

(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  
5. Januar 2017 (05.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/001098 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/00 (2014.01) B23K 26/342 (2014.01)  
B23K 26/03 (2006.01) B23K 26/082 (2014.01)  
B23K 26/08 (2006.01) B23K 103/12 (2006.01)  
B23K 26/14 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/060598

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Mai 2016 (11.05.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 212 284.0 1. Juli 2015 (01.07.2015) DE

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

(72) Erfinder: LUPP, Friedrich; Waldpromenade 20b, 82131  
Gauting (DE).

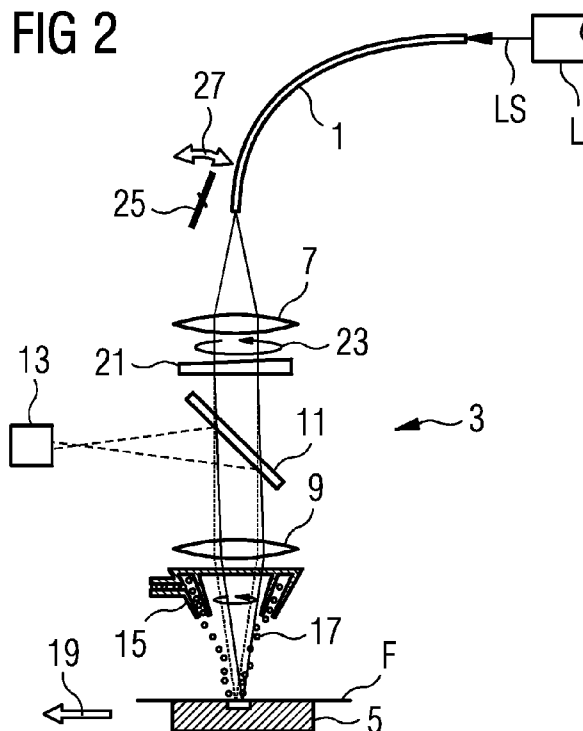
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR POWDER-BASED LASER BUILD-UP WELDING

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM PULVERBASIIERTEN LASER-AUFTRAGSSCHWEISSEN



(57) Abstract: The invention relates to an apparatus and a method for powder-based laser build-up welding of a workpiece comprising in particular a highly reflective material, in particular copper, with a laser source for the emission of a laser beam; a powder nozzle (15) for the focused delivery of a powdered material (17) to a location to be built up on the workpiece (5); an optical device (3) for focusing the laser beam into a focal plane (F) on the workpiece (5), onto the location to be built up, wherein the material is melted at the location to be built up by means of the laser beam focused onto the location to be built up; a first relative movement device, for providing a first relative movement (19) of the optical device (3) together with the powder nozzle (15) on the one hand and the workpiece (5) on the other hand with respect to one another; characterized by a second relative movement device, for providing a second relative movement of the laser beam and of the workpiece (5) with respect to one another.

(57) Zusammenfassung:  
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/001098 A1



---

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)

---

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen eines, insbesondere ein hochreflektierendes Material, insbesondere Kupfer, aufweisenden Werkstückes, mit einer Laserquelle zur Emission eines Laserstrahls; einer Pulverdüse (15) zur fokussierten Beförderung eines pulverförmigen Materials (17) an eine aufzubauende Stelle auf dem Werkstück (5); einer optischen Einrichtung (3) zur Fokussierung des Laserstrahls in eine Fokusebene (F) an dem Werkstück (5) auf die aufzubauende Stelle, wobei das Material mittels des auf die aufzubauende Stelle fokussierten Laserstrahls an der aufzubauenden Stelle aufgeschmolzen wird; einer ersten Relativbewegungseinrichtung zur Bereitstellung einer ersten Relativbewegung (19) der optischen Einrichtung (3) zusammen mit der Pulverdüse (15) einerseits und des Werkstückes (5) andererseits zueinander; gekennzeichnet durch eine zweite Relativbewegungseinrichtung zur Bereitstellung einer zweiten Relativbewegung des Laserstrahls und des Werkstückes (5) zueinander.

Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zum pulverbasierten Laser-  
Auftragsschweißen

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs und ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Nebenanspruchs.

10

Das pulverbasierte Laser-Auftragsschweißen ist eine Variante des selektiven Laserschmelzens, das im englischen "Selective Laser Melting" genannt und mit SLM abgekürzt wird. Im Unterschied zum SLM wird beim pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen nicht Material in einem Pulverbett aufgeschmolzen, sondern Pulver, welches mit einer lateralen oder koaxialen Pulverdüse fokussiert auf die aufzubauende Stelle geblasen und dort geschmolzen wird. Analog zum SLM-Prozess kann ein metallisches Bauteil direkt aus 3D-CAD-Daten hergestellt werden, wobei das Bauteil Lage für Lage aufgebaut werden kann.

20

Ein pulverbasiertes Laser-Auftragsschweißen von hoch reflektierenden Materialien, insbesondere von reinem Kupfer, ist ein relativ neues Forschungsfeld, da dabei auftauchende Aufgabenstellungen weitestgehend unbekannt sind. Das Entwickeln möglicher Lösungsstrategien auf Aufgabenstellungen dieser neuen Anwendung ist hier wesentlicher Bestandteil der vorliegenden Anmeldung.

25

30

Selektives Laserschmelzen (SLM) aus einem Pulverbett ist beschränkt in seinen Anwendungsmöglichkeiten. Hingegen erlaubt das pulverbasierte Laser-Auftragsschweißen ebenso die Reparatur und die Herstellung großer komplexer Strukturen, ebenso in Verbindung mit mechanisch gefertigten Vorprodukten.

35

Pulverbasiertes Laser-Auftragsschweißen zur direkten Herstellung von dreidimensionalen 3D-Werkstücken ist von der Aufgabenstellung her artverwandt zum Schweißen von Bauteilen.

Es ergibt sich eine erste Aufgabenstellung der vorliegenden Erfindung bei einem pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen von hoch reflektierenden Materialien, insbesondere von reinem Kupfer.

5

Reines und hochreines Kupfer haben eine hohe Reflektivität in dem Wellenlängenbereich, bei dem herkömmliche Hochleistungslaser zum Schweißen arbeiten, typischerweise im sogenannten NIR-Bereich (NIR steht für das englische "Near Infra Red"), wobei dieser NIR-Bereich Wellenlängen von 1030 nm bis 1064 nm aufweist. Bei einem Übergang von der festen Phase in die Schmelzphase ergibt sich eine starke Änderung der Reflektivität, d.h. diese nimmt sprunghaft ab. Beim Schweißen von reinem und hochreinem Kupfer ist es daher problematisch, eine gezielte Energiemenge in ein Werkstück einzubringen. Anfänglich wird eine hohe Laserleistung benötigt, um die Oberfläche anzuschmelzen. Wird die Oberfläche aufgeschmolzen, reduziert sich die Reflektivität und eine Absorption nimmt schlagartig zu, wobei ein signifikanter Teil einer Laserstrahlleistung in das Werkstück eingekoppelt wird. Dabei ist eine Absorption in % = 100 % - der dazugehörigen Reflektivität in %.

Vom Schweißen von Kupferwerkstoffen mit herkömmlichem NIR-Laser sind folgende zwei Anforderungen an die Prozessparameter bekannt, um eine Schweißnaht mit ausreichender Qualität zu erzielen. Die erste Anforderung umfasst eine ausreichend hohe Intensität auf der Werkstückoberfläche, um eine sichere Einkopplung des Laserstrahls zu erzielen. Die zweite Anforderung ist, dass eine Mindestverfahrensgeschwindigkeit des Laserstrahls gegeben sein muss, um Schweißfehler zu vermeiden. Diese Mindestverfahrensgeschwindigkeit ist abhängig von der verwendeten Laserstrahlleistung.

Bei einem pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen von Materialien, insbesondere hochreflektierenden Materialien, wie es insbesondere reines oder hochreines Kupfer ist, wird im Gegensatz zu dem selektiven Laserschmelz-Verfahren aus dem Pulverbett bei dem pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen ein

35

Bearbeitungskopf inklusiv einer Pulverdüse und das Werkstück zueinander relativ bewegt. Eine Verwendung eines herkömmlichen Laserscanners ist nicht möglich.

5 Die Verfahrensgeschwindigkeit zwischen Bearbeitungskopf und Werkstück ist deshalb aus folgenden zwei Gründen limitiert. Gemäß dem ersten Grund darf der Zustrom des Pulvers aus der Pulverdüse und dessen Auftreffpunkt auf der Werkstückoberfläche nicht infolge eines sogenannten "Fahrtwindes" gestört  
10 werden. Dies ist ebenso gegeben, falls das Werkstück anstelle des Bearbeitungskopfes mit einer zu hohen Geschwindigkeit bewegt wird. Der zweite Grund ist, dass hohe Geschwindigkeiten bei gleichzeitig nicht vernachlässigbarer Masse zu ungenaueren Bahnkonturen führen, d.h., dass die Genauigkeit beim Aufbau  
15 des Werkstückes reduziert wird.

Diese Limitierung in der Verfahrensgeschwindigkeit führt zu zwei Aufgaben gemäß der vorliegenden Erfindung. Erstens muss berücksichtigt werden, dass infolge der Mindestintensität, die  
20 man zum sicheren Einkoppeln des Laserstrahls benötigt, bei niedrigeren Verfahrensgeschwindigkeiten größere Einschweißiefen erzeugt werden als gewünscht. Für eine große Genauigkeit beim Aufbau des Werkstückes sollten die einzelnen Lagen in einer definierten, nicht zu großen Dicke aufgebracht werden und die  
25 darunter liegende Lage lediglich zum Teil wieder angeschmolzen werden. Insbesondere bei Verwendung von Werkstückträgern aus anderen Materialien will man zu große Durchmischungen vermeiden. Des Weiteren will man durch geringe Lagenhöhen dem Aufbau von Spannungen in dem Werkstück entgegenwirken, da an-  
30 sonsten eine Gefahr des Abplatzens zumindest eines Teils des Laserauftrages besteht. Gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Aufgabenstellung kommt es bei zu geringer Verfahrensgeschwindigkeit zu einem sehr unregelmäßigen Auftrag mit Spritzerbildung, da der Prozess nicht mehr gleichmäßig abläuft.

35

Gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Aufgabe soll bei einem pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen ein sogenannter Pulverwirksamungsgrad groß sein. Dabei soll bei einem pulverbasier-

tem Laser-Auftragsschweißen der Pulverwirkungsgrad unabhängig von der aufzubringenden Materialsorte groß sein. Das für das Verfahren des pulverbasierten Laser-Auftragsschweißens verwendete Pulver ist im Allgemeinen sehr kostenintensiv. Mittels der Pulverdüse lässt sich das Pulver nicht so fein fokussiert auf die Werkstückoberfläche bringen, wie es der Fokus des Laserstrahles ist. Der Pulverstrom geht einher mit einem Luftstrom, d.h., Pulver, das nicht beim Auftreffen auf der Werkstückoberfläche mittels des Laserstrahls aufgeschmolzen wird, wird in der Regel vom Luftstrom zur Seite geblasen und ist damit für den Prozess nicht mehr nutzbar.

Es ist erkannt worden, dass eine Defokussierung des Laserstrahls zwar zu dessen Vergrößerung führt, aber diese Anpassung an den Fokusedurchmesser des Pulverstroms ist nicht zielführend. Für einen gleichmäßigen Auftragsprozess sollte innerhalb des Laserstrahlfokus die Intensität möglichst gleichmäßig sein, wie es bei einem sogenannten Top-Hat-Profil der Fall ist. Dies wird typischerweise mittels Abbildung eines Faserendes eines Lichtleitkabels mittels einer Optik bewirkt. Dabei ist eine Schärfenebene gleich dem Fokus auf dem Werkstück. Eine Defokussierung bewirkt eine ungleichmäßige Intensität.

Additive Fertigungsverfahren mit Hilfe eines pulverbasierten Laser-Auftragsschweißens sind relativ neu. Herkömmlicherweise werden derartige Werkstücke insbesondere aus Kupfer mittels klassischer mechanischer Verfahren unter Verwendung von Blech oder anderen Halbformen hergestellt.

Das selektive Laserschmelzen (SLM) von Kupfer aus dem Pulverbett ist seit kurzem bekannt. Herkömmlicherweise wurde lediglich ein Einsatz von stärkeren Lasern im NIR-Wellenlängenbereich diskutiert. Hierzu sei angemerkt, dass ein selektives Laserschmelzen (SLM), das ebenso als selektives Laserschmelzen bezeichnet werden kann, unter Verwendung von Laserscannern arbeiten kann, wobei dadurch große Verfahrensgeschwindigkeiten realisiert werden können und dabei eine Konturtreue

gegeben ist. Für ein pulverbasiertes Laser-Auftragsschweißen kann insbesondere aufgrund eines hohen Energieeintrages, ein herkömmlicher Laserscanner nicht verwendet werden.

5 Es ist Aufgabe der Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen von hoch reflektierenden Materialien, insbesondere von Kupfer oder Kupferlegierungen, bereitzustellen. Dies betrifft insbesondere reines Kupfer. Es soll ein pulverbasiertes Auftragsschweißen  
10 mit einem großen Pulverwirkungsgrad ausführbar sein.

Gemäß einem ersten Aspekt wird eine Vorrichtung zum pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen eines, insbesondere ein hochreflektives Material, insbesondere Kupfer, aufweisenden Werkstückes vorgeschlagen, wobei die Vorrichtung eine Laserquelle  
15 zur Emission eines Laserstrahls; eine Pulverdüse zur fokussierten Beförderung eines pulverförmigen Materials an eine aufzubauende Stelle auf dem Werkstück; eine optische Einrichtung zur Fokussierung des Laserstrahls in eine Fokusebene an  
20 dem Werkstück auf die aufzubauende Stelle, wobei das Material mittels des auf die aufzubauende Stelle fokussierten Laserstrahls an der aufzubauenden Stelle aufgeschmolzen wird; eine erste Relativbewegungseinrichtung zur Bereitstellung einer  
ersten Relativbewegung der Pulverdüse und des Werkstückes  
25 aufweist, und dadurch gekennzeichnet ist, dass eine zweite Relativbewegungseinrichtung zur Bereitstellung einer zweiten Relativbewegung des Laserstrahls und des Werkstückes geschaffen ist.

30 Gemäß einem zweiten Aspekt wird ein Verfahren zum pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen eines, insbesondere ein hochreflektives Material, insbesondere Kupfer, aufweisenden Werkstückes vorgeschlagen, mit den Schritten Emittieren eines Laserstrahls mittels einer Laserquelle; mittels einer Pulverdüse  
35 ausgeführtes fokussiertes Befördern eines pulverförmigen Materials an eine aufzubauende Stelle auf dem Werkstück; mittels einer optischen Einrichtung ausgeführtes Fokussieren des Laserstrahls in eine Fokusebene an dem Werkstück auf die auf-

zubauende Stelle, wobei das Material mittels des auf die auf-  
zubauende Stelle fokussierten Laserstrahls an der aufzubauen-  
den Stelle aufgeschmolzen wird; mittels einer ersten Relativ-  
bewegungseinrichtung ausgeführtes erstes Relativbewegen der  
5 Pulverdüse und des Werkstückes zueinander; gekennzeichnet  
durch mittels einer zweiten Relativbewegungseinrichtung aus-  
geführtes zweites Relativbewegen des Laserstrahls und des  
Werkstückes zueinander.

10 Es ist erkannt worden, dass mittels der zweiten Relativbewe-  
gungseinrichtung eine Intensität und eine Effektivgeschwin-  
digkeit des Laserstrahls innerhalb vorteilhafter Bereiche be-  
reitetgestellt werden können. Die Intensität des Laserstrahls  
und die Effektivgeschwindigkeit des Laserstrahls können vor-  
15 teilhaft derart eingestellt werden, dass diese Parameter an  
die in dem Kapitel Gebiet der vorliegenden Erfindung genann-  
ten Aufgabenstellungen angepasst werden. Die bereitgestellte  
Intensität des Laserstrahls ist insbesondere an ein Schmelzen  
hochreflektierender Materialien angepasst. Die bereitgestell-  
20 te Effektivgeschwindigkeit vermeidet Schweißfehler und stö-  
renden Fahrtwind. Die geschaffene Effektivgeschwindigkeit des  
Laserstrahls ermöglicht vorteilhaft genaue Bahnkonturen. Die  
geschaffene Intensität des Laserstrahls ermöglicht eine si-  
chere Einkopplung des Laserstrahls, stellt die benötigte Min-  
25 destintensität bereit und vermeidet zu große Einschweißtie-  
fen. Die bereitgestellte Effektivgeschwindigkeit des Laser-  
strahls bewirkt einen regelmäßigen Auftrag und vermeidet  
Spritzerbildung.

30 Die mittels der zweiten Relativbewegungseinrichtung geschaf-  
fene zweite Relativbewegung vergrößert die Effektivgeschwin-  
digkeit des Laserstrahls wirksam, da diese der Hauptbewegung  
des Bearbeitungskopfes überlagert wird. Ein Bearbeitungskopf  
weist die Pulverdüse und die optische Einrichtung zur Fokus-  
35 sierung des Laserstrahls auf. Mittels der zusätzlichen zwei-  
ten Relativbewegungseinrichtung lassen sich sowohl gezielt  
kleinere Einwirktiefen, als ebenso ein stabileres pulverba-  
siertes Laser-Auftragsschweißen. Einwirktiefen können ebenso

als Einschmelztiefen bezeichnet werden. Der Prozess des Einschmelzens wird stabiler.

Mittels der zusätzlichen zweiten Relativbewegung wird die  
5 Einwirkfläche des Laserstrahls auf der Werkstückoberfläche  
größer, ohne dass die Laserintensität abnimmt. Gleichzeitig  
wird das für den Auftragsprozess günstigere Top-Hat-Profil  
des Laserstrahls beibehalten. Mittels der zweiten Relativbe-  
wegung wird das vorteilhafte Profil des Laserstrahls nicht in  
10 Richtung zu einem Gauß'schen-Strahl-Profil nachteilig verän-  
dert, wie es bei einem Defokussieren des Laserstrahls der  
Fall wäre.

Infolge mittels der zweiten Relativbewegung vergrößerten Ein-  
15 wirkfläche des Laserstrahls auf der Werkstückoberfläche wird  
ein größerer Anteil von dem auf der Werkstückoberfläche lie-  
genden Pulver erfasst und aufgeschmolzen und der Pulverwir-  
kungsgrad vergrößert.

20 Gemäß einem dritten Aspekt wird alternativ oder kumulativ zur  
zweiten Relativbewegungseinrichtung die Verwendung einer La-  
serquelle im grünen oder blauen Laserlichtbereich, insbeson-  
dere mit einer Emissionswellenlänge im Bereich von 400 nm bis  
540 nm, mit einer Strahlungsleistung, insbesondere ab 400 W,  
25 vorgeschlagen.

Mittels einer deutlich verbesserten Absorptionsfähigkeit,  
insbesondere von einem hochreflektierenden Material, insbe-  
sondere von Kupfer, und zwar reinem oder hochreinem Kupfer,  
30 bei Wellenlängen im grünen oder blauen Bereich mit den hier  
vorgeschlagenen Wellenlängen kann eine bereitgestellte Laser-  
leistung gezielter in das Pulver und das Werkstück einge-  
bracht werden. Es kann eine geringere Reflektivität eines  
Werkstückmaterials, das insbesondere ein hochreflektierendes  
35 Material, insbesondere Kupfer, sein kann, vorteilhaft genutzt  
werden. Der vorgeschlagene Wellenlängenbereich ist insbeson-  
dere für Kupfermaterialien vorgeschlagen. Eine Absorption in  
 $\% = 100 \% - \text{der Reflektivität in } \%$ .

Mittels ... kann eine ausreichend hohe Intensität auf der Werkstückoberfläche bereitgestellt werden, so dass eine sichere Einkopplung des Laserstrahls geschaffen ist. Es kann eine zum  
5 sicheren Einkoppeln des Laserstrahls benötigte Mindestintensität bereitgestellt werden. Bei niedrigeren Verfahrensgeschwindigkeiten sind die erzeugten Einschweißiefen noch nicht zu groß.

10 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen werden in Verbindung mit den Unteransprüchen beansprucht.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung kann die zweite Relativbewegungseinrichtung einen im Strahlengang des Laserstrahls angeordneten rotierenden optischen Keil, insbesondere  
15 einen Glaskeil, aufweisen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die zweite Relativbewegungseinrichtung im Strahlengang des Laserstrahls einen in einer Umlenkeinheit vibrierenden Spiegel  
20 aufweisen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die zweite Relativbewegungseinrichtung die zweite Relativbewegung des Laserstrahls rotierend um eine horizontale Richtung der  
25 ersten Relativbewegung erzeugen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die zweite Relativbewegungseinrichtung die zweite Relativbewegung des Laserstrahls senkrecht zu einer horizontalen Richtung der  
30 ersten Relativbewegung erzeugen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann mittels einer Einstelleinrichtung die zweite Relativbewegung des Laserstrahls variabel in einem Rotationsdurchmesser oder in einer  
35 Auslenkung einstellbar sein.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die zweite Relativbewegungseinrichtung die zweite Relativbewegung des Laserstrahls innerhalb des pulverförmigen Materials an der aufzubauenden Stelle auf dem Werkstück erzeugen.

5

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

10 Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer herkömmlichen Vorrichtung;

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

15 Figur 3a und 3b zwei Darstellungen von Ausführungsbeispielen überlagerter Laserstrahlbewegungen;

Figur 4 eine Darstellung einer Laserstrahlenabsorptionskurve in Abhängigkeit von der Laserstrahlwellenlänge;

20

Figur 5 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer herkömmlichen  
25 Vorrichtung zum pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen. Die Vorrichtung weist eine Laserquelle L zur Emission eines Laserstrahls LS auf. Dabei erfolgt eine Einkopplung des emittierten Laserstrahls mittels eines Lichtleitkabels 1 in eine optische Einrichtung 3 zur Fokussierung des Laserstrahls in  
30 eine Fokusebene F an einem Werkstück 5 auf eine auf dem Werkstück 5 aufzubauende Stelle. Die optische Einrichtung 3 kann beispielsweise eine Kollimationsoptik 7 und eine Bearbeitungsoptik 9 im Strahlengang des Laserstrahls aufweisen. Zusätzlich kann in den Strahlengang des Laserstrahls ein  
35 Strahlteiler 11 angeordnet sein, mittels dem ein Bild von der aufzubauenden Stelle in eine Kameraeinrichtung 13 ausgekoppelt werden kann. Zusätzlich weist die pulverbasierte Laser-Auftragsschweiß-Vorrichtung eine Pulverdüse 15 zur fokussier-

ten Beförderung eines pulverförmigen Materials 17 an die aufzubauende Stelle auf dem Werkstück 5 auf. Das Material wird mittels des auf die aufzubauende Stelle fokussierten Laserstrahls an der aufzubauenden Stelle aufgeschmolzen, und zwar auf das Werkstück 5 aufgeschmolzen. Eine nicht näher dargestellte erste Relativbewegungseinrichtung stellt eine erste Relativbewegung 19 des Werkstückes 5 dar. Beispielsweise kann das Werkstück 5 mittels eines nicht dargestellten beweglichen Tisches in Richtung der ersten Relativbewegung 19 bewegt werden.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen. Hierbei weist eine Vorrichtung gemäß Figur 2 dieselben Elemente wie eine Vorrichtung gemäß Figur 1 auf. Zusätzlich ist in der Vorrichtung gemäß Figur 2 eine zweite Relativbewegungseinrichtung zur Bereitstellung einer zweiten Relativbewegung des Laserstrahls und des Werkstückes 5 zueinander integriert. Diese zweite Relativbewegungseinrichtung ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel als ein im Strahlengang des Laserstrahls rotierender Glaskeil 21 ausgeführt. Infolge einer Rotation dieses als Keilplatte ausgeführten optischen Keils bzw. Glaskeils 21 wird eine rotierende Bewegung des Laserstrahls erzeugt, die als ein Umlaufpfeil 23 dargestellt ist. Alternativ oder kumulativ kann die zweite Relativbewegungseinrichtung ein im Strahlengang des Laserstrahls in eine Umlenkeinheit angeordneter vibrierender Spiegel 25 sein. Dies sind lediglich mögliche Ausführungsbeispiele von vielen zur Erzeugung einer zusätzlichen Relativbewegung. Gemäß Figur 2 wird eine rotierende Keilplatte oder Glaskeil 21 innerhalb des Strahlengangs verwendet. Dabei können Rotationsgeschwindigkeiten von größer einer Umdrehung pro Sekunde angewendet werden. Ein vibrierender Spiegel 25 kann alternativ eine mit einem Vibrationspfeil 27 veranschaulichte Hin- und Her-Bewegung des Laserstrahls erzeugen. Grundsätzlich könnte zusätzlich die Laserquelle und/oder das Lichtleitkabel 1 zusätzlich bewegt werden. Die zusätzliche zweite Relativbewegung kann alternativ oder kumulativ ebenso mittels der Kollimationsop-

tik 5 und/oder der Bearbeitungsoptik 7 eingeprägt werden. Auch kann die Pulverdüse 15 derart ausgestaltet sein, dass sie dem Laserstrahl die zweite Relativbewegung einprägt. Grundsätzlich kann die zweite Relativbewegung ebenso an dem  
5 Werkstück 5 beispielsweise durch Bewegung eines Auflage-  
sches ausgeführt werden. Kumulativ kann die in Figur 2 nicht  
dargestellte Laserquelle am Einkopplungsende des Lichtleiter-  
kabels 1 ein grüner oder blauer Laser, insbesondere mit einer  
Emissionswellenlänge im Bereich von 400 nm bis 540 nm, mit  
10 einer Strahlungsleistung insbesondere  $> 400$  W sein.

In Ergänzung zu vorstehendem kann ebenso der Strahlteiler zur Erzeugung der zweiten Relativbewegung verwendet werden. In diesem Falle wäre dieser Strahlteiler eine Ausgestaltung ei-  
15 nes vibrierenden Spiegels. Rotierende Elemente im Strahlen-  
gang des Laserstrahls können die zweite Relativbewegung ro-  
tierend um eine horizontale Richtung 19 der ersten Relativbe-  
wegung herum erzeugt werden. Ein vibrierender Spiegel kann  
den Laserstrahl senkrecht zu der horizontalen Richtung der  
20 ersten Relativbewegung 19 erzeugen. Mittels entsprechender  
mechanischer Einrichtung bzw. mittels entsprechender opti-  
scher Einrichtungen als Bestandteil einer Einstelleinrichtung  
können Rotationsdurchmesser oder Auslenkungen bzw. Auslen-  
kungsweiten der zweiten Relativbewegung eingestellt werden.  
25 Zur Vermeidung von Energieverlusten sollte die zweite Rela-  
tivbewegung den Laserstrahl innerhalb des pulverförmigen Ma-  
terials an der aufzubauenden Stelle auf dem Werkstück erzeu-  
gen.

30 Figuren 3a und 3b zeigen Darstellungen von Ausführungsbei-  
spielen von mittels erfindungsgemäßen Vorrichtungen bei-  
spielsweise gemäß Fig. 2 erzeugten überlagerten Laserstrahl-  
bewegungen innerhalb eines jeweiligen Laserstrahlbereiches  
LSa, der sich innerhalb eines jeweiligen Pulverdepositionsbe-  
35 reiches 15a erstreckt. Mittels einer Verwendung von Elemen-  
ten, insbesondere optischen Elementen bzw. eines optischen  
Elementes, wird innerhalb eines - insbesondere zum Werkstück  
5 relativ kleinen - Bereichs auf dem Werkstück 5 eine zusätz-

liche zweite Relativbewegung 20 - hier des Laserstrahls LS zum Werkstück 5 - ausführt, die sich mit der ersten Relativbewegung 19 als mit Pfeilen 19 dargestellte Hauptbewegung überlagert, die hier mittels eines die Pulverdüse 15 aufweisenden Bearbeitungskopfes ausgeführt wird, alternativ mittels mit gestrichelten Pfeilen 19 dargestelltem Bewegen des Werkstückes 5 ausgeführt werden kann. Ein Bearbeitungskopf weist dabei die optische Einrichtung 3 zur Fokussierung des Laserstrahls in eine Fokusebene F und eine Pulverdüse 15 zur fokussierten Beförderung eines pulverförmigen Materials 17 an die aufzubauende Stelle auf dem Werkstück 5 auf. Eine derartige zweite Relativbewegung 20 lässt sich auf die verschiedenste Art und Weise realisieren, beispielsweise mittels eines rotierenden Glaskeils 21 oder mittels eines vibrierenden Spiegels 25 beispielsweise in einer Umlenkeinheit. Alternativ sind viele weitere Ausführungsformen möglich. Beispielsweise kann ein das Werkstück 5 tragender Auflagetisch entsprechend zusätzlich relativ bewegt werden.

Figur 3a zeigt, wie eine mit einem Umlaufpfeil 23 dargestellte rotierende Laserstrahlbewegung 20 einer mit einem Pfeil 19 dargestellten translatorischen ersten Relativbewegung 19 als Hauptbewegung eines einen sich bewegenden Pulverdepositionsbereich 15a mit einen darin enthaltenen Laserstrahlbereich LSa erzeugenden Bearbeitungskopfes überlagert wird. Figur 3a zeigt hier die überlagerte Laserstrahlbewegung als vom Laserstrahl LS bearbeiteten Bereich 29 des Werkstückes 5 in Form einer Spirallinie. Mittels einer Einstelleinrichtung kann der Durchmesser der zusätzlichen mittels des Umlaufpfeiles 23 dargestellten Rotationsbewegung als Beispiel einer zweiten Relativbewegung 20 eingestellt werden.

Figur 3b zeigt eine mit einem Vibrationspfeil 27 dargestellte auslenkende oder pendelnde Bewegung als ein Ausführungsbeispiel einer zweiten Relativbewegung 20. Hierzu wird der Laserstrahl LS in einer Fokusebene F beispielsweise senkrecht zur ersten Relativbewegungsrichtung 19 als Hauptbewegungsrichtung eines Bearbeitungskopfes bewegt. Figur 3b zeigt hier

die überlagerte Laserstrahlbewegung als vom Laserstrahl LS bearbeiteten Bereich 29 des Werkstückes 5 in Form einer Wellenlinie. Mittels einer Einstelleinrichtung kann die Größe der Auslenkung insbesondere variabel eingestellt werden. Beispielsweise kann ein in einer Umlenkeinheit angeordneter vibrierender Spiegel 25 eine derartige Auslenkung erzeugen.

Diese zusätzlichen zweiten Relativbewegungen 20 sollten vorteilhaft innerhalb des Pulverdepositionsbereiches 15a auf der Oberfläche des Werkstückes 5 stattfinden, auf dem das pulverförmige Material 17 mittels der Pulverdüse 15 hin geblasen wird. Entsprechend können Verluste vermieden werden. Die Ellipsen in Figuren 3a und 3b zeigen die Bereiche einer Deposition des pulverförmigen Materials 17 und eines Lasereintrages vor einem Aufschmelzen auf das Werkstück 5.

Figur 4 zeigt eine Darstellung einer Abhängigkeit einer Laserstrahlabsorption  $\alpha$  in Kupfer in Abhängigkeit von der Wellenlänge  $\lambda$  eines Laserstrahls LS einer Laserquelle L. Besonders vorteilhaft für eine Vorrichtung zum pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen eines hochreflektierenden Materials, insbesondere von Kupfer, insbesondere in der Ausgestaltung als reines oder hochreines Kupfer, ist eine Verwendung einer Laserwellenlänge  $\lambda$ , die im grünen oder blauen Bereich liegt, d.h. zwischen 400 nm und 540 nm. Die Wellenlängen  $\lambda$  herkömmlicher Laser zum Schweißen, wie es beispielsweise Faserlaser oder Scheibenlaser sind, liegen im NIR-Bereich, d.h. beispielsweise bei ca. 1030 nm. Laser im grünen Wellenlängenbereich mit ausreichender Leistung sind neu auf dem Markt und für die industrielle Verwendung noch nicht genügend getestet. Von der Firma IPG Photonics wird jedoch beispielsweise ein 500 W-Laser bei einer Wellenlänge  $\lambda$  von 532 nm angeboten. Figur 4 zeigt, dass bis zu einer Wellenlänge  $\lambda$  von 532 bzw. 580 nm eine wirksame Laserstrahlabsorption im Kupfer ergibt, die bei größeren Wellenlängen  $\lambda$  klein wird. Dies ist beispielsweise bei einem NIR-Laser bei 1030 nm der Fall. Entsprechend zeigt Figur 4 vorteilhafte Laserstrahlabsorptionseigenschaften

ten im Kupfer für Wellenlängen  $\lambda$  insbesondere  $< 532$  nm, insbesondere  $< 600$  nm.

Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen  
5 Verfahrens. Mit einem ersten Schritt S1 erfolgt mittels einer  
Pulverdüse ein fokussiertes Befördern eines pulverförmigen  
Materials an eine aufzubauende Stelle auf einem Werkstück.  
Mit einer optischen Einrichtung erfolgt in einem zweiten  
10 Schritt S2 ein Fokussieren eines Laserstrahls in eine Fokus-  
ebene an dem Werkstück auf die aufzubauende Stelle, wobei das  
Material mittels des auf die aufzubauende Stelle fokussierten  
Laserstrahls an der aufzubauenden Stelle auf das Werkstück  
aufgeschmolzen wird. Mittels eines dritten Schrittes S3 er-  
15 folgt ein erstes Relativbewegen der optischen Einrichtung zu-  
sammen mit der Pulverdüse einerseits und des Werkstückes an-  
dererseits zueinander, so dass ein Bauteil Lage für Lage auf-  
gebaut werden kann. Dem Aufbau des metallischen Bauteils kön-  
nen dreidimensionale 3D-Computer unterstützte Design (CAD) -  
Daten zugrundeliegen. Mittels eines vierten Schrittes S4 wird  
20 dem ersten Relativbewegen ein zweites Relativbewegung des La-  
serstrahls und des Werkstückes zueinander überlagert.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen eines, insbesondere ein hochreflektierendes Material, insbesondere Kupfer aufweisenden, Werkstückes, mit

5 -einer Laserquelle zur Emission eines Laserstrahls;  
-einer Pulverdüse (15) zur fokussierten Beförderung eines pulverförmigen Materials (17) an eine aufzubauende Stelle auf dem Werkstück (5);

10 -einer optischen Einrichtung (3) zur Fokussierung des Laserstrahls in eine Fokusebene F an dem Werkstück (5) auf die aufzubauende Stelle, wobei das Material mittels des auf die aufzubauende Stelle fokussierten Laserstrahls an der aufzubauenden Stelle aufgeschmolzen wird;

15 -einer ersten Relativbewegungseinrichtung zur Bereitstellung einer ersten Relativbewegung (19) der optischen Einrichtung (3) zusammen mit der Pulverdüse (15) einerseits und des Werkstückes (5) andererseits zueinander;

gekennzeichnet durch

20 eine zweite Relativbewegungseinrichtung zur Bereitstellung einer zweiten Relativbewegung (20) des Laserstrahls und des Werkstückes (5) zueinander.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

25 dadurch gekennzeichnet, dass

alternativ oder kumulativ zur zweiten Relativbewegungseinrichtung, die Laserquelle ein grüner oder blauer Laser, insbesondere mit einer Emissionswellenlänge im Bereich von 400nm bis 540nm, mit einer Strahlungsleistung, insbesondere größer circa 400W, ist.

30

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

35 die zweite Relativbewegungseinrichtung im Strahlengang des Laserstrahls einen rotierenden optischen Keil, insbesondere einen Glaskeil (21), aufweist.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass  
die zweite Relativbewegungseinrichtung im Strahlengang des  
Laserstrahls in einer Umlenkeinheit einen vibrierenden  
Spiegel (23) aufweist.

5

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, 2, 3 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die zweite Relativbewegungseinrichtung die zweite Relativ-  
bewegung (20) des Laserstrahls rotierend um eine horizon-  
10 tale Richtung der ersten Relativbewegung (19) erzeugt.

10

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, 2, 3 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die zweite Relativbewegungseinrichtung die zweite Relativ-  
15 bewegung des Laserstrahls senkrecht zu einer horizontalen  
Richtung der ersten Relativbewegung (19) erzeugt.

15

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 5 oder 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 mittels einer Einstelleinrichtung die zweite Relativbewe-  
gung des Laserstrahls variabel in einem Rotationsdurchmes-  
ser oder in einer Auslenkung einstellbar ist.

20

8. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass  
die zweite Relativbewegungseinrichtung die zweite Relativ-  
bewegung des Laserstrahls innerhalb des pulverförmigen Ma-  
terials (17) an der aufzubauenden Stelle auf dem Werkstück  
(5) erzeugt.

25

30

9. Verfahren zum pulverbasierten Laser-Auftragsschweißen  
eines, insbesondere ein hoch reflektierendes Material,  
insbesondere Kupfer, aufweisenden Werkstückes, mit den  
Schritten

35

-mittels einer Laserquelle ausgeführtes Emittieren eines  
Laserstrahls;

-mittels einer Pulverdüse ausgeführtes fokussiertes Befördern eines pulverförmigen Materials an eine aufzubauende Stelle auf dem Werkstück;

5 -mittels einer optischen Einrichtung ausgeführtes Fokussieren des Laserstrahls in eine Fokusebene an dem Werkstück auf die aufzubauende Stelle, wobei das Material mittels des auf die aufzubauende Stelle fokussierten Laserstrahls an der aufzubauenden Stelle aufgeschmolzen wird;

10 -mittels einer ersten Relativbewegungseinrichtung ausgeführtes erstes Relativbewegen der optischen Einrichtung zusammen mit der Pulverdüse einerseits und des Werkstückes andererseits zueinander;

gekennzeichnet durch

15 mittels einer zweiten Relativbewegungseinrichtung ausgeführtes zweites Relativbewegen des Laserstrahls und des Werkstückes zueinander.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass

20 alternativ oder kumulativ zur zweiten Relativbewegungseinrichtung, als Laserquelle ein grüner oder blauer Laser, insbesondere mit einer Emissionswellenlänge im Bereich von 400nm bis 540nm, mit einer Strahlungsleistung, insbesondere ab 400W, verwendet wird.

25 11. Verfahren gemäß Anspruch 9 oder 10,

dadurch gekennzeichnet, dass

30 das zweite Relativbewegen ein im Strahlengang des Laserstrahls rotierender optischer Keil, insbesondere ein Glaskeil, erzeugt.

12. Verfahren gemäß Anspruch 9 oder 10,

dadurch gekennzeichnet, dass

35 das zweite Relativbewegen ein im Strahlengang des Laserstrahls in einer Umlenkeinheit angeordneter vibrierender Spiegel erzeugt.

13. Verfahren gemäß Anspruch 9, 10, 11 oder 12,

dadurch gekennzeichnet, dass  
das zweite Relativbewegen den Laserstrahl rotierend um ei-  
ne horizontale Richtung der ersten Relativbewegung er-  
zeugt.

5

14. Verfahren gemäß Anspruch 9, 10, 11 oder 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das zweite Relativbewegen den Laserstrahl senkrecht zu ei-  
ner horizontalen Richtung der ersten Relativbewegung ver-  
laufend erzeugt.

10

15. Verfahren gemäß Anspruch 13 oder 14,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
mittels einer Einstelleinrichtung das zweite Relativbewe-  
gen des Laserstrahls mit einem Rotationsdurchmesser oder  
mit einer Auslenkung eingestellt wird.

15

16. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche 9  
bis 15,

20

dadurch gekennzeichnet, dass  
das zweite Relativbewegen des Laserstrahls innerhalb des  
pulverförmigen Materials an der aufzubauenden Stelle auf  
dem Werkstück ausgeführt wird.

25

FIG 1

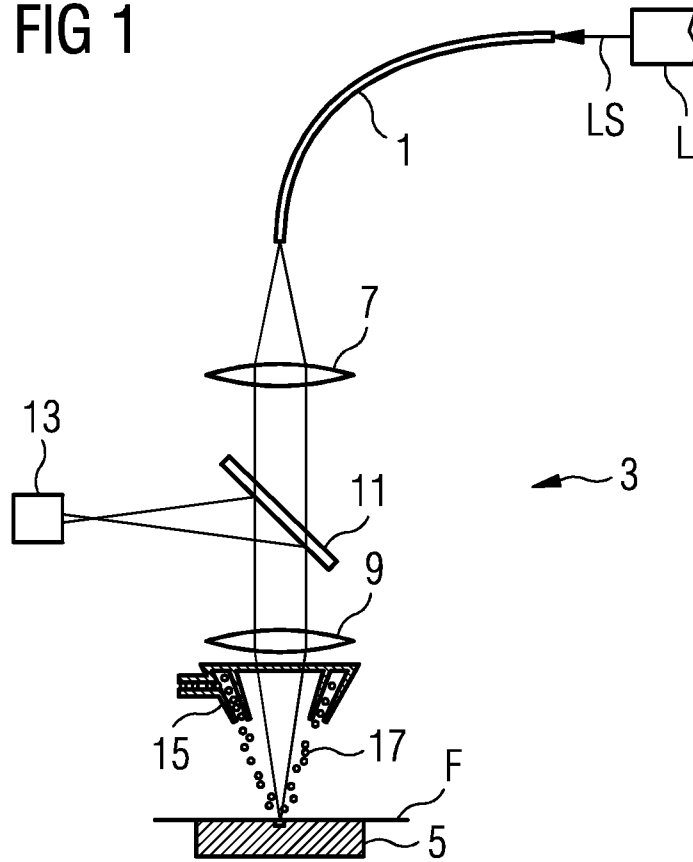


FIG 2

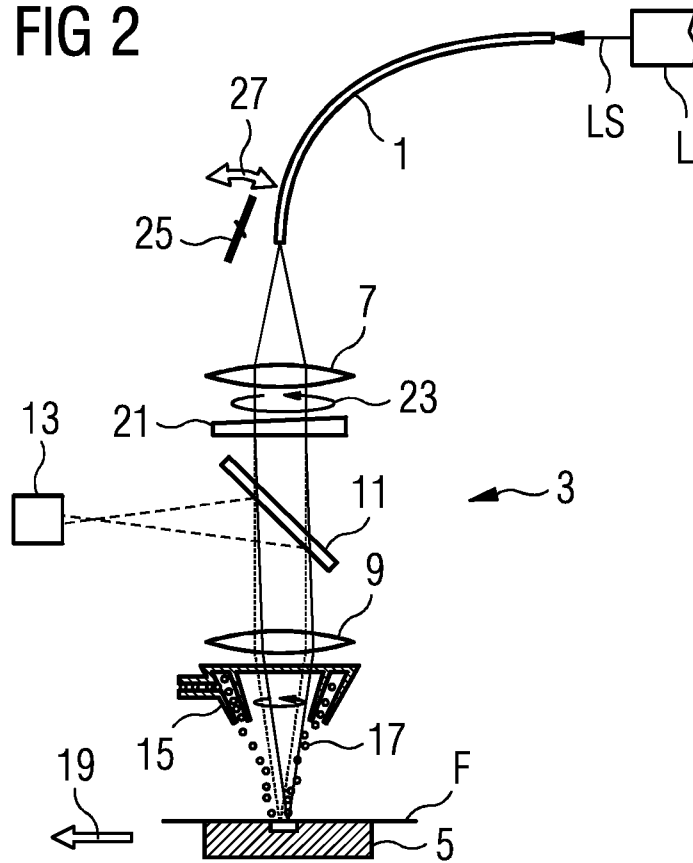


FIG 3a

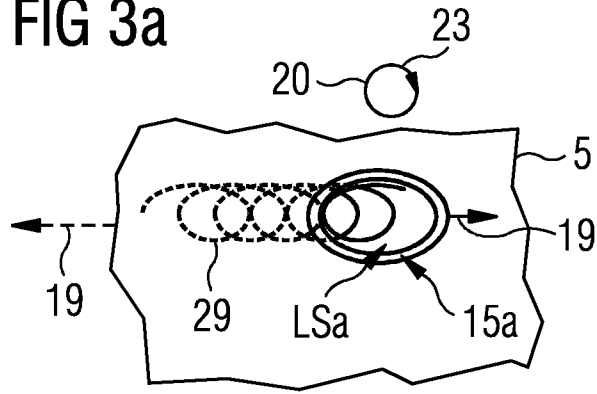


FIG 3b

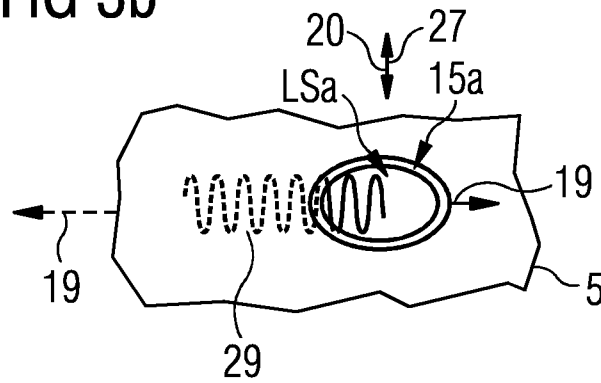


FIG 4

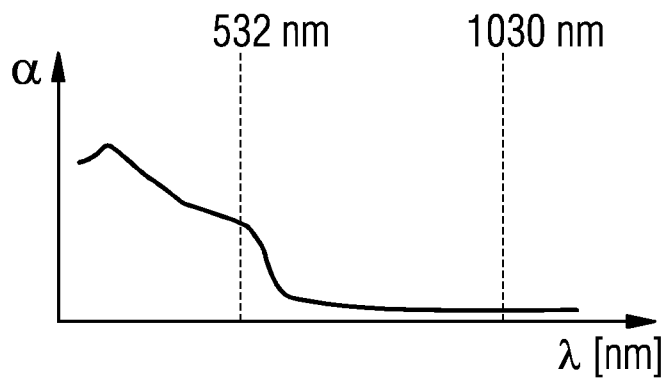
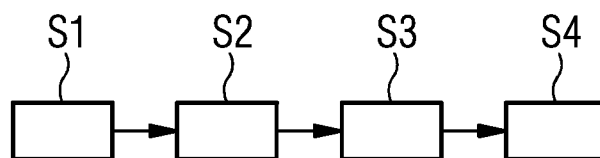


FIG 5



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2016/060598

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. B23K26/00 B23K26/03 B23K26/08 B23K26/14 B23K26/342  
 B23K26/082  
 ADD. B23K103/12  
 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	WO 2015/048111 A1 (IPG PHOTONICS CORP [US]) 2 April 2015 (2015-04-02)	1,3-7,9, 11-15
Y	paragraphs [0011], [0031], [0032], [0036] - [0039], [0054]; claims 1-40; figures 2a-2d, 7-12	2,8,10, 16
Y	SEBASTIAN ENGLER ET AL: "Process Studies on Laser Welding of Copper with Brilliant Green and Infrared Lasers", PHYSICS PROCEDIA, vol. 12, 31 December 2011 (2011-12-31), pages 339-346, XP028381662, ISSN: 1875-3892, DOI: 10.1016/J.PHPRO.2011.03.142 [retrieved on 2011-04-17] the whole document	2,10
	----- -/--	

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 <b>4 August 2016</b>	Date of mailing of the international search report <b>17/08/2016</b>
---	---

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 <b>Hernanz, Sonsoles</b>
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/060598

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>Anonymous: "TRUMPF develops pulsed, green laser for welding copper",  <sup>3</sup>            22 June 2015 (2015-06-22), XP055293662,            Retrieved from the Internet:            URL: <a href="http://www.trumpf.com/nc/en/press/press-releases/press-release/rec-uid/272386.html">http://www.trumpf.com/nc/en/press/press-releases/press-release/rec-uid/272386.html</a>            [retrieved on 2016-08-04]            the whole document</p>	2,10
Y	<p>DE 10 2013 225261 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 11 June 2015 (2015-06-11) paragraphs [0045], [0048]; figure 1</p>	8,16

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/060598

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2015048111 A1	02-04-2015	AU 2014326818 A1	21-04-2016
		CA 2924823 A1	02-04-2015
		CN 105579185 A	11-05-2016
		EP 3049212 A1	03-08-2016
		WO 2015048111 A1	02-04-2015
-----			
DE 102013225261 A1	11-06-2015	NONE	
-----			

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2016/060598

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B23K26/00 B23K26/03 B23K26/08 B23K26/14 B23K26/342  
 B23K26/082  
 ADD. B23K103/12  
 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

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2015/048111 A1 (IPG PHOTONICS CORP [US]) 2. April 2015 (2015-04-02)	1,3-7,9, 11-15
Y	Absätze [0011], [0031], [0032], [0036] - [0039], [0054]; Ansprüche 1-40; Abbildungen 2a-2d, 7-12	2,8,10, 16
Y	SEBASTIAN ENGLER ET AL: "Process Studies on Laser Welding of Copper with Brilliant Green and Infrared Lasers", PHYSICS PROCEDIA, Bd. 12, 31. Dezember 2011 (2011-12-31), Seiten 339-346, XP028381662, ISSN: 1875-3892, DOI: 10.1016/J.PHPRO.2011.03.142 [gefunden am 2011-04-17] das ganze Dokument	2,10
	----- -/--	

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
4. August 2016	17/08/2016

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
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>Anonymous: "TRUMPF develops pulsed, green laser for welding copper",            22. Juni 2015 (2015-06-22), XP055293662,            Gefunden im Internet:            URL:<a href="http://www.trumpf.com/nc/en/press/press-releases/press-release/rec-uid/272386.html">http://www.trumpf.com/nc/en/press/press-releases/press-release/rec-uid/272386.html</a>            [gefunden am 2016-08-04]            das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	2,10
Y	<p>DE 10 2013 225261 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 11. Juni 2015 (2015-06-11)            Absätze [0045], [0048]; Abbildung 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	8,16

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/060598

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2015048111 A1	02-04-2015	AU 2014326818 A1	21-04-2016
		CA 2924823 A1	02-04-2015
		CN 105579185 A	11-05-2016
		EP 3049212 A1	03-08-2016
		WO 2015048111 A1	02-04-2015
-----			
DE 102013225261 A1	11-06-2015	KEINE	
-----			