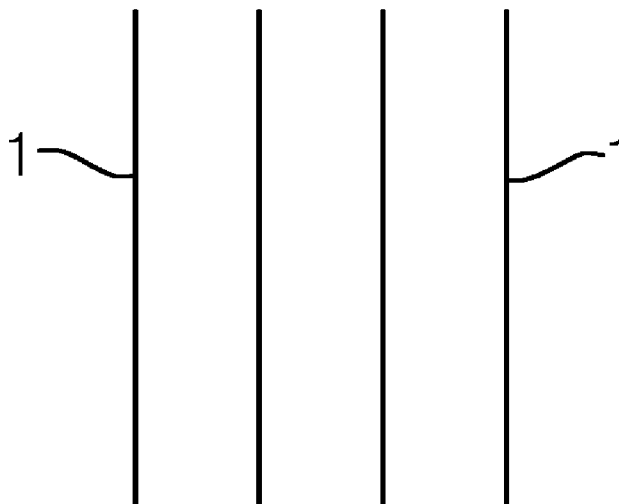
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A THERMAL BARRIER COATING ON A COMPONENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER WÄRMEDÄMMSCHICHT AN EINEM BAUTEIL

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a thermal barrier coating on a component, more particularly on a turbine component and preferably on a turbine blade, wherein the component is provided with the thermal barrier coating and structures are then created in the outer surface of the thermal barrier coating using a laser ablation process so as to segment the surface of the thermal barrier coating, the structures being created in the surface of the thermal barrier coating by an ultrashort pulse laser, more particularly a femtosecond laser.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmschicht an einem Bauteil, insbesondere an einem Turbinenbauteil und vorzugsweise an einer Turbinenschaufel, bei welchem das Bauteil mit der Wärmedämmschicht versehen wird und anschließend in die Außenoberfläche der Wärmedämmschicht durch ein Laser-Abtragverfahren Strukturen eingebracht werden, um die Oberfläche der Wärmedämmschicht zu segmentieren, wobei

die Strukturen in die Oberfläche der Wärmedämmschicht durch einen Ultrakurzpulslaser, insbesondere einen Femtosekundenlaser eingebracht werden.

WO 2015/161981 A1

Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmschicht an einem Bauteil

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmschicht an einem Bauteil, insbesondere an einem Turbinenbauteil und vorzugsweise an einer Turbinenschaufel, bei welchem das Bauteil mit der Wärmedämmschicht versehen wird und anschließend in die Außenoberfläche der
10 Wärmedämmschicht durch ein Laser-Abtragverfahren Strukturen eingebracht werden, um die Oberfläche der Wärmedämmschicht zu segmentieren.

Strömungsmaschinen, insbesondere Gasturbinenanlagen umfassen
15 eine Gasturbine, in der ein Heißgas, welches zuvor in einem Verdichter komprimiert und in einer Brennkammer erhitzt wurde, zur Arbeitsgewinnung entspannt wird. Für hohe Massenströme des Heißgases und damit hohe Leistungsbereiche sind Gasturbinen in der Axialbauweise ausgeführt, wobei die Gas-
20 turbine von mehreren in Durchströmungsrichtung hintereinander liegenden Schaufelkränzen gebildet ist. Die Schaufelkränze weisen über ihren Umfang angeordnete Laufschaufeln und Leitschaufeln auf, wobei die Laufschaufeln an einem Rotor und die Leitschaufeln an dem Gehäuse der Gasturbine festsitzen.

25 Es ist bekannt, dass der thermodynamische Wirkungsgrad von Turbinenanlagen und insbesondere Gasturbinenanlagen mit zunehmender Eintrittstemperatur des Heißgases in die Gasturbine steigt. Der Höhe der Eintrittstemperatur sind jedoch Grenzen
30 durch die thermische Belastbarkeit der Turbinenschaufeln gesetzt. Dementsprechend besteht eine Zielsetzung darin, Turbinenschaufeln zu schaffen, die auch bei hohen thermischen Belastungen eine für den Betrieb der Gasturbine ausreichende mechanische Festigkeit besitzen.

35 Solche Turbinenschaufeln bestehen aus einem Turbinenschaufelkörper, welcher aus einer Superlegierung, insbesondere einer Nickelbasis- oder Kobaltbasis-Superlegierung hergestellt ist.

Eine solche Superlegierung zeichnet sich durch hohe Festigkeit und geringe Ermüdungsneigung sowie eine hohe mechanische Belastbarkeit auch bei hohen Temperaturen, insbesondere bei Temperaturen zwischen 800°C und 1200°C aus. Die Struktur der Superlegierung kann dabei mikrokristallin, stängelkristallin in der Form eines Bündels aus parallel zueinander gerichteten Kristalliten oder einkristallin sein.

Die Superlegierung wird dabei im Hinblick auf ihre relevanten mechanischen Eigenschaften, nicht jedoch im Hinblick auf ihr Verhalten durch die Belastung mit den Heißgasen, welchen die Turbinenschaufel im Betrieb ausgesetzt ist, ausgelegt. Insofern wird der Turbinenschaufelkörper mit einem Wärmedämmschichtsystem (thermal barrier coating, TBC) versehen, welches auf der Außenoberfläche des Turbinenschaufelkörpers vorgesehen wird, um den Turbinenschaufelkörper um übermäßiger thermischer Belastung sowie Korrosion und Oxidation durch Bestandteile des umströmenden Heißgases zu schützen. Ein solches Wärmedämmschichtsystem umfasst in der Regel eine auf den Turbinenschaufelkörper aufgebrachte metallische Haftschrift und eine darauf vorgesehene keramische Wärmedämmschicht. Die Haftschrift besteht dabei aus einer gegen Korrosion und Oxidation bei hohen Temperaturen resistenten Legierung, insbesondere einer Legierung des Typs MCrAlY. Hierin steht M für ein oder mehrere Elemente Fe, Ni oder Co und Y für Yttrium und/oder eines oder mehrere Elemente der seltenen Erden. Eine solche Haftschrift hat den Vorteil, dass sie beim Ausfall der keramischen Wärmedämmschicht weiterhin einen Schutz gegen Korrosion und Oxidation gewährleistet.

Die Wärmedämmschicht besteht üblicherweise aus einem stabilisierten oder teilstabilisierten Zirkonoxid, das mittels physikalischer Gasphasenabscheidung mit Elektronenstrahl (electron beam physical vapor deposition, EB-PVD) aufgebracht wird. Alternativ kann die Wärmedämmschicht auch durch atmosphärisches Plasmaspritzen (air-plasma spraying, APS) auf den Turbinenschaufelkörper aufgebracht werden.

Zur weiteren Erhöhung der zulässigen Turbineneintrittstemperatur werden Turbinenschaufeln im Betrieb der Gasturbine gekühlt. Hierbei stellt die Filmkühlung eine sehr wirksame und zuverlässige Methode zur Kühlung von hochbeanspruchten Turbinenschaufeln dar. Dabei wird Kühlluft aus dem Verdichter abgezapft und in die mit internen Kühlfluidkanälen versehenen Turbinenschaufeln geführt. Nach einer konvektiven Kühlung des Materials von der Innenseite der Turbinenschaufeln her wird die Luft durch die Kühlfluidkanäle auf die Außenoberfläche der Turbinenschaufel geleitet. Dort bildet sie einen Film, der entlang der Außenoberfläche der Turbinenschaufel strömt und diese kühlt sowie gleichzeitig vor der heißen Strömung schützt.

Der Einsatz von Wärmedämmschichtsystemen mit einer keramischen Wärmedämmschicht ist mit dem Problem belastet, dass das Keramikmaterial spröde ist. Aufgrund der Sprödigkeit kann nie ganz ausgeschlossen werden, dass es im Rahmen des Betriebs zu Rissen in dem Wärmedämmschichtsystem und zum Abplatzen der Keramik kommt. Dabei wird unter Umständen die metallische Unterlage der Keramik freigelegt und dem Heißgasstrom ausgesetzt. Zwar gewährleistet eine eventuell vorhandene metallische Haftschrift einen gewissen Schutz gegen Oxidation und Korrosion, insbesondere dann, wenn die Haftschrift aus einer MCrAlY-Legierung oder einem Aluminid besteht. Durch den Wegfall der thermischen Isolation wird die Haftschrift allerdings einer extremen thermischen Belastung ausgesetzt, so dass mit einem alsbaldigen Versagen der Haftschrift gerechnet werden kann.

Um dieser Problematik zu begegnen ist beispielsweise aus der DE 602 08 274 T2 bekannt, eine Wärmedämmschicht mit einer Segmentierung der Oberfläche herzustellen, um die mit der Temperaturwechselbeständigkeit zusammenhängenden Eigenschaften der Wärmedämmschicht zu verbessern.

Konkret werden mittels eines YAG-Lasers Strukturen in die Außenoberfläche einer Wärmedämmschicht eingraviert, um Unter-

brechungen in der Oberfläche zu bilden, welche einer ungewünschten Rissbildung aufgrund von Spannungen in der Wärmedämmschicht entgegenwirken.

5 Ferner ist aus der US 4,377,371 A bekannt, in einer durch Plasmaspritzen aufgetragenen Keramikschicht absichtlich Risse zu erzeugen. Dabei wird mit Hilfe eines CO₂-Dauerstrichlasers die Außenoberfläche der Keramikschicht partiell aufgeschmolzen. Wenn sich die geschmolzenen Bereiche abkühlen und wieder
10 verfestigen, wird infolge der Schrumpfung während der Festigung der geschmolzenen Bereiche eine Vielzahl von gutartigen Mikrorissen der Keramikschicht gebildet.

Es hat sich gezeigt, dass durch die Einbringung von gravurartigen Strukturen in die Oberfläche einer Wärmedämmschicht deren Lebensdauer verlängert werden kann. Die Bestrebungen
15 gehen jedoch dahin, die Lebensdauer von Wärmedämmschichten weiter zu erhöhen.

20 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmschicht anzugeben, welche eine erhöhte Lebensdauer besitzt.

Diese Aufgabe ist bei einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gelöst, dass die Strukturen in die Oberfläche der Wärmedämmschicht durch einen Ultrakurzpulslaser, insbesondere einen Femtosekundenlaser eingebracht werden.
25

Erfindungsgemäß werden Ultrakurzpulslaser eingesetzt, um die gravurartigen Strukturen in die Oberfläche der Wärmedämmschicht einzubringen. Als Ultrakurzpulslaser werden Laserstrahlquellen bezeichnet, die gepulstes Laserlicht mit Pulsdauern im Bereich von Pikosekunden und Femtosekunden aussenden. Hierunter fallen Pikosekundenlaser und Femtosekundenlaser, bei denen es sich in der Regel um modengekoppelte
30 Laser handelt. Es wurden in der Forschung aber auch bereits Attosekundenlaser (1000 Attosekunden = 1 Femtosekunde) entwickelt. Diese zählen nach derzeitigem Sprachgebrauch eben-

falls zu den Ultrakurzpulslasern. Ultrakurzpulslaser arbeiten im Vergleich zu herkömmlichen CO₂- oder YAG-Lasern mit einer geringeren Pulsenergie, so dass die thermische Eindringtiefe vergleichsweise gering ist. Dabei liegen die Pulsdauern unterhalb der Relaxationszeit des Keramikmaterials der Wärmedämmschicht. Im Ergebnis wird das Keramikmaterial bei der Herstellung der gravurartigen Strukturen nicht wie beim Einsatz von CO₂- oder YAG-Lasern aufgeschmolzen, sondern es findet ein kalter, schmelzfreier Abtrag statt. Es hat sich gezeigt, dass hierdurch eine Spannungsbildung in der Oberfläche der Wärmedämmschicht vermieden oder zumindest reduziert werden kann mit der Folge, dass sich die Lebensdauer der Wärmedämmschicht erhöht.

Der Einsatz von Ultrakurzpulslasern bringt den weiteren Vorteil mit sich, dass der Abtrag pro Übertrag nur wenige Mikrometer beträgt. Gewünschte Gravurtiefen können daher mit hoher Präzision hergestellt werden. Ebenso können Strukturen in die Oberfläche der Wärmedämmschicht eingebracht werden, die wenigstens teilweise eine Tiefe von wenigstens 300 µm, insbesondere wenigstens 500 µm und vorzugsweise über 1000 µm aufweisen.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Ultrakurzpulslaser eine Optik aufweist, die einen Galvo- oder Mikros Scanner umfasst, um den erzeugten Laserstrahl in der gewünschten Richtung abzulenken. Auf diese Weise können hohe Vorschubgeschwindigkeiten im Bereich von wenigen Millimetern/Sekunde bis weiter über 1000 Millimetern/Sekunde erzeugt werden.

In Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass zur Herstellung einer Struktur/Strukturlinie vorgegebener Breite der vom Ultrakurzpulslaser erzeugte Laserstrahl mehrfach entlang einer zu erzeugenden Strukturlinie geführt wird, wobei in der Breitenrichtung der Struktur zueinander versetzte Spuren erzeugt werden. Im Gegensatz zum Stand der Technik, bei dem die Gravurgeometrie durch Aufweitung des Fokus des Laserstrahls

erzielt wird, wird bei dieser Ausführungsform ein Spurversatz für die Herstellung einer Gravur verwendet. Eine Gravur wird also durch mehrere, parallel versetzte Spuren gefertigt.

- 5 Eine weitere Möglichkeit zur Einstellung der Spurbreite und/oder der Spurgeometrie ist die Methode des Wobbelns, bei welcher der Vorschubbewegung des Laserstrahls eine quer dazu gerichtete Auslenkbewegung überlagert wird.
- 10 In an sich bekannter Weise können durch das erfindungsgemäße Verfahren kontinuierliche oder diskontinuierliche Strukturen/Strukturlinie in die Oberfläche der Wärmedämmschicht eingebracht werden. Dabei können die diskontinuierlichen Strukturen Sackloch-Mikrobohrungen umfassen, die mit definiertem
- 15 Abstand, Durchmesser und Tiefe in die Oberfläche der Wärmeschicht eingebracht werden. Ebenso können die diskontinuierlichen Strukturen V- oder U-förmige Strukturen umfassen. Durch solche diskontinuierlichen Gravuren können bei maximaler räumlicher Abdeckung Kreuzungspunkte von Gravuren und die
- 20 damit verbundene unerwünschte Erhöhung der Gravurtiefe vermieden werden. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, einander kreuzende Strukturen in die Oberfläche der Wärmedämmschicht einzubringen.
- 25 Die gravierten Spuren bzw. Gravurlinien können im Querschnitt U-förmig sein. Alternativ ist es aber auch möglich, im Querschnitt V-förmige Spuren zu erzeugen. Diese lassen sich durch den geringen Volumenabtrag, der bei einer Bearbeitung durch einen Ultrakurzpulslaser stattfindet, hochgenau und mit einer
- 30 vergleichsweise hohen Tiefe fertigen.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele von Gravur artigen Strukturen dargestellt, die sich durch das erfindungsgemäße Verfahren, d.h. durch Laserabtrag mittels Ultrakurzpulslaser

35 herstellen lassen.

Darin zeigt

Figur 1 eine Struktur zur Segmentierung der Oberfläche einer Wärmedämmschicht mit kontinuierlichen Struktur- bzw. Gravurlinien,

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel einer Struktur mit kontinuierlichen, sich schneidenden Gravurlinien,

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel einer Struktur zur Segmentierung der Oberfläche einer Wärmedämmschicht mit mehreren, diskontinuierlichen Gravurlinien,

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel einer Struktur mit Sacklochbohrungen zur Erzeugung einer Kunstporosität,

Figur 5 ein Ausführungsbeispiel einer Struktur zur Segmentierung der Oberfläche einer Wärmedämmschicht, die durch Wobbeln erzeugt wird, und

Figur 6 eine Prinzipdarstellung, in welcher die Scan-Bewegung einer Laserstrahlung zur Herstellung einer breiten Gravurlinie gezeigt ist.

In der Figur 1 ist ein Beispiel für eine Struktur dargestellt, um die Oberfläche einer Wärmedämmschicht zu segmentieren. Die Struktur besteht hier aus mehreren kontinuierlichen Struktur- bzw. Gravurlinien 1, die sich parallel zueinander und gradlinig erstrecken. Die Gravurlinien 1 können aber auch beispielsweise schlangenlinienförmig ausgebildet sein. Wesentlich ist, dass sich die Gravurlinien 1 nicht schneiden.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 2 sind neben den parallel zueinander laufenden Gravurlinien 1 des in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiels quer dazu orientierte, parallel zueinander verlaufende Gravurlinien 2 vorgesehen, wobei unter

Bildung von Kreuzungspunkten eine gitterartige Gravurlinienstruktur erzeugt wird.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 sind mehrere Z-artige
5 Gravurlinien 3 vorgesehen, die entlang der Oberfläche einer
Wärmedämmschicht verteilt angeordnet sind, ohne sich zu
schneiden. Die Z-förmigen Gravurlinien 3 sind dabei parallel
zueinander, jedoch in Längs- und Querrichtung gegeneinander
versetzt positioniert. Die Anordnung ist dabei so getroffen,
10 dass sich die Erstreckungsbereiche von benachbarten Z-förmigen
Gravurlinien 3 überlappen.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel sind in
der Oberfläche einer Wärmedämmschicht 4 Strukturen in Form
15 von Sacklochbohrungen 5 zur Erzeugung einer Kunstporosität
vorgesehen, wobei die Sacklochbohrungen eine definierte Tiefe
T und einen definierten Durchmesser D aufweisen.

Bei dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel ist dar-
20 gestellt, dass Gravurlinien zur Erzeugung einer gewünschten
Spurbreite und -geometrie durch Wobbeln erzeugt werden. Hier-
bei wird der Vorschubbewegung, die durch einen Pfeil f ange-
deutet ist, eine quer dazu gerichtete Auslenkbewegung,
welche durch einen Doppelpfeil A angedeutet ist, überlagert.
25 Die Auslenkbewegung A und ggf. auch die Vorschubbewegung f
wird dabei durch einen Galvo- oder Mikros Scanner erzeugt, wel-
cher den von einem Ultrakurzpulslaser erzeugten Laserstrahl
entsprechend ablenkt.

30 Schließlich ist in Figur 6 dargestellt, wie alternativ zum
Wobbeln eine Gravurlinie 7 mit einer großen Breite erzeugt
werden kann. Hier wird ein Laserstrahl L mehrfach entlang der
zu erzeugenden Gravurlinie verfahren, wobei in der Breiten-
richtung der Gravurlinie 7 zueinander versetzte Spuren er-
35 zeugt werden. Hierzu wird der Laserstrahl L durch einen ge-
eigneten Galvo- oder Mikros Scanner entsprechend abgelenkt, wie
durch einen Pfeil S angedeutet ist.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus
5 abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Wärmedämmschicht an
5 einem Bauteil,
insbesondere an einem Turbinenbauteil und vorzugsweise an
einer Turbinenschaufel,
bei welchem das Bauteil mit der Wärmedämmschicht versehen
wird und anschließend in die Außenoberfläche der Wärmedämm-
10 schicht durch ein Laser-Abtragverfahren Strukturen einge-
bracht werden, um die Oberfläche der Wärmedämmschicht zu
segmentieren,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Strukturen in die Oberfläche der Wärmedämmschicht durch
15 einen Ultrakurzpulslaser, insbesondere einen Femtosekunden-
laser eingebracht werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 der Ultrakurzpulslaser eine Optik aufweist, die einen
Galvo- oder Mikros Scanner umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
25 zur Herstellung der Strukturen die Methode des Wobbelns
eingesetzt wird, bei welcher der Vorschubbewegung des
Laserstrahls eine quer dazu gerichtete Bewegung überlagert
wird.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
zur Herstellung einer Struktur vorgegebener Breite der vom
Ultrakurzpulslaser erzeugte Laserstrahl mehrfach entlang
einer zu erzeugenden Strukturlinie geführt wird,
35 wobei in der Breitenrichtung der Struktur zueinander ver-
setzte Spuren erzeugt werden.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mehrere kontinuierliche Strukturen in die Oberfläche der
Wärmedämmschicht eingebracht werden.
- 5
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
diskontinuierliche Strukturen in die Oberfläche der Wärme-
dämmschicht eingebracht werden.
- 10
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
die diskontinuierlichen Strukturen Sackloch-Mikrobohrungen
umfassen, die mit definiertem Abstand, Durchmesser und
15 Tiefe in die Oberfläche der Wärmedämmschicht eingebracht
sind.
8. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 die diskontinuierlichen Strukturen V-oder U-förmige Struk-
turen umfassen.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
25 einander kreuzende Strukturen in die Oberfläche der Wärme-
dämmschicht eingebracht werden.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
30 Strukturen in die Oberfläche der Wärmedämmschicht einge-
bracht werden, die wenigstens teilweise eine Tiefe von
wenigstens 300 μm , insbesondere wenigstens 500 μm und vor-
zugsweise über 1000 μm aufweisen.

FIG 1

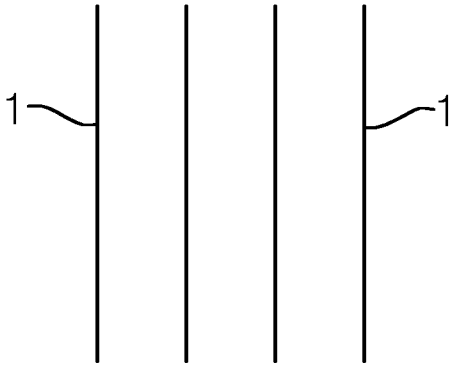


FIG 2

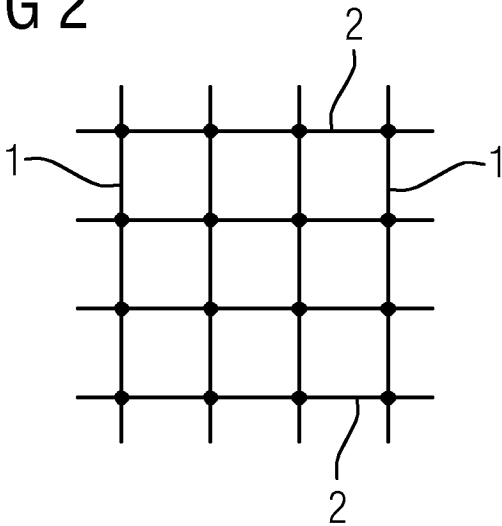


FIG 3

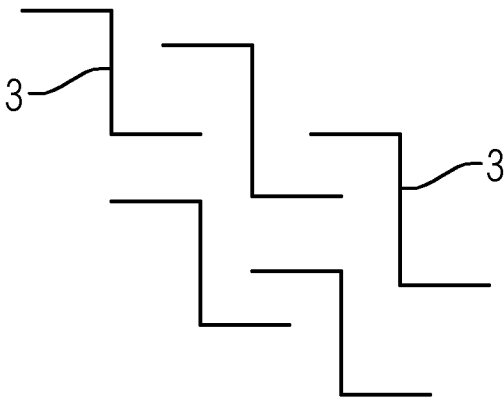


FIG 4

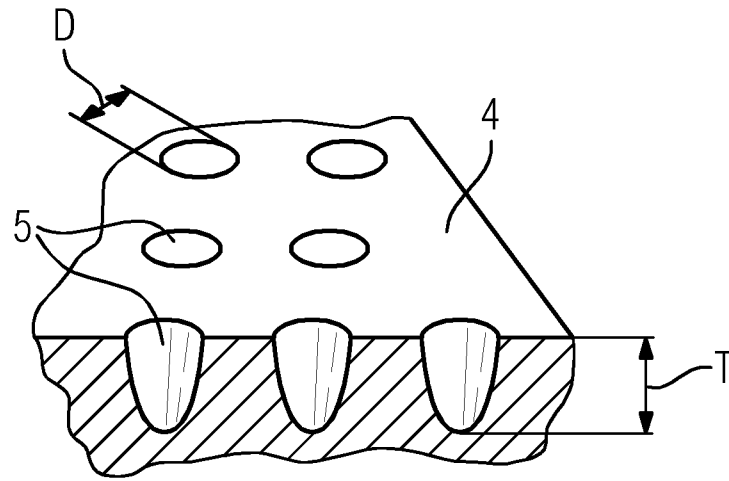


FIG 5

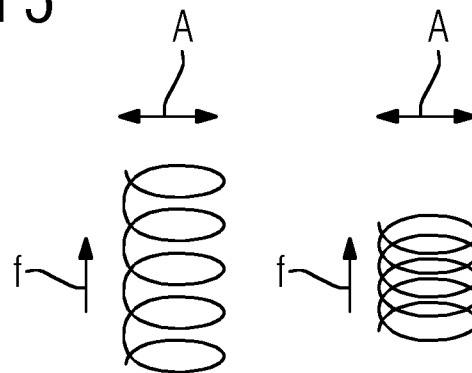
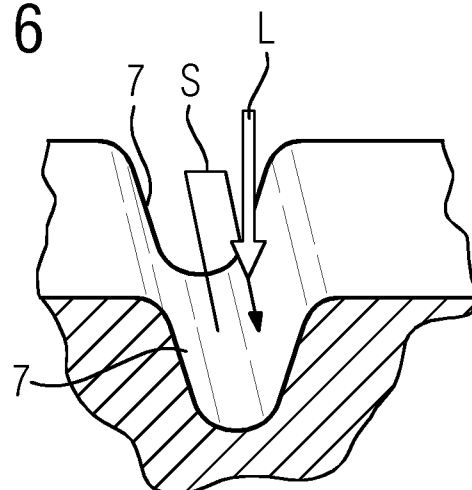


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/056520

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B23K26/06 B23K26/08 B23K26/36 B23K26/38
ADD.

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)
B23K

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 Y	US 2010/282721 A1 (BUNKER RONALD SCOTT [US] ET AL) 11 November 2010 (2010-11-11) paragraphs [0019] - [0025]; claims 1-15; figures 1-4 -----	1,2,5-8, 10 3,4,9
X	EP 1 810 774 A1 (SIEMENS AG) 25 July 2007 (2007-07-25) paragraphs [0023], [0002], [0016]; claims 1-42; figures 1-18 -----	1,6,7
X	US 2011/185572 A1 (WEI BIN [US] ET AL) 4 August 2011 (2011-08-04) paragraphs [0018] - [0022]; figures 1-6 -----	1,2,6,7
Y	US 2003/207079 A1 (SUBRAMANIAN RAMESH [US]) 6 November 2003 (2003-11-06) the whole document -----	3,4,9



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

14 September 2015

Date of mailing of the international search report

22/09/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hernanz, Sonsoles

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/056520

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 2010282721	A1	11-11-2010	CN	101879661 A		10-11-2010
			EP	2248997 A2		10-11-2010
			JP	5642417 B2		17-12-2014
			JP	2010260104 A		18-11-2010
			US	2010282721 A1		11-11-2010

EP 1810774	A1	25-07-2007	CA	2639932 A1		02-08-2007
			CN	101374629 A		25-02-2009
			EP	1810774 A1		25-07-2007
			EP	1976660 A1		08-10-2008
			EP	2589457 A1		08-05-2013
			EP	2853338 A1		01-04-2015
			JP	2009523616 A		25-06-2009
			US	2010147812 A1		17-06-2010
			WO	2007085516 A1		02-08-2007

US 2011185572	A1	04-08-2011	CH	702610 A2		29-07-2011
			CN	102189339 A		21-09-2011
			DE	102011000144 A1		04-08-2011
			JP	2011157964 A		18-08-2011
			US	2011185572 A1		04-08-2011

US 2003207079	A1	06-11-2003	DE	60208274 T2		22-06-2006
			EP	1283278 A2		12-02-2003
			US	2003207079 A1		06-11-2003
			US	2004081760 A1		29-04-2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B23K26/06 B23K26/08 B23K26/36 B23K26/38 ADD.																													
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC																													
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B23K																													
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 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie*</th> <th>Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile</th> <th>Betr. Anspruch Nr.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2010/282721 A1 (BUNKER RONALD SCOTT [US] ET AL) 11. November 2010 (2010-11-11)</td> <td>1,2,5-8, 10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Absätze [0019] - [0025]; Ansprüche 1-15; Abbildungen 1-4</td> <td>3,4,9</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>EP 1 810 774 A1 (SIEMENS AG) 25. Juli 2007 (2007-07-25)</td> <td>1,6,7</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Absätze [0023], [0002], [0016]; Ansprüche 1-42; Abbildungen 1-18</td> <td></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2011/185572 A1 (WEI BIN [US] ET AL) 4. August 2011 (2011-08-04)</td> <td>1,2,6,7</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Absätze [0018] - [0022]; Abbildungen 1-6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2003/207079 A1 (SUBRAMANIAN RAMESH [US]) 6. November 2003 (2003-11-06)</td> <td>3,4,9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>das ganze Dokument</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	X	US 2010/282721 A1 (BUNKER RONALD SCOTT [US] ET AL) 11. November 2010 (2010-11-11)	1,2,5-8, 10	Y	Absätze [0019] - [0025]; Ansprüche 1-15; Abbildungen 1-4	3,4,9	X	EP 1 810 774 A1 (SIEMENS AG) 25. Juli 2007 (2007-07-25)	1,6,7		Absätze [0023], [0002], [0016]; Ansprüche 1-42; Abbildungen 1-18		X	US 2011/185572 A1 (WEI BIN [US] ET AL) 4. August 2011 (2011-08-04)	1,2,6,7		Absätze [0018] - [0022]; Abbildungen 1-6		Y	US 2003/207079 A1 (SUBRAMANIAN RAMESH [US]) 6. November 2003 (2003-11-06)	3,4,9		das ganze Dokument	
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.																											
X	US 2010/282721 A1 (BUNKER RONALD SCOTT [US] ET AL) 11. November 2010 (2010-11-11)	1,2,5-8, 10																											
Y	Absätze [0019] - [0025]; Ansprüche 1-15; Abbildungen 1-4	3,4,9																											
X	EP 1 810 774 A1 (SIEMENS AG) 25. Juli 2007 (2007-07-25)	1,6,7																											
	Absätze [0023], [0002], [0016]; Ansprüche 1-42; Abbildungen 1-18																												
X	US 2011/185572 A1 (WEI BIN [US] ET AL) 4. August 2011 (2011-08-04)	1,2,6,7																											
	Absätze [0018] - [0022]; Abbildungen 1-6																												
Y	US 2003/207079 A1 (SUBRAMANIAN RAMESH [US]) 6. November 2003 (2003-11-06)	3,4,9																											
	das ganze Dokument																												
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie																													
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden 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) "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 "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 "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "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 "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist																													
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts																											
14. September 2015		22/09/2015																											
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 Hernanz, Sonsoles																											

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/056520

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US 2010282721	A1	11-11-2010	CN	101879661	A		10-11-2010	
			EP	2248997	A2		10-11-2010	
			JP	5642417	B2		17-12-2014	
			JP	2010260104	A		18-11-2010	
			US	2010282721	A1		11-11-2010	

EP 1810774	A1	25-07-2007	CA	2639932	A1		02-08-2007	
			CN	101374629	A		25-02-2009	
			EP	1810774	A1		25-07-2007	
			EP	1976660	A1		08-10-2008	
			EP	2589457	A1		08-05-2013	
			EP	2853338	A1		01-04-2015	
			JP	2009523616	A		25-06-2009	
			US	2010147812	A1		17-06-2010	
WO	2007085516	A1		02-08-2007				

US 2011185572	A1	04-08-2011	CH	702610	A2		29-07-2011	
			CN	102189339	A		21-09-2011	
			DE	102011000144	A1		04-08-2011	
			JP	2011157964	A		18-08-2011	
			US	2011185572	A1		04-08-2011	

US 2003207079	A1	06-11-2003	DE	60208274	T2		22-06-2006	
			EP	1283278	A2		12-02-2003	
			US	2003207079	A1		06-11-2003	
			US	2004081760	A1		29-04-2004	
