

(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
8. November 2007 (08.11.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/124985 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 3/12 (2006.01) *H02K 3/50* (2006.01)
H02K 3/38 (2006.01) *H02K 15/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/052709

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. März 2007 (21.03.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102006019314.8 26. April 2006 (26.04.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BERGER, Thomas** [DE/DE]; Kirchgartenstr. 13, 71254 Ditzingen (DE).

SCHWARZKOPF, Christoph [DE/DE]; Umlandstrasse 3, 74399 Walheim (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

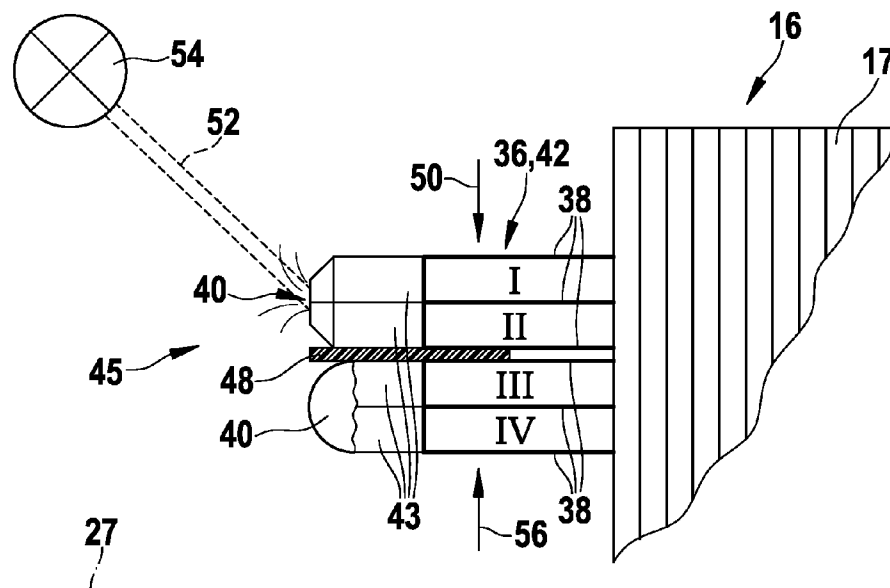
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING A BAR WINDING FOR THE STATOR OF AN ELECTRIC MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINER STABWICKLUNG FÜR DEN STATOR EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for producing a bar winding (18) for the stator (16) of an electric machine, especially of a claw pole generator for motor vehicles. Said stator has a respective plurality of conducting segments (36) radially superposed in the coil head (45), their ends (42), owing to their shape and/or arrangement, forming a defined fusion zone (40) in the area of contact and being interconnected in pairs by contactless fusion welding. According to the invention, the heat quantity required for melting the fusion zone and the heat transfer to other areas of the winding (18) can be substantially reduced when combining a defined fusion zone in order to strictly delimit the welding area and a contactless welding method.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/124985 A1



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung einer Stabwicklung 18 für den Stator 16 einer elektrischen Maschine, insbesondere eines Klauenpolgenerators für Kraftfahrzeuge vorgeschlagen mit jeweils einer Mehrzahl im Wickelkopf (45) radial übereinander angeordneten Leitersegmenten (36), deren Enden (42) durch ihre Form und/oder Anordnung im Kontaktierungsbereich eine definierte Schmelzzone (40) ausbilden und durch ein berührungsloses Schmelzschweißverfahren paarweise miteinander verbunden werden. Durch die Ausbildung einer definierten Schmelzzone zur engen Abgrenzung des Schweißbereiches kann bei Verwendung eines berührungslosen Schweißverfahrens die benötigte Wärmemenge zur Aufschmelzung der Schweißzone deutlich reduziert und damit der Wärmeeintrag in andere Bereiche der Wicklung (18) deutlich reduziert werden.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer Stabwicklung
für den Stator einer elektrischen Maschine

10

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer
Vorrichtung zur Herstellung einer Stabwicklung für den
15 Stator einer elektrischen Maschine, insbesondere eines
Klauenpolgenerators für Kraftfahrzeuge, wie sie aus der
EP 1 043 828 A bekannt sind. Diese Druckschrift offenbart
ein Verfahren und eine Vorrichtung zum berührungslosen
Verschweißen der Enden einer Mehrzahl von Leitersegmenten
20 der Wicklung einer elektrischen Maschine, wobei zwischen den
zu verbindenden Enden der Leitersegmente keilförmige
Metallteile eingefügt sind zur Positionierung der
Leitersegmente und zur Verringerung der Aufheizung der
Wicklung beim Schweißen. Der Schweißvorgang selbst wird in
25 herkömmlicher Weise mit einem Inertgas-Schweißverfahren
durchgeführt.

Offenbarung der Erfindung

30 Das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung zur
Durchführung des Verfahren zeichnen sich aus durch eine
neuartige Formgebung und Anordnung der zu verbindenden Enden
der Leitersegmente im Wickelkopf der Statorwicklung, wobei
im Kontaktierungsbereich der Leitersegmente eine definierte

Schmelzzone ausgebildet wird zur gezielten und damit schnelleren Aufheizung dieses Bereiches, wodurch die beim Schweißvorgang benötigte Wärmemenge reduziert und hierdurch die Wärmebelastung der restlichen Wicklung verringert wird.

5

Eine erste vorteilhafte Gestaltungsmöglichkeit für die zu verschweißenden Enden der Leitersegmente ergibt sich dadurch, dass die Enden zur Schmelzzone hin verjüngt werden, wodurch die zum Aufschmelzen der Schweißzone benötigte Wärmemenge deutlich verringert werden kann. Eine andere sehr vorteilhafte Möglichkeit zur erfindungsgemäßen Gestaltung der Schweißzone besteht darin, dass die zu verbindenden Enden der Leitersegmente in der Schmelzzone eine Vertiefung bilden, in welcher der Schweißstrahl gezielt zur Schmelzzone hin geleitet wird, sodass nur wenig Verlustwärme in die übrigen Bereiche der Leitersegmente abfließt. Eine weitere zweckmäßige Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, die zu verbindenden Leitersegmente unterschiedlich lang auszubilden, sodass im Schweißbereich am Ende des kürzeren Leitersegmentes eine Abstufung in der Form einer Kerbe entsteht, in welche der Schweißstrahl gezielt und mit geringem Wärmeabfluss in andere Bereiche eingeleitet werden kann.

25 Zur Vermeidung eines elektrischen Kurzschlusses und zur Verringerung der Erwärmung von benachbarten, am jeweils durchgeführten Schweißvorgang unbeteiligten Leitersegmenten ist es vorteilhaft, wenn die zu verbindenden Enden der Leitersegmente paarweise durch eine Isolierung von den Enden der Nachbarleiter getrennt werden. Eine derartige Isolierung aus wärmebeständigem Kunststoff oder aus Keramik kann 30 zweckmäßigerweise bandförmig gestaltet werden und nach dem Biegeprozess der Leitersegmente im Bereich des Wickelkopfes

- 3 -

in die Zwischenräume zwischen den zu verbindenden
Leiterenden eingebracht werden.

Hinsichtlich der verfahrenstechnischen Ausgestaltung des
5 berührungslosen Schweißverfahrens ist es weiterhin besonders
vorteilhaft, als Energiestrahle einen Elektronenstrahl oder
einen Laserstrahl zu verwenden oder mit einem WIG (Wolfram-
Inert-Gas)-Schweißverfahren zu arbeiten, insbesondere mit
einem Mikro-Plasmaverfahren mit einem Pilotlichtbogen zum
10 Zünden des Schweißlichtbogens. Hierbei bietet die Verwendung
eines Elektronenstrahls als Energiestrahle den Vorteil einer
geringen Gefügebeeinflussung in der Schweißzone. Der
Laserstrahl als Energiestrahle bietet den Vorteil, dass mit
geringer Energiezufuhr und damit geringer thermischer
15 Belastung der Umgebung der Schweißzone eine sichere
Schweißverbindung mit ausreichender Tiefe der Schmelzzone
erreicht wird.

Das WIG-Schweißverfahren, insbesondere in der Form des
20 Plasmaschweißens, bietet den Vorteil eines kostengünstigen,
berührungslosen Schweißverfahrens mit hoher Wärmeleistung
und damit kurzer Schweißzeit, wobei der Schutzgasmantel die
Schmelzzone gegen die Atmosphäre und somit gegen
unerwünschte Reaktionen, insbesondere gegen Oxidationen in
25 der Schmelzzone abschirmt. Hierbei bietet das Mikro-
Plasmaverfahren die Möglichkeit, die Schweißenergie
besonders exakt und eng zu bündeln und damit die
Wärmebelastung des den Schweißbereich umgebenden Materials
zu verringern. Durch die Verwendung eines Schweißbrenners
30 mit Pilotlichtbogen wird die Zündung des eigentlichen
Schweißlichtbogens erleichtert und beschleunigt.

Der Materialauftrag und die Aufheizung des Schweißbereiches
werden noch weiter verbessert und beschleunigt, wenn der

Energiestrahle beim Schweißen auf einen Zusatzwerkstoff gerichtet wird, welcher beim Abtropfen auf den Schweißbereich zusätzlich zu der primären Erwärmung des Schweißbereiches durch seine Restwärme den Schweißvorgang
5 noch weiter beschleunigt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen
10 dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Stators mit einer Stabwicklung mit für den Schweißvorgang vorgeformten Enden der Leitersegmente,
15

Fig. 2 einen Teilschnitt durch das Blechpaket des Stators mit radial verlaufenden Nuten mit jeweils vier übereinander angeordneten Leitersegmenten,
20

Fig. 3a eine schematische Schnittdarstellung mit vier im Wickelkopf des Stators übereinander angeordneten, paarweise verschweißten Leitersegmenten,
25

Fig. 3b eine schematische Darstellung einer Wellenwicklung mit einer Schweißverbindung eines Leiterpaares,
30

Fig. 4 eine Anordnung mit vier im Wickelkopf radial übereinander angeordneten und paarweise miteinander zu verbindenden, im Schweißbereich verjüngten Leitersegmenten,

- Fig. 5 eine Anordnung mit sechs im Wickelkopf radial übereinander angeordneten und paarweise miteinander zu verbindenden Leitersegmenten, welche im Schweißbereich eine vertiefte Schmelzzone ausbilden,
- Fig. 6 eine Anordnung mit vier im Wickelkopf übereinander angeordneten und paarweise miteinander zu verbindenden Leitersegmenten, wobei unterschiedlich lange Leitersegmente im Schweißbereich eine stufenförmige Schmelzzone in der Form einer Kerbe ausbilden,
- Fig. 7 eine Anordnung gemäß Fig. 6, wobei im Schweißbereich ein Zusatzwerkstoff in den Schweißstrahl eingebracht wird, und
- Fig. 8 eine Anordnung der Leitersegmente entsprechend den Figuren 6 und 7, wobei die berührungslose Schweißung durch eine WIG-Plasmaschweißeinrichtung mit Zündlichtbogen erfolgt.

25 Ausführungsformen der Erfindung

Fig. 1 zeigt eine perspektivische, schematisierte Darstellung eines Stators 16 einer elektrischen Maschine, wie er beispielsweise in einem Klauenpolgenerator für Kraftfahrzeuge verwendet wird. An der inneren Oberfläche des Stators 16 sind Pole 32 und Nuten 34 erkennbar, in denen jeweils vier Leitersegmente 36 radial übereinander angeordnet sind. Die Leitersegmente sind in bekannter Weise an der Unterseite des Stators 16 haarnadelförmig umgebogen

und um jeweils eine Polteilung geschränkt. Ihre gleich
langen, freien Enden 42 ragen an der Oberseite des Stators
16, ebenfalls um eine Polteilung geschränkt, aus den Nuten
34 heraus und sind in vier konzentrischen Reihen angeordnet.
5 Hierbei liegen nach dem Zusammenbau der elektrischen
Maschine die freien Enden 42 im antriebsseitigen Wickelkopf
45 des Stators, während die haarnadelförmigen Umlenkungen 44
am gegenüberliegenden Wickelkopf 46 des Stators 16
herausragen, welcher nach dem Zusammenbau der elektrischen
10 Maschine zu deren Verschaltungsseite hin ausgerichtet ist.
Diese Anordnung hat den Vorteil, dass im antriebsseitigen
Wickelkopf 45 mehr Raum für die Schweißverbindungen zur
Verfügung steht. Die Maschinenachse ist mit 27 bezeichnet.

15 Fig. 2 zeigt in vergrößerter Darstellung einen Schnitt durch
das Blechpaket 17 des Stators 16, wobei in jeder Nut 34 vier
Leitersegmente 36 radial übereinander angeordnet sind. Die
Leitersegmente sind einerseits an ihrer Oberfläche durch
eine Lackisolation 38 und andererseits gemeinsam durch
20 Isolationseinlagen 39 gegen das Blechpaket 17 des Stators 16
isoliert. Das Einbringen der Leitersegmente 36 der als
Stabwicklung ausgebildeten Statorwicklung 18 erfolgt durch
axiales Einschieben der Leitersegmente 36 in die Nuten 34.

25 Fig. 3 zeigt in der Abbildung a in schematisierter Form
einen Teilschnitt durch das Blechpaket 17 des Stators 16,
aus dem die freien Enden 42 der Statorwicklung 18
herausragen. Die Enden 42 der Statorwicklung 18 sind im
vorderen Bereich 43 von der Lackisolation 38 befreit.
30 Zwischen den nicht zu verschweißenden Enden 42 der
Leitersegmente 36 ist ein Abstand d belassen, in den
zusätzlich eine bandförmige Isolation 48 eingebracht werden
kann, beispielsweise ein Kunststoff- oder Keramikband.

- 7 -

Die Fig. 3b zeigt die haarnadelförmige Umlenkung 44 zwischen den Leitersegmenten 36 im Bereich des Wickelkopfes 46, die Spreizung der Leitersegmente 36 um eine Polteilung und die Abkröpfung der freien Enden 42 zu den Schweißbereichen hin. Weitere Leitersegmente sind gestrichelt angedeutet. Auf die 5 erfindungsgemäße Verschweißung der Enden 42 mit den verschiedenen Möglichkeiten der Gestaltung und der Anordnung der Enden 42 im Schweißbereich wird an Hand der folgenden Figuren näher eingegangen.

10

Fig. 4 zeigt eine Anordnung mit vier im antriebsseitigen Wickelkopf 45 radial übereinander angeordneten und paarweise miteinander zu verschweißenden Leitersegmenten 36, deren abisolierte Enden 43 gleich weit aus dem Blechpaket 17 des 15 Stators 16 herausragen und auf gleicher Höhe im Wickelkopf 45 enden. Zwischen den nicht miteinander verschweißten Enden 42,43 ist eine Isolierung 48 eingefügt, welche nach dem Verschweißen der Enden 43 in axialer Richtung entfernt wird. Die einzelnen Leitersegmente 36 sind mit I,II,III,IV 20 bezeichnet, wobei die Leitersegmente I und II, beziehungsweise III und IV in der Schmelzzone 40 miteinander verschweißt werden. Die jeweils zu verschweißenden Enden 43 sind außen unter einem Winkel von 30° bis 70°, vorzugsweise unter einem Winkel von 45° abgeschrägt und dadurch im 25 Querschnitt entsprechend verjüngt, so dass die Schmelzzone 40 verkleinert ist und die benötigte Energie für das Aufschmelzen der Zone 40 verringert werden kann. Der Energiestrahл ist mit 52 bezeichnet, die Energiequelle mit 54. Hierbei handelt es sich entweder um eine 30 Elektronenstrahlquelle und einen Elektronenstrahl oder um eine Laserquelle und um einen Laserstrahl, welche zum berührungslosen Schmelzschweißen verwendet werden. Mit sehr guten Ergebnissen für das Aufschmelzen und Verschweißen der Enden 43 im Bereich der Schmelzzone 40 kann hierbei auch ein

- 8 -

Plasma-Schweißverfahren benutzt werden, wie es anhand der Fig. 8 näher erläutert ist.

Zwischen den Leitersegmenten II und III ist eine Isolierung
5 48 eingefügt, die einerseits den Abstand zwischen den
elektrisch nicht zu kontaktierenden Leitersegmenten 36
sicherstellt und einen Schutz gegen einen elektrischen
Windungsschluss und gegen eine thermische Belastung des
Nachbarsegmentes beim Schweißen bildet. Die von einer nicht
10 dargestellten Einspannvorrichtung beim Schweißvorgang
ausgeübten Kräfte zur Positionierung und Arretierung der
Leitersegmente sind durch die Pfeile 50 und 56 angedeutet.
In axialer Richtung wirken beim erfindungsgemäßen
berührungslosen Schweißen keine Kräfte auf die
15 Leitersegmente 36, sodass die Leitersegmente in dieser
Richtung nicht eingespannt werden müssen.

Fig. 5 zeigt eine Anordnung mit sechs im antriebsseitigen
Wickelkopf 45 radial übereinander angeordneten
20 Leitersegmenten 36, welche mit I-VI gekennzeichnet sind. Im
vorderen Bereich der Leitersegmente 36 ist ebenso wie bei
den restlichen Anordnungen wiederum die in den Zeichnungen
durch verstärkte Linien dargestellte Lackisolation 38
entfernt. Die Enden 42 sind bei der Anordnung gemäß Fig. 5
25 nach innen abgeschrägt, sodass sie eine kerbförmige
Vertiefung als Schmelzzone 40 ausbilden. Auf das Zentrum
dieser Vertiefung ist der von der Energiequelle 54
ausgesandte Energiestrahle 52 gerichtet, auch hierbei
wiederum als Elektronenstrahl oder als Laserstrahl. Da in
30 dieser Ausführungsform drei Paare von Leitersegmenten 36
übereinander angeordnet sind, liegt jeweils eine Isolierung
48 zwischen den Leitersegmenten II und III beziehungsweise
IV und V. Die entstehenden Schmelzzonen 40 sind hierbei
konkav ausgebildet und nach innen gewölbt.

Fig. 6 zeigt wiederum eine Anordnung mit vier im antriebsseitigen Wickelkopf 45 radial übereinander angeordneten und paarweise miteinander zu verschweißenden Leitersegmenten 36, wobei die beiden mittleren Segmente II und III weiter aus dem Blechpaket 17 des Stators 16 herausragen als die äußeren Segmente I und IV. Die Verschweißung der Leitersegmente durch den Elektronen- oder Laserstrahl 52 erfolgt hierbei im Kontaktierungsbereich am Ende der kürzeren Leitersegmente I und IV am Fuß der durch die Abstufung gebildeten Kerbe, in welche der Energiestrahlschräg, etwa in Richtung der Winkelhalbierenden, eintritt, im Ausführungsbeispiel mit geraden Vorderkanten also unter einem Eintrittswinkel von cirka 45°. Hierbei entsteht eine Schmelzzone 40, wie sie im unteren Bereich der Abbildung am vorderen Ende des Leitersegmentes IV gezeichnet ist. Die Lackisolation 38 ist auch hier vor dem Verschweißen im Bereich der Enden 42 entfernt worden, die Isolation zwischen den Leitersegmenten II und III erfolgt wiederum durch die Einlage einer Isolierung 48.

Fig. 7 zeigt die gleiche Konfiguration der Leitersegmente 36 wie die Fig. 6. Zum Verschweißen der Enden 42 der Leitersegmente I und II, beziehungsweise III und IV wird hierbei jedoch zusätzlich im Bereich der Stufe am Ende des kürzeren Leitersegmentes I oder IV ein Zusatzwerkstoff 58 in Draht- oder Stabform in den Energiestrahls 52 eingebracht und kontinuierlich nachgeschoben. Der Zusatzwerkstoff wird durch den Energiestrahls 52 geschmolzen und tropft auf die Schmelzzone 40 ab. Die Restwärme der Schmelze hilft bei diesem als „droplet“-Verfahren bezeichneten Vorgang zur Aufheizung der Schmelzzone 40 und beschleunigt gleichzeitig durch den Materialauftrag den Schweißvorgang, sodass weniger Wärme in den Windungsbereich abfließt. Die Lackisolation 38

und die Isolierung 48 entsprechen der Ausbildung in den vorhergehenden Figuren.

Fig. 8 zeigt eine Anordnung mit einer wassergekühlten WIG
5 (Wolfram-Inert-Gas)-Schweißvorrichtung. Diese enthält mittig
eine nicht abschmelzende Wolfram Elektrode 60, welche beim
Verschweißen von Leitersegmenten 36 aus Kupfer als Kathode
geschaltet und mit dem Massepol einer Gleichspannungsquelle
verbunden ist, während die zu verschweißenden Leitersegmente
10 als Anode geschaltet und mit dem Pluspol der
Gleichspannungsquelle verbunden sind. Hierbei deckt ein
Schutzgasmantel aus Argon oder Helium oder einer Mischung
der beiden Gase den Lichtbogen 62 zwischen der Elektrode 60
und der Schmelzzone 40 ab und schützt gleichzeitig die
15 Schmelzzone durch den Schutzgasmantel gegen Reaktionen der
Schmelze mit der umgebenden Atmosphäre, insbesondere gegen
Oxidation. Der Lichtbogen 62 wird bei Beginn des
Schweißvorgangs zunächst als Hilfslichtbogen gezündet zur
Beschleunigung der Ausbildung des eigentlichen
20 Schweißlichtbogens (Mikroplasma-Schweißen). Die die
Wolframelektrode 60 umgebende Plasmadüse 64 ist
wassergekühlt. Der Austritt des Schutzgases ist durch Pfeile
66 angedeutet. Wie bei den vorhergehenden Anordnungen kann
auch bei diesem Verfahren ein Zusatzwerkstoff in die
25 Schmelzzone 40 eingebracht werden, auf dessen Darstellung
verzichtet worden ist.

5 Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Stabwicklung (18) für den Stator (16) einer elektrischen Maschine, insbesondere eines Klauenpolgenerators für Kraftfahrzeuge, mit jeweils einer Mehrzahl im Wickelkopf (45,46) radial übereinander angeordneten Leitersegmenten (36), deren Enden (42) durch ihre Form und/oder Anordnung im Kontaktierungsbereich eine definierte Schmelzzone (40) ausbilden und durch ein berührungsloses Schmelzschweißverfahren paarweise miteinander verbunden werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zu verbindenden Enden (42) der Leitersegmente (36) zur Schmelzzone (41) hin verjüngt sind (Fig. 4).

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zu verbindenden Enden (42) der Leitersegmente (36) in der Schmelzzone (41) eine Vertiefung bilden (Fig. 5).

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zu verbindenden Leitersegmente (36) unterschiedlich lang sind und im Kontaktierungsbereich am Ende eines kürzeren Leitersegmentes (I,IV) eine stufenförmige Schmelzzone (40) ausbilden (Fig. 6-8)

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zu verbindenden Enden (42) der Leitersegmente (36) paarweise durch eine nach dem

Verschweißen entfernbare Isolierung (48) von den Enden (42) der benachbarten Leitersegmente (36) getrennt sind.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Energiestrahle beim berührungslosen Schweißen ein Elektronenstrahl dient (Fig. 6 und 7).

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass als Energiestrahle beim berührungslosen Schweißen ein Laserstrahl dient (Fig. 6 und 7)

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass als berührungsloses Schweißverfahren eine WIG(Wolfram-Inert-Gas)-Schweißverfahren dient (Fig. 8).

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Schweißverfahren ein Mikro-Plasmaverfahren mit einem Pilotlichtbogen verwendet wird (Fig. 8).

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6-9, dadurch gekennzeichnet, dass der Energiestrahle beim berührungslosen Schweißen auf einen Zusatzwerkstoff gerichtet wird, der auf die Schweißstelle (40) abtropft (droplet-Verfahren; Fig. 7).

11. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verwendung einer Elektronenstrahlquelle zur Erhitzung der Schmelzzone (40).

12. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verwendung einer Laserquelle zur Erhitzung der Schmelzzone (40).

13. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach
Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verwendung einer
wassergekühlten Plasma-Schweißeinrichtung mit
Pilotlichtbogen zwischen der Schweißelektrode und den zu
5 verbindenden Leitersegmenten (36).

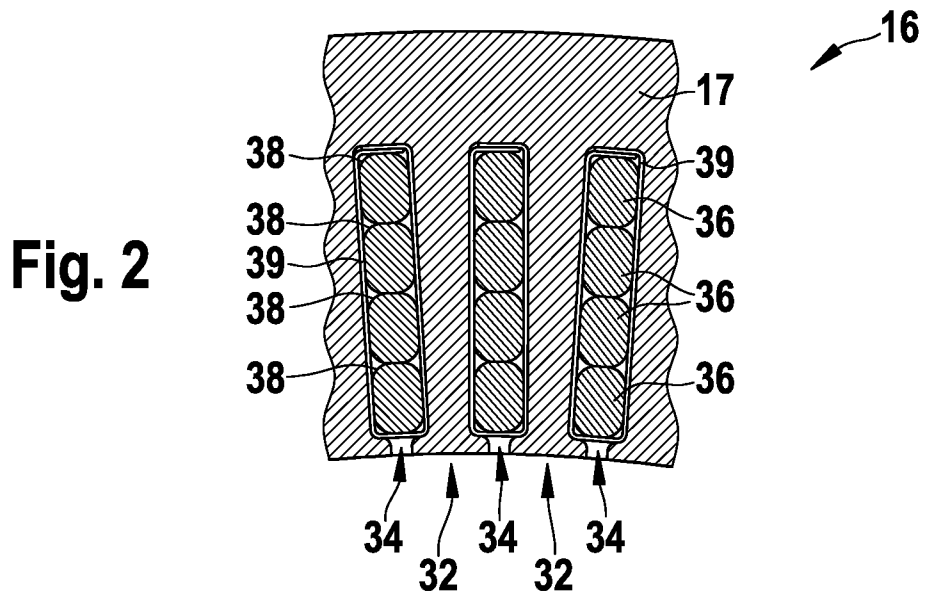
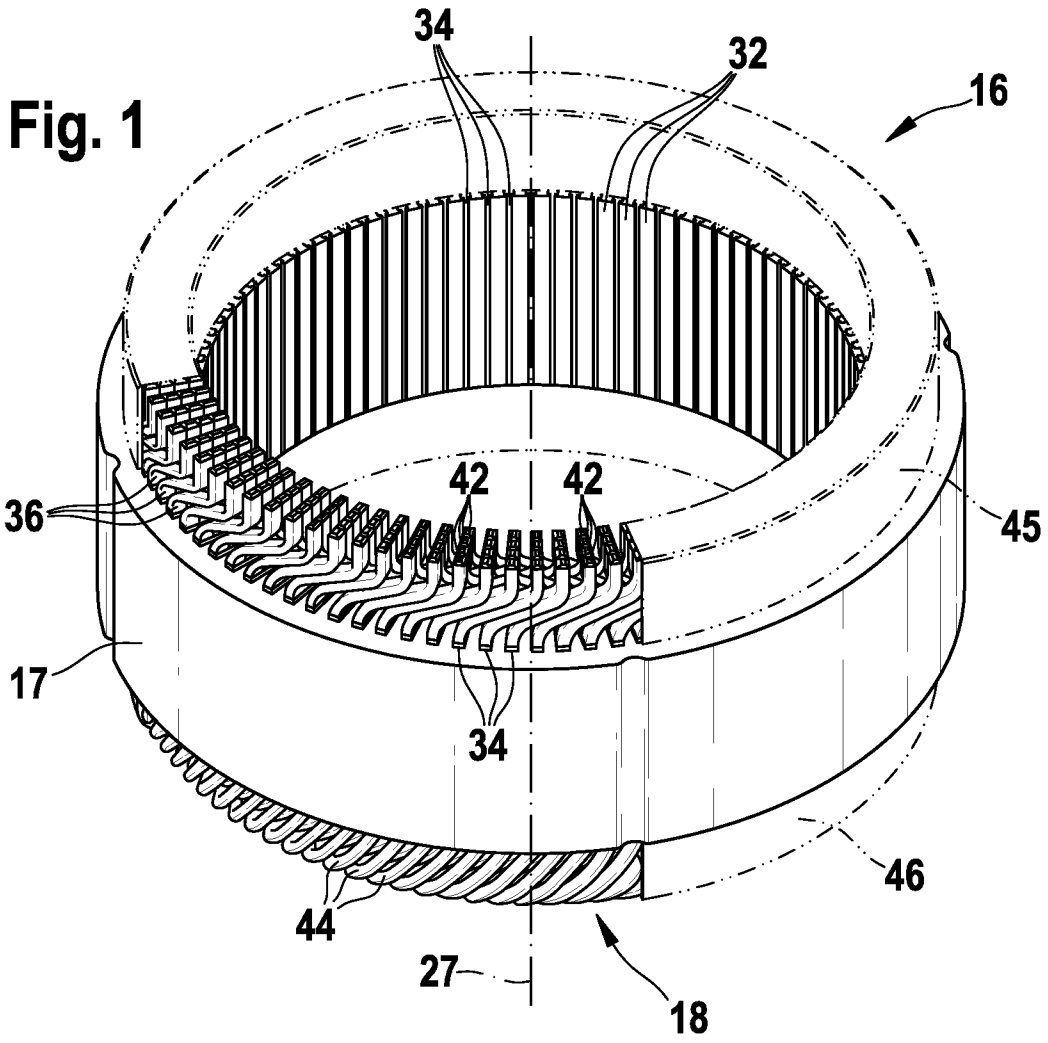


Fig. 3a

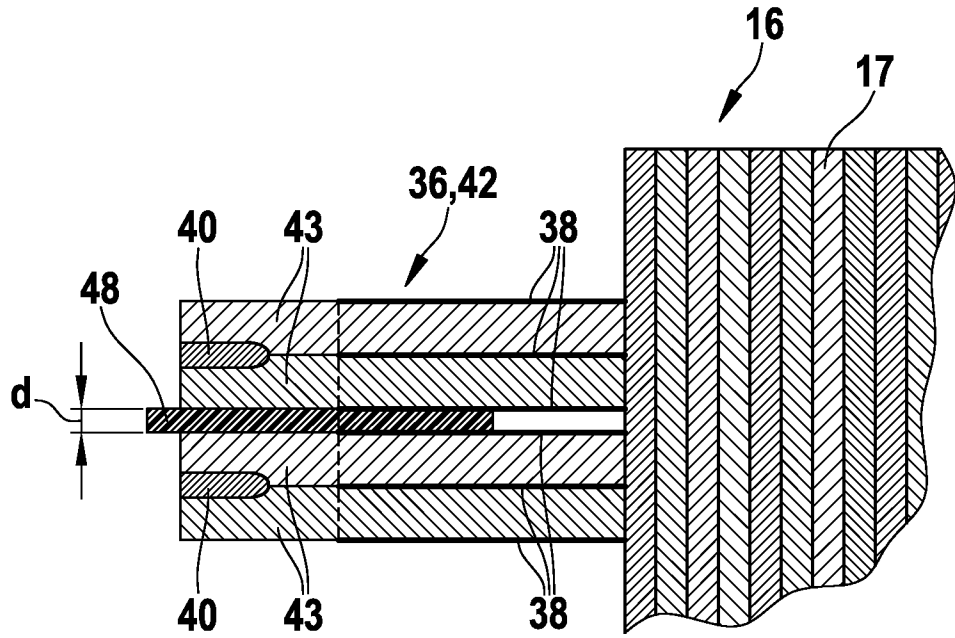
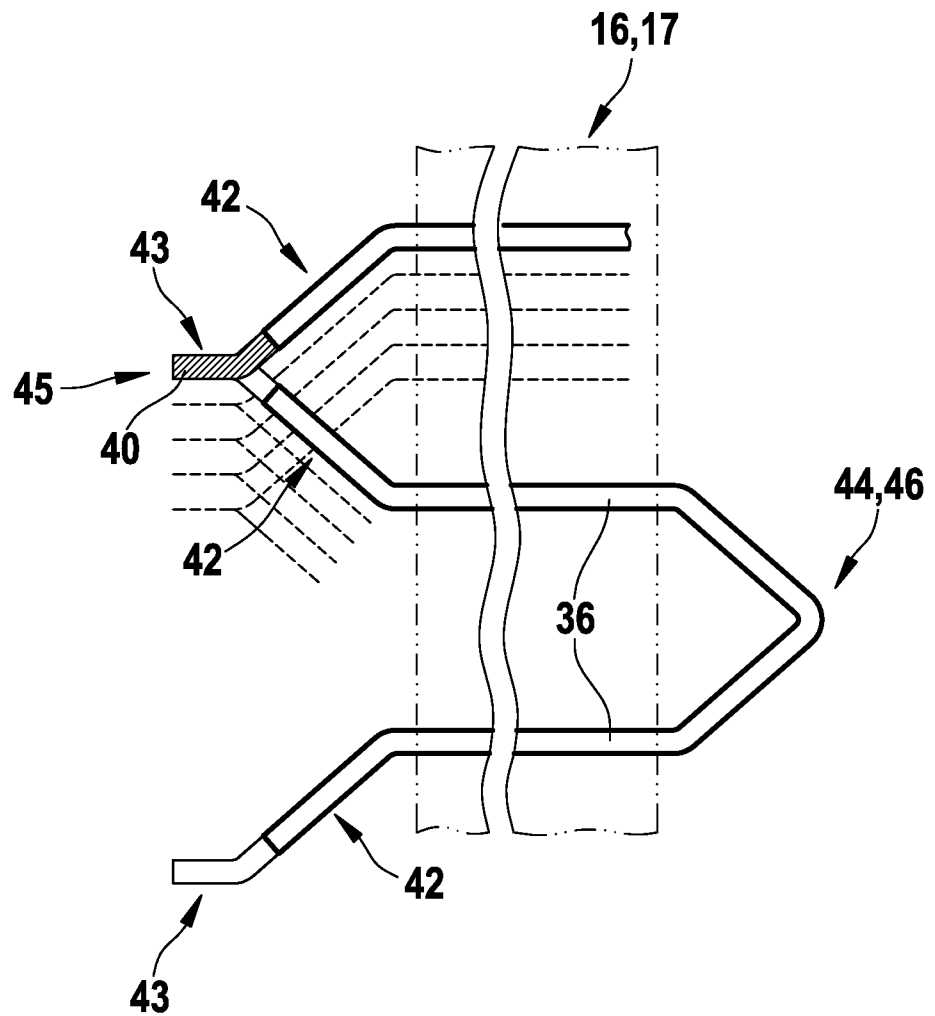


Fig. 3b



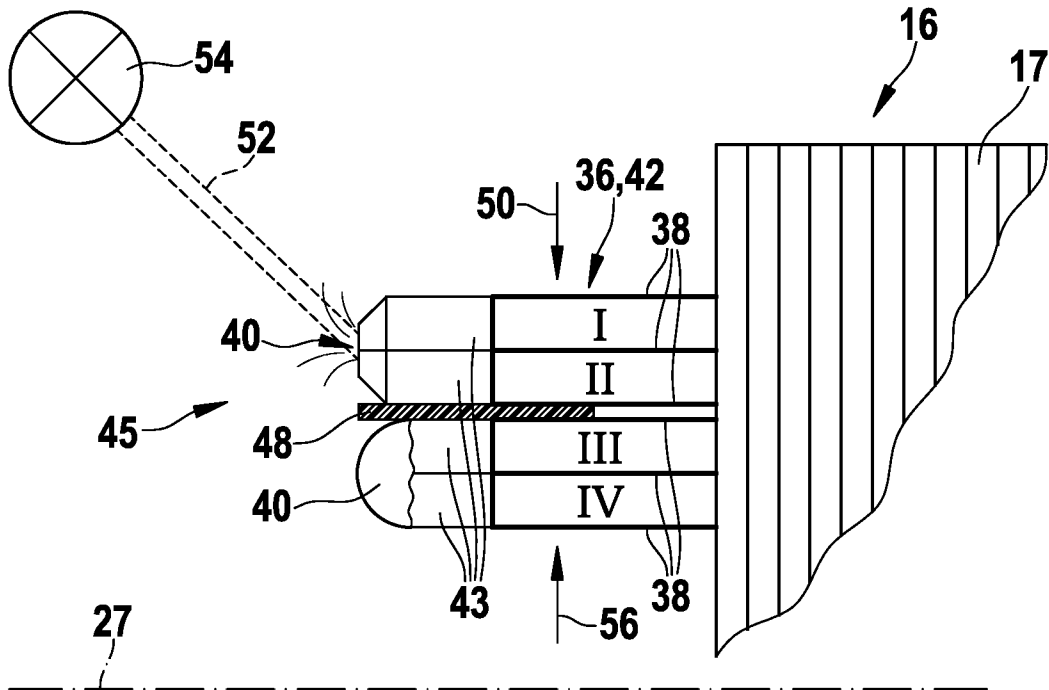


Fig. 4

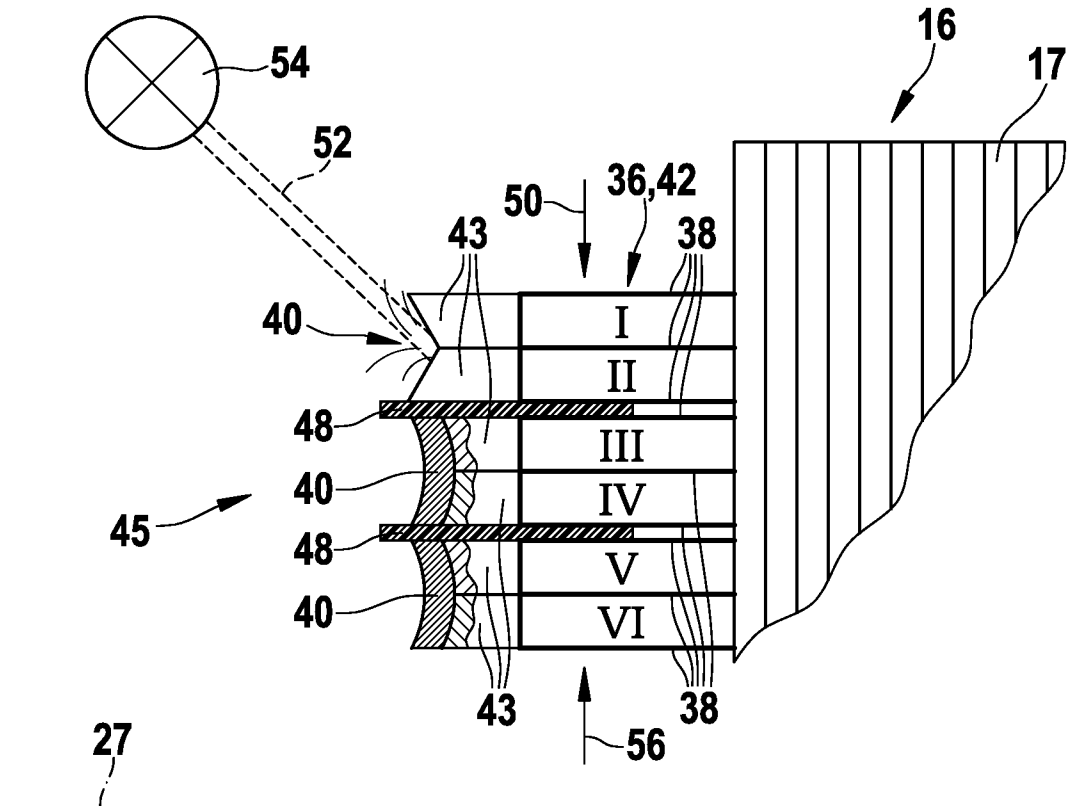


Fig. 5

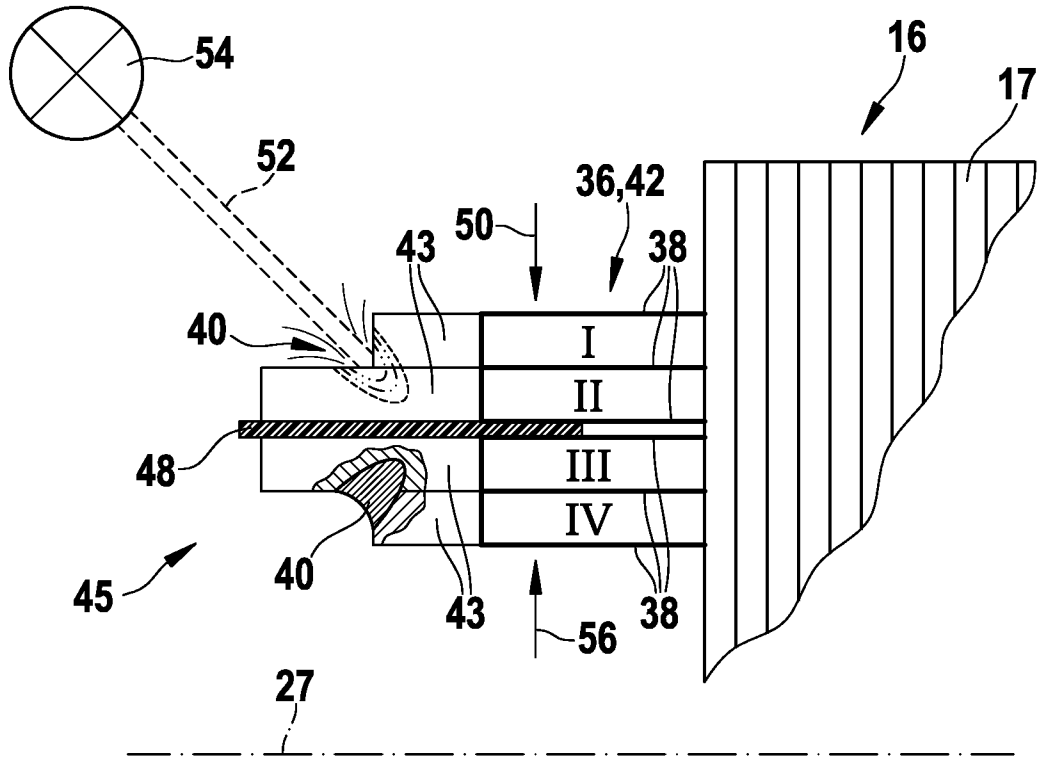


Fig. 6

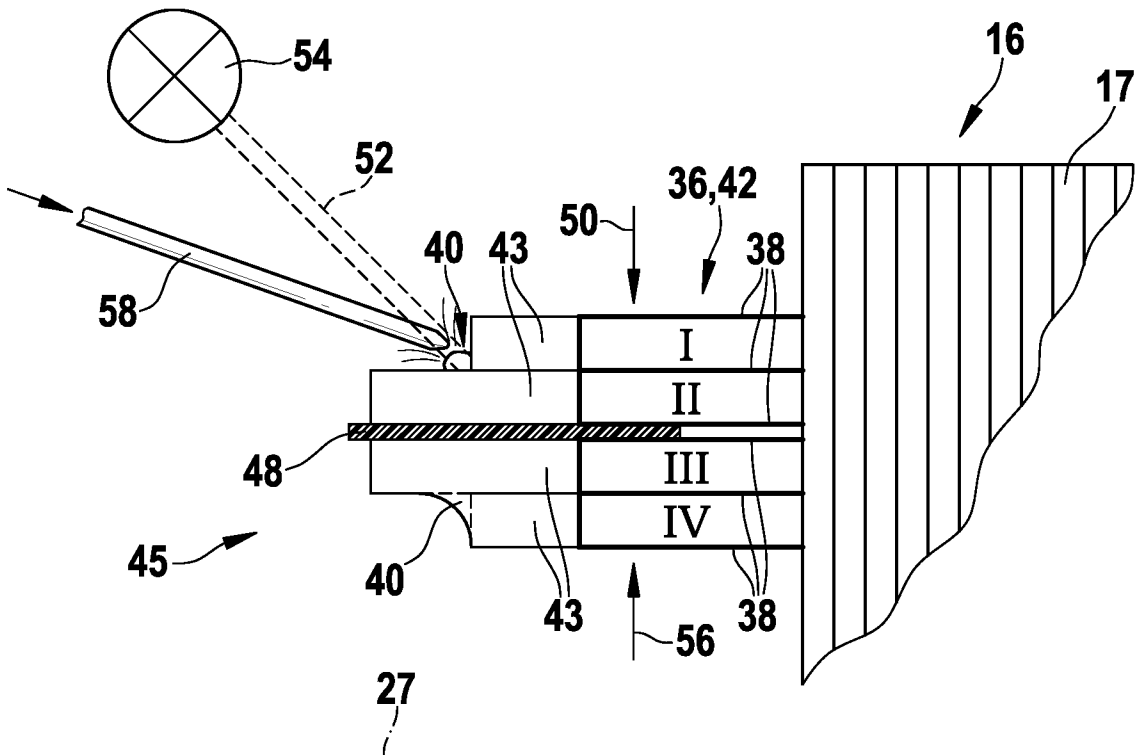


Fig. 7

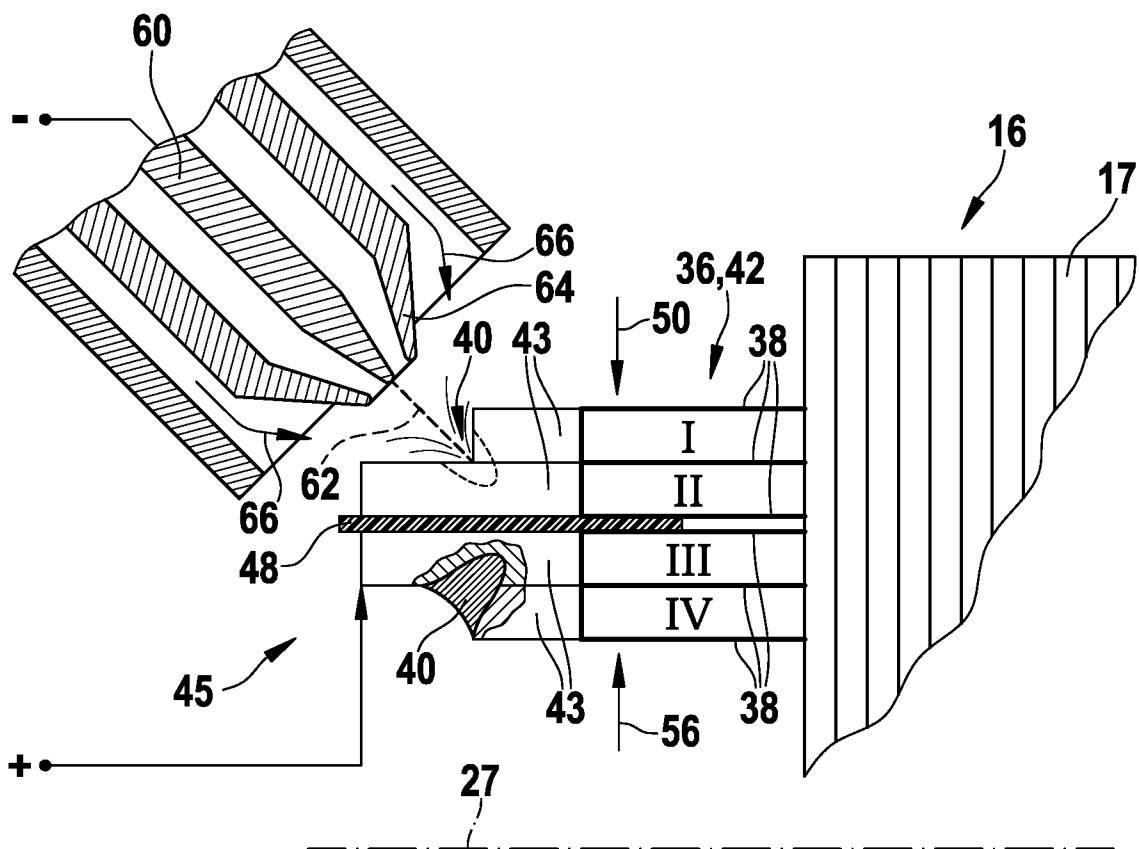


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/052709

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02K3/12 H02K3/38 H02K3/50 H02K15/00

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)
 H02K

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 practical, search terms used)
 EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X | EP 1 548 914 A (DENSO CORP [JP]) 29 June 2005 (2005-06-29) paragraph [0016]; figure 1 paragraph [0022]; figures 3,4 | 1 |
| X | figure 10 | 2 |
| Y | paragraph [0022]; figures 5-10 | 3-10 |
| Y | paragraph [0024] | 11-13 |
| X | US 2003/067239 A1 (NAKAMURA SHIGENOBU [JP]) 10 April 2003 (2003-04-10) figures 1-4 | 1 |
| Y | paragraph [0025]; figures 1-6 | 3-10 |
| Y | paragraphs [0005], [0025] | 11-13 |
| X | EP 1 081 830 A2 (DENSO CORP [JP]) 7 March 2001 (2001-03-07) figures 1-4,8 | 1,11 |
| | ----- -/-- | |

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 document 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.

G document member of the same patent family

| | |
|---|--|
| Date of the actual completion of the international search 15 June 2007 | Date of mailing of the international search report 29/06/2007 |
|---|--|

| | |
|---|---|
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer Kanelis, Konstantin |
|---|---|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/052709

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|---|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | US 2005/229381 A1 (KATO MITSURU [JP]) 20 October 2005 (2005-10-20) paragraph [0049]; figures 1-3,11-13 ----- | 1-13 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/052709

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|----|------------------|-------------------------|------------------|
| EP 1548914 | A | 29-06-2005 | NONE | |
| US 2003067239 | A1 | 10-04-2003 | DE 10245652 A1 | 10-04-2003 |
| | | | FR 2830694 A1 | 11-04-2003 |
| | | | JP 3709823 B2 | 26-10-2005 |
| | | | JP 2003116242 A | 18-04-2003 |
| EP 1081830 | A2 | 07-03-2001 | DE 60001526 D1 | 10-04-2003 |
| | | | DE 60001526 T2 | 02-10-2003 |
| | | | JP 3769990 B2 | 26-04-2006 |
| | | | JP 2001054263 A | 23-02-2001 |
| | | | US 6459177 B1 | 01-10-2002 |
| US 2005229381 | A1 | 20-10-2005 | DE 10308893 A1 | 11-09-2003 |
| | | | FR 2836605 A1 | 29-08-2003 |
| | | | JP 3630141 B2 | 16-03-2005 |
| | | | JP 2003259583 A | 12-09-2003 |
| | | | US 2003160531 A1 | 28-08-2003 |

| A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES | | |
|--|--|---|
| INV. | H02K3/12 | H02K3/38 |
| | H02K3/50 | H02K15/00 |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC | | |
| B. RECHERCHIERTE GEBIETE | | |
| Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) | | |
| H02K | | |
| 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 | | |
| C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| X | EP 1 548 914 A (DENSO CORP [JP]) 29. Juni 2005 (2005-06-29) Absatz [0016]; Abbildung 1 Absatz [0022]; Abbildungen 3,4 | 1 |
| X | Abbildung 10 | 2 |
| Y | Absatz [0022]; Abbildungen 5-10 | 3-10 |
| Y | Absatz [0024] | 11-13 |
| X | US 2003/067239 A1 (NAKAMURA SHIGENOBU [JP]) 10. April 2003 (2003-04-10) Abbildungen 1-4 | 1 |
| Y | Absatz [0025]; Abbildungen 1-6 | 3-10 |
| Y | Absätze [0005], [0025] | 11-13 |
| X | EP 1 081 830 A2 (DENSO CORP [JP]) 7. März 2001 (2001-03-07) Abbildungen 1-4,8 | 1,11 |
| | -/- | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie | | |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : | | |
| *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen 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 |
| *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist | | *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden |
| *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) | | *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist |
| *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht | | *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
| *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist | | |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts |
| 15. Juni 2007 | | 29/06/2007 |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016 | | Bevollmächtigter Bediensteter Kanelis, Konstantin |

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|---|---|--------------------|
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| A | US 2005/229381 A1 (KATO MITSURU [JP]) 20. Oktober 2005 (2005-10-20) Absatz [0049]; Abbildungen 1-3,11-13 ----- | 1-13 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/052709

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|----|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 1548914 | A | 29-06-2005 | KEINE | |
| US 2003067239 | A1 | 10-04-2003 | DE 10245652 A1 | 10-04-2003 |
| | | | FR 2830694 A1 | 11-04-2003 |
| | | | JP 3709823 B2 | 26-10-2005 |
| | | | JP 2003116242 A | 18-04-2003 |
| EP 1081830 | A2 | 07-03-2001 | DE 60001526 D1 | 10-04-2003 |
| | | | DE 60001526 T2 | 02-10-2003 |
| | | | JP 3769990 B2 | 26-04-2006 |
| | | | JP 2001054263 A | 23-02-2001 |
| | | | US 6459177 B1 | 01-10-2002 |
| US 2005229381 | A1 | 20-10-2005 | DE 10308893 A1 | 11-09-2003 |
| | | | FR 2836605 A1 | 29-08-2003 |
| | | | JP 3630141 B2 | 16-03-2005 |
| | | | JP 2003259583 A | 12-09-2003 |
| | | | US 2003160531 A1 | 28-08-2003 |