

(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
28. März 2019 (28.03.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/057383 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 21/12 (2006.01) H02K 21/16 (2006.01)
H02K 1/12 (2006.01) H02K 3/12 (2006.01)
H02K 7/14 (2006.01) H02K 3/18 (2006.01)
H02K 3/04 (2006.01) H02K 1/14 (2006.01)
H02K 3/46 (2006.01) H02K 1/18 (2006.01)
H02K 21/14 (2006.01)

20. September 2017 (20.09.2017) DE

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/071397

(22) Internationales Anmeldedatum:
07. August 2018 (07.08.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 216 631.2

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

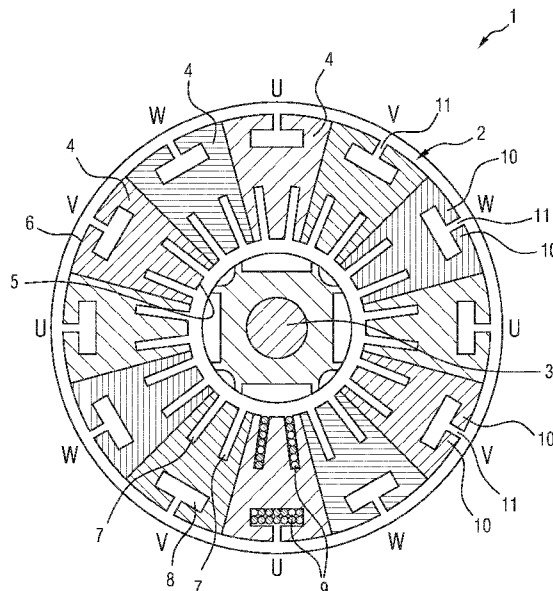
(72) Erfinder: STAUDER, Peter; Am Heckerpfad 43, 55128 Mainz (DE). LÜDDECKE, Bernhardt; Heerwagenstraße 36, 90489 Nürnberg (DE). VORNWEG, Lars; Joseph-Beierle-Straße 11, 58706 Menden (DE). DINH, Nam Anh; Gretapfelstrasse 6, 60435 Frankfurt am Main (DE). JUST, Dominik; Wagnerstrasse 45, 76709 Kronau (DE).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,

(54) Title: ELECTRIC MACHINE

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to an electric machine having an annular stator and a rotor provided inside the stator, the stator having a plurality of stator segments in a circumferential direction. Each of the stator segments has one or more internal grooves provided in the region of the inner circumference of the stator segment and a winding window provided in the region of the outer circumference of the stator segment. A stator winding is toroidally wound around the stator segment. The winding window is partially surrounded on its radial exterior by stator segment outer arms in such a way that a radially oriented external gap is formed between the stator segment outer arms, said external gap extending from the winding window to the outer circumference of the stator segment.



WO 2019/057383 A1

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)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, welche einen ringförmigen Stator und einen innerhalb des Stators angeordneten Rotor aufweist, wobei der Stator in Umfangsrichtung eine Vielzahl von Statorsegmenten hat. Jedes der Statorsegmente weist eine oder mehrere im Bereich des Innenumfangs des Statorsegments angeordnete Innennuten und ein im Bereich des Außenumfangs des Statorsegments angeordnetes Wickelfenster auf. Um das Statorsegment ist eine Statorwicklung toroidförmig gewickelt. Das Wickelfenster ist an seiner radialen Außenseite von Statorsegmentaußenarmen derart teilweise umgeben, dass zwischen den Statorsegmentaußenarmen ein radial gerichteter, sich vom Wickelfenster bis zum Außenumfang des Statorsegments erstreckender Außenspalt gebildet ist.

Beschreibung

Elektrische Maschine

- 5 Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, welche einen ringförmigen Stator und einen innerhalb des Stators angeordneten Rotor aufweist

10 Eine derartige elektrische Maschine wird beispielsweise bei einem elektrischen Verdichter eines Turboladers einer Brennkraftmaschine eingesetzt. Ein Verdichter, der zur Aufladung der Brennkraftmaschine vorgesehen ist, muss aufgrund des Wirkungsgrades der Aerodynamik bei sehr hohen Drehzahlen betrieben werden. Diese liegen in einem Bereich von etwa 70000 Umdrehungen pro Minute bis zu 150000 Umdrehungen pro Minute.

20 Es ist bereits bekannt, die Statorwicklung einer elektrischen Maschine als konzentrierte Wicklung auszuführen, bei welcher die Spulen jeweils um einen Statorzahn gewickelt sind. Dies ermöglicht eine kompakte Bauweise, erzeugt aber ein räumlich betrachtet stark oberwellenhaltiges Stator magnetfeld. Dieses wiederum bewirkt hohe ohmsche Verluste im Rotor der elektrischen Maschine durch Wirbelströme.

25 Es ist auch bereits bekannt, die Statorwicklung einer elektrischen Maschine als verteilte Wicklung zu realisieren. Eine derartige verteilte Wicklung bildet einen Sinus besser nach als eine konzentrierte Wicklung. Bei einer Realisierung der Statorwicklung als verteilte Wicklung sind die Wirbelströme
30 deutlich reduziert. Allerdings werden verteilte Wicklungen üblicherweise mittels der Einziehtechnik hergestellt oder mittels der sogenannten Hairpin-Technik aus Einzelleitern gesteckt und anschließend verschweißt. In beiden vorgenannten Fällen wird vergleichsweise viel Platz für die Wickelköpfe
35 benötigt, da die Leiter beim Wicklungsaufbau aneinander vorbeigeführt werden müssen.

Aus der DE 10 2013 207 469 A1 ist eine elektrische Maschine bekannt, die einen ringförmigen Stator und einen innerhalb des Stators angeordneten Rotor aufweist. Der Stator weist ein Statoreisen auf. Dieses wiederum weist ein Statorjoch und
5 Statorzähne auf. Ferner hat der Stator eine Statorwicklung, die toroidförmig um das Statorjoch verläuft, wobei das Statorjoch zur Aufnahme der Statorwicklung eine am Innenumfang des Statorjochs vorgesehene Innennut und eine am Außenumfang des Statorjochs vorgesehene Außennut aufweist. Des Weiteren ist an der
10 Statorwicklung ein Verguss derart vorgesehen, dass die Statorwicklung durch den Verguss thermisch an das Statoreisen angebunden ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine einen ringförmigen
15 Stator und einen innerhalb des Stators angeordneten Rotor aufweisende elektrische Maschine anzugeben, bei welcher die Rotormagnetverluste reduziert sind.

Diese Aufgabe wird durch eine elektrische Maschine mit den im
20 Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung weist einen
25 ringförmigen Stator und einen innerhalb des Stators angeordneten Rotor auf, wobei der Stator in Umfangsrichtung eine Vielzahl von Statorsegmenten enthält, wobei jedes der Statorsegmente eine oder mehrere in der Nähe des Innenumfangs des Statorsegments angeordnete Innennuten und ein in der Nähe des Außenumfangs des
30 Statorsegments angeordnetes Wickelfenster aufweist, wobei eine Statorwicklung toroidförmig um das Statorsegment gewickelt ist und wobei das Wickelfenster an seiner radialen Außenseite von Statorsegmentaußenarmen derart teilweise umgeben ist, dass im Bereich zwischen den Statorsegmentaußenarmen ein radial ge-
35 richteter, vom Wickelfenster bis zum Außenumfang des Statorsegments reichender Außenspalt gebildet ist.

Die Vorteile der Erfindung bestehen insbesondere darin, dass die Wicklungsinduktivität, die mit dem Rotor der elektrischen Maschine verkoppelt ist, klein gehalten werden kann, so dass der Rotor im Vergleich zum Stand der Technik nur kleineren Oberwellenamplituden des Statormagnetfeldes ausgesetzt ist. Diese Vorteile der Erfindung werden dadurch ermöglicht, dass durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale die außerhalb des Stators verlaufenden Rückleiter der Statorwicklung dazu genutzt werden, eine zusätzliche Induktivität bereitzustellen, deren B-Feld unabhängig vom Rotor ist, d.h. einen Weg nimmt, der nicht am Rotor entlang und auch nicht durch diesen hindurch führt. Durch eine geeignete Wahl der Länge und der Breite des im Anspruch 1 angegebenen Außenspalts, der zwischen den beiden Statorsegmentaußenarmen vorgesehen ist und sich in Radialrichtung erstreckt, kann in vorteilhafter Weise die gewünschte Induktivität eingestellt werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele für die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigt

Figur 1 eine Skizze zur Veranschaulichung eines ersten Ausführungsbeispiels für eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung,

Figur 2 eine Skizze zur Veranschaulichung eines zweiten Ausführungsbeispiels für eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung,

Figur 3 eine Skizze zur Veranschaulichung eines dritten Ausführungsbeispiels für eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung,

Figur 4 eine Skizze zur Veranschaulichung einer Ausführungsform der Erfindung und

Figur 5 eine Skizze zur Veranschaulichung einer anderen Ausführungsform für die Erfindung.

Die Figur 1 zeigt eine Skizze zur Veranschaulichung eines ersten Ausführungsbeispiels für eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung.

Die in der Figur 1 gezeigte elektrische Maschine 1 weist einen ringförmigen Stator 2 und einen innerhalb des Stators angeordneten Rotor 3 auf. Der Stator 2 weist in Umfangsrichtung eine Vielzahl von Statorsegmenten 4 auf. Jedes dieser Statorsegmente 4 ist einer der Phasen U, V oder W des Wechselstromsystems zugeordnet. Folglich sind in der Figur 1 die Statorsegmente mit dem Buchstaben U, V oder W bezeichnet. Jedes dieser Statorsegmente 4 weist beim gezeigten Ausführungsbeispiel zwei im Bereich des Innenumfangs 5 des jeweiligen Statorsegments angeordnete Innennuten 7 auf, die sich jeweils in Radialrichtung erstrecken. Des Weiteren weist jedes der Statorsegmente 4 im Bereich seines Außenumfangs 6 ein Wickelfenster 8 auf, dessen Längsrichtung sich in Umfangsrichtung des Stators erstreckt. Die Innennuten 7 und das Wickelfenster 8 jedes Statorsegments 4 dienen zur Aufnahme der Statorwicklung, welche toroidförmig um das jeweilige Statorsegment gewickelt ist.

Das Wickelfenster 8 eines jeden Statorsegments 4 ist an seiner radialen Außenseite von Statorsegmentaußenarmen 10 derart teilweise umgeben, dass zwischen den Statorsegmentaußenarmen 10 ein radial gerichteter, sich vom Wickelfenster 8 bis zum Außenumfang 6 des jeweiligen Statorsegments 4 erstreckender Außenspalt 11 gebildet ist.

Die Länge und die Breite dieses Außenspalts 11 sind so gewählt, dass im Bereich außerhalb des Stators ein zusätzlicher Magnetkreis gebildet ist, der eine vorgegebene, durch die Länge und die Breite des Außenspalts 11 bestimmte Induktivität aufweist. Folglich kann durch eine geeignete Wahl der Länge und der Breite des Außenspalts 11 außerhalb des Stators ein Magnetfeld gewünschter Größe aufgebaut werden. Dieses außerhalb des Stators

gebildete Magnetfeld hat keinen Einfluss auf den innerhalb des Stators 2 angeordneten Rotor 3 der elektrischen Maschine, so dass das B-Feld bzw. die zugehörigen Oberwellenamplituden des zusätzlichen Magnetfeldes keine unerwünschten Auswirkungen auf den Rotor haben.

Bei dem in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel erstreckt sich der Außenspalt 11 ausgehend von dem in Umfangsrichtung mittleren Bereich des Wickelfensters 8 radial nach außen bis zum Außenumfang 6 des jeweiligen Statorsegments 4. Folglich weisen bei diesem Ausführungsbeispiel die Statorsegmentaußenarme 10 in Umfangsrichtung des jeweiligen Statorsegments 4 dieselbe Länge auf.

Bei der in der Figur 1 dargestellten elektrischen Maschine 1 handelt es sich um eine vierpolige Maschine, für welche ein Stator 2 verwendet wird, der an seinem Innenumfang 5 insgesamt 24 Innennuten 7 aufweist. Dieser Stator hat insgesamt 12 Statorsegmente 4. Vier dieser Statorsegmente sind der Phase U, vier weitere der Statorsegmente der Phase V und die vier verbleibenden Statorsegmente der Phase W zugeordnet. Jedes Statorsegment 4 hat zwei Innennuten 7 und ein Wickelfenster 8, wobei die dem jeweiligen Statorsegment zugehörige Statorwicklung toroidförmig um das Statorsegment gewickelt ist, wobei das Wickelfenster derart dimensioniert ist, dass es im Vergleich zu den beiden Innennuten des Statorsegments die doppelte Anzahl von Leitern aufnehmen kann.

Aufgrund des außerhalb des Stators gebildeten zusätzlichen Magnetkreises kann das innerhalb des Stators gebildete Statormagnetfeld, das mit dem Rotor der elektrischen Maschine verkoppelt ist, klein gehalten werden, so dass der Einfluss der Oberwellenamplituden von dem innerhalb des Stators gebildeten Magnetfeld auf den Rotor niedrig gehalten ist.

Die Figur 2 zeigt eine Skizze zur Veranschaulichung eines zweiten Ausführungsbeispiels für eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung.

Auch bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel weist der Stator in Umfangsrichtung eine Vielzahl von Statorsegmenten auf. Jedem dieser Statorsegmente ist bei diesem Ausführungsbeispiel aber im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel nur eine im Bereich des Innenumfangs des Statorsegments angeordnete Innennut 7 zugeordnet. Im Bereich des Außenumfangs des jeweiligen Statorsegments weist jedes Statorsegment ein Wickelfenster 8 auf. Auch hier ist die dem jeweiligen Statorsegment zugehörige Statorwicklung toroidförmig um das Statorsegment gewickelt. Des Weiteren ist auch bei diesem Ausführungsbeispiel das Wickelfenster 8 an seiner radialen Außenseite von Statorsegmentaußenarmen 10 derart teilweise umgeben, dass zwischen den Statorsegmentaußenarmen ein radial gerichteter, sich vom Wickelfenster 8 bis zum Außenumfang 6 des jeweiligen Statorsegments erstreckender Außenspalt 11 gebildet ist.

Das zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in der Figur 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel auch dadurch, dass die Innennuten 7 des jeweiligen Statorsegments 4 nicht direkt am Innenumfang 5 des jeweiligen Statorsegments 4 enden, sondern von diesem Innenumfang 5 beabstandet sind. So sind diese Innennuten an ihrer radialen Innenseite von Statorsegmentinnenarmen 13 derart teilweise umgeben, dass zwischen den Statorsegmentinnenarmen 13 ein radial gerichteter, sich von der Innennut 7 bis zum Innenumfang 5 des jeweiligen Statorsegments 4 erstreckender Innenspalt 14 gebildet ist.

Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass am Innenumfang des Stators in Umfangsrichtung nur kleine Reluktanzunterschiede auftreten. Dadurch entstehen geringere Verluste im Rotor.

Des Weiteren ist aus der Figur 2 ersichtlich, dass bei diesem Ausführungsbeispiel der Innenspalt 14 in seinem Übergangsbereich zur Innennut 7 des jeweiligen Statorsegments in Umfangsrichtung aufgeweitet ist.

Die Figur 3 zeigt eine Skizze zur Veranschaulichung eines dritten Ausführungsbeispiels für eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung. Dieses dritte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in der Figur 2 gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel lediglich dadurch, dass der Außenspalt 11 in seinem Übergangsbereich zum Außenumfang 6 des Statorsegments 4 in Umfangsrichtung aufgeweitet ist. Diese Aufweitung in Umfangsrichtung hat den Vorteil, dass die Durchflutung des den Stator umgebenden, elektrisch leitfähigen Gehäusematerials reduziert ist. Dadurch sind auch die Wirbelstromverluste reduziert.

Die Figur 4 zeigt eine Skizze zur Erläuterung einer Ausführungsform der Erfindung.

In dieser Skizze ist ein Teil des Stators 2 der elektrischen Maschine 1 dargestellt. Bei dieser Ausführungsform weist ebenso wie bei dem in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel jedes Statorsegment zwei im Bereich des Innenumfangs des Statorsegments angeordnete Innennuten 7 und ein im Bereich des Außenumfangs des Statorsegments angeordnetes Wickelfenster 8 auf. Auch bei dieser Ausführungsform ist das Wickelfenster 8 an seiner radialen Außenseite von Statorsegmentaußenarmen 10 derart teilweise umgeben, dass zwischen den Statorsegmentaußenarmen ein radial gerichteter, sich vom Wickelfenster 8 bis zum Außenumfang 6 des jeweiligen Statorsegments erstreckender Außenspalt gebildet ist. Im Unterschied zu dem in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel sind bei der in der Figur 4 gezeigten Ausführungsform die Statorsegmentaußenarme 10 umklappbar ausgebildet, wobei die Statorsegmentaußenarme 10 in der Figur 4 in einer ersten Endposition gezeigt sind. Diese erste Endposition ist die aufgeklappte Position der Statorsegmentaußenarme. In dieser aufgeklappten Position der Statorsegmentaußenarme 10 ist das Wickelfenster 8 freigegeben, so dass der Wickelvorgang der Statorwicklung vereinfacht ist. In seiner nicht in der Figur 4 dargestellten zweiten Endposition sind die Statorsegmentaußenarme 10 in ihrer zugeklappten Position. In dieser zugeklappten Endposition der Statorsegmentaußenarme 10 ist der sich vom

Wickelfenster 8 radial nach außen erstreckende Außenspalt 11 freigehalten.

Eine umklappbare Ausgestaltung der Statorsegmentaußenarme ist auch bei erfindungsgemäßen elektrischen Maschinen verwendbar, die pro Statorsegment eine andere Anzahl von Innennuten aufweisen.

Die Figur 5 zeigt eine Skizze einer anderen Ausführungsform für die Erfindung.

Diese in der Figur 5 veranschaulichte andere Ausführungsform entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Bei dieser anderen Ausführungsform weist ebenso wie bei dem in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel jedes Statorsegment zwei im Bereich des Innenumfangs des Statorsegments angeordnete Innennuten 7 und ein im Bereich des Außenumfangs des Statorsegments angeordnetes Wickelfenster 8 auf. Auch bei dieser anderen Ausführungsform ist das Wickelfenster 8 an seiner radialen Außenseite von Statorsegmentaußenarmen derart teilweise umgeben, dass zwischen den Statorsegmentaußenarmen ein radial gerichteter, sich vom Wickelfenster bis zum Außenumfang des jeweiligen Statorsegments erstreckender Außenspalt gebildet ist.

Im Unterschied zu dem in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel und auch im Unterschied zu der in der Figur 4 gezeigten Ausführungsform sind bei der in der Figur 5 gezeigten anderen Ausführungsform auf die Statoraußenarme Brücken 12 aufgesetzt. Diese Brücken 12 sind derart ausgebildet, dass der sich vom Wickelfenster bis zum Außenumfang des jeweiligen Statorsegments erstreckende Außenspalt freigehalten ist. Die Brücken 12 bestehen vorzugsweise aus Eisenpulver- oder MPP-Kernmaterial.

Ein weiterer Unterschied dieser anderen Ausführungsform zu dem in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel und auch zu der in der Figur 4 gezeigten Ausführungsform besteht darin, dass

die Statorsegmente im Bereich zwischen den Innennuten 7 und dem Wickelfenster 8 einen Eisenpulver- oder MPP-Kern aufweisen. Dadurch werden die Verluste der elektrischen Maschine reduziert.

- 5 Eine Verwendung eines derartigen Eisenpulver- oder MPP-Kerns im Bereich zwischen den Innennuten 7 und dem Wickelfenster 8 ist auch bei erfindungsgemäßen elektrischen Maschinen verwendbar, die pro Statorsegment eine andere Anzahl von Innennuten aufweisen.

10

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, die elektrische Maschine im Bereich des Innenumfangs der Statorsegmente mit einer als Sensorwicklung dienenden Zusatzwicklung auszustatten. Bei dieser Zusatzwicklung handelt es sich vorzugsweise um eine aus einem sehr dünnen Draht bestehende verteilte Wicklung.

15

Bei der Statorwicklung kann es sich um eine in einem Zug gewickelte Spule handeln. Alternativ dazu kann es sich bei der Statorwicklung auch um eine nicht in einem Zug gewickelte Spule handeln.

20

Des Weiteren kann die Statorwicklung in Form einer Dreieckschaltung oder einer Sternschaltung realisiert sein.

25

Bei der elektrischen Maschine kann es sich um eine vierpolige oder um eine zweipolige elektrische Maschine handeln.

30

Die Segmente des Stators können unter Verwendung der Schwalbenschwanztechnik miteinander verbunden sein. Alternativ dazu ist es auch möglich, die Segmente des Stators miteinander zu verschweißen. Eine weitere Alternative besteht darin, die Segmente des Stators mittels eines Kunststoffspritzgusses miteinander zu verbinden. Alternativ dazu kann anstelle einer Schwalbenschwanzverbindung auch eine beliebige andere „Puzzle-Geometrie“ zur Verbindung der Statorsegmente verwendet werden.

35

Der komplette Stator kann in vorteilhafter Weise zur besseren Entwärmung von einem Verguss aus einem wärmeleitfähigen Material umschlossen werden.

- 5 Des Weiteren kann zwischen benachbarten Statorsegmenten jeweils eine Isolationsschicht eingebracht sein, um ein Auftreten von Kurzschlüssen zwischen benachbarten Blechlagen sowie ein Auftreten von Wirbelströmen zu vermeiden.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine (1), welche einen ringförmigen Stator (2) und einen innerhalb des Stators angeordneten Rotor (3) aufweist, wobei der Stator in Umfangsrichtung eine Vielzahl von Statorsegmenten (4) aufweist, wobei jedes der Statorsegmente eine oder mehrere im Bereich des Innenumfangs (5) des Statorsegments angeordnete Innennuten (7) und ein im Bereich des Außenumfangs (6) des Statorsegments angeordnetes Wickelfenster (8) aufweist, und wobei eine Statorwicklung (9) toroidförmig um das Statorsegment (4) gewickelt ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Wickelfenster (8) an seiner radialen Außenseite von Statorsegmentaußenarmen (10) derart teilweise umgeben ist, dass zwischen den Statorsegmentaußenarmen (10) ein radial gerichteter, sich vom Wickelfenster (8) bis zum Außenumfang (6) des Statorsegments (4) erstreckender Außenspalt (11) gebildet ist.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge und die Breite des Außenspalts (11) derart gewählt sind, dass im Bereich außerhalb des Stators ein zusätzlicher Magnetkreis vorgegebener Induktivität gebildet ist.
3. Elektrische Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorsegmentaußenarme (10) in Umfangsrichtung des Statorsegments (4) dieselbe Länge aufweisen.
4. Elektrische Maschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Außenspalt (11) sich ausgehend vom in Umfangsrichtung mittleren Bereich des Wickelfensters (8) radial nach außen bis zum Außenumfang (6) des Statorsegments (4) erstreckt.
5. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Außenspalt (11) in seinem Übergangsbereich zum Außenumfang (6) des Statorsegments (4) in Umfangsrichtung aufgeweitet ist.

6. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorsegmentaußenarme (10) umklappbar sind, wobei sie in einer ersten Endposition auf-
geklappt sind und das Wickelfenster (8) freigeben und in einer
5 zweiten Endposition zugeklappt sind, wobei in der zugeklappten Endposition der sich vom Wickelfenster (8) bis zum Außenumfang (6) des Statorsegments (4) erstreckende Außenspalt (11) freigehalten ist.

10 7. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass auf die Statorsegmentaußenarme (10) eine Brücke (12) derart aufgesetzt ist, dass der sich vom Wickelfenster (8) bis zum Außenumfang (6) des Statorsegments (4) erstreckende Außenspalt (11) freigehalten ist.

15 8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Brücke (12) aus Eisenpulver- oder MPP-Kernmaterial besteht.

20 9. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Innennuten (7) an ihrer radialen Innenseite von Statorsegmentinnenarmen (13) derart teilweise umgeben sind, dass zwischen den Statorsegmentinnenarmen ein radial gerichteter, sich von der Innennut (7) bis zum Innenumfang
25 (5) des Statorsegments (4) erstreckender Innenspalt (14) gebildet ist.

10. Elektrische Maschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorsegmentinnenarme (13) in Umfangs-
30 richtung des Statorsegments (4) dieselbe Länge aufweisen.

11. Elektrische Maschine nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenspalt (14) in seinem Übergangsbereich zur Innennut (7) des Statorsegments (4) in Um-
35 fangsrichtung aufgeweitet ist.

12. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich zwischen der

Innennut (7) eines Statorsegments (4) und dem Wickelfenster (8) des Statorsegments (4) ein Eisenpulver- oder MPP-Kern vorgesehen ist.

- 5 13. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Innenumfangs (5) der Statorsegmente (4) eine als Sensorwicklung dienende Zusatzwicklung angeordnet ist.

10

15

FIG 1

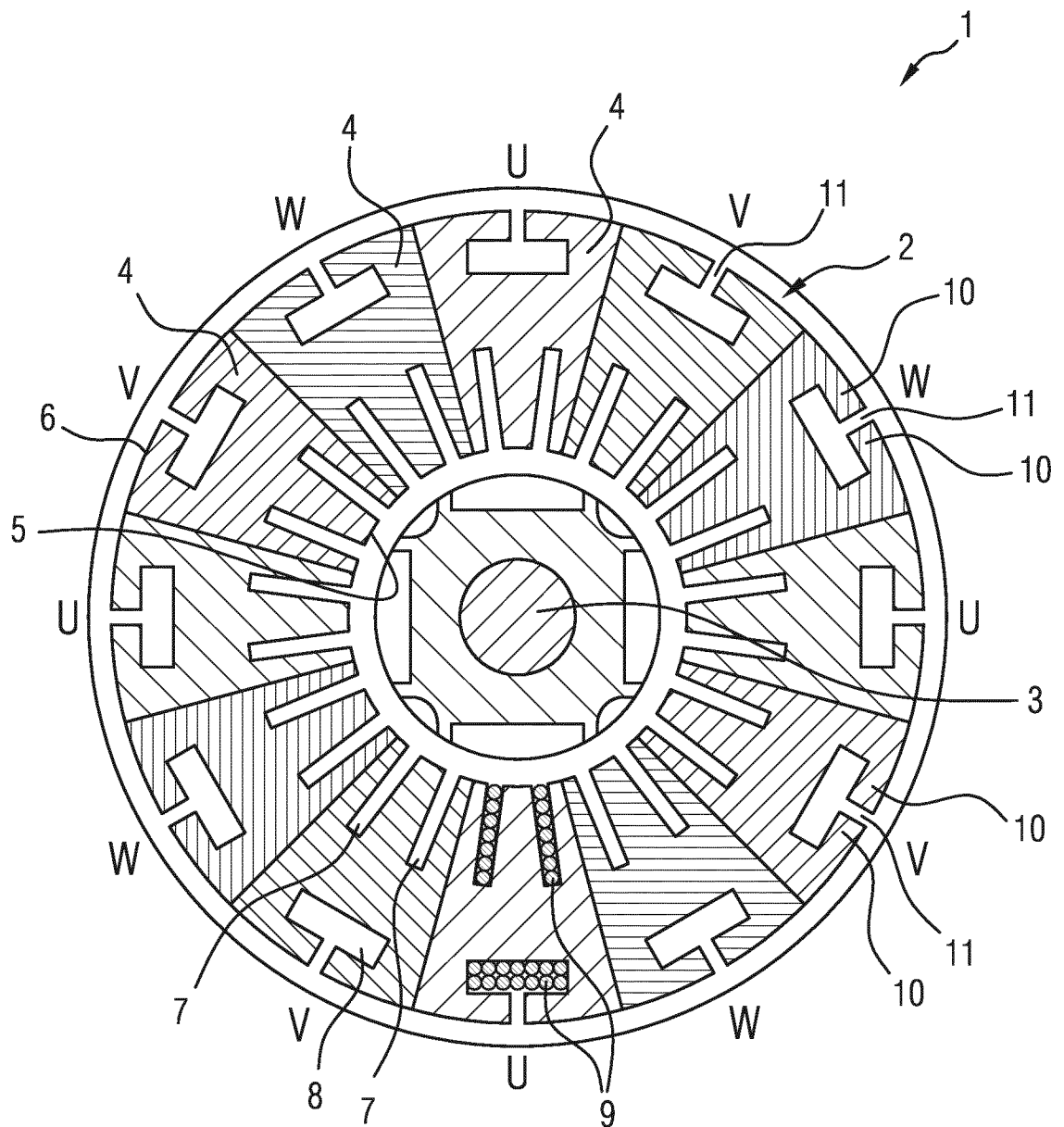


FIG 2

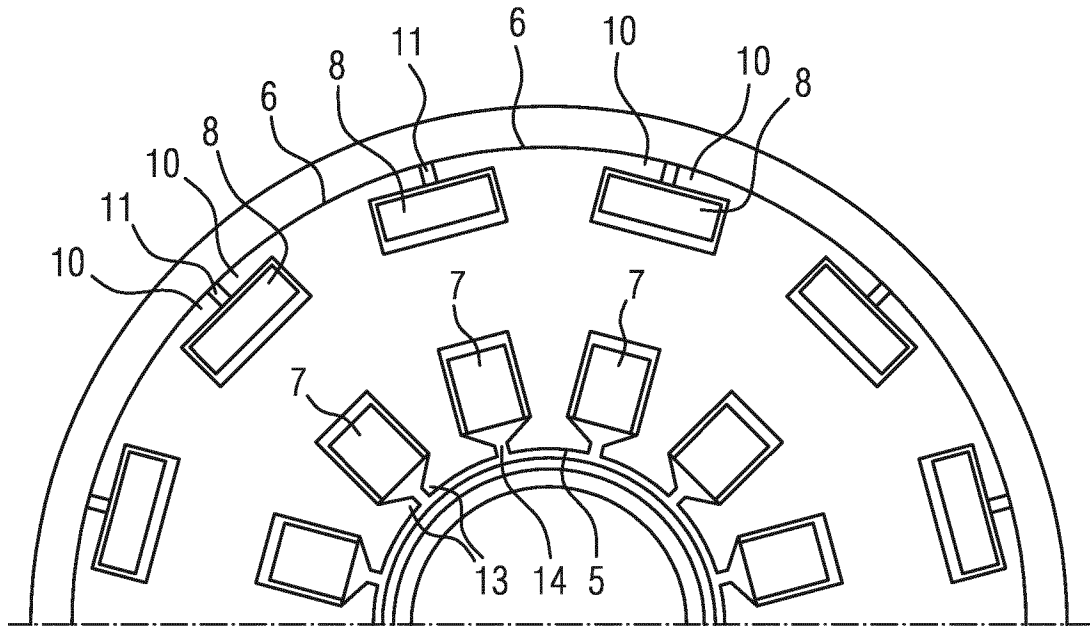
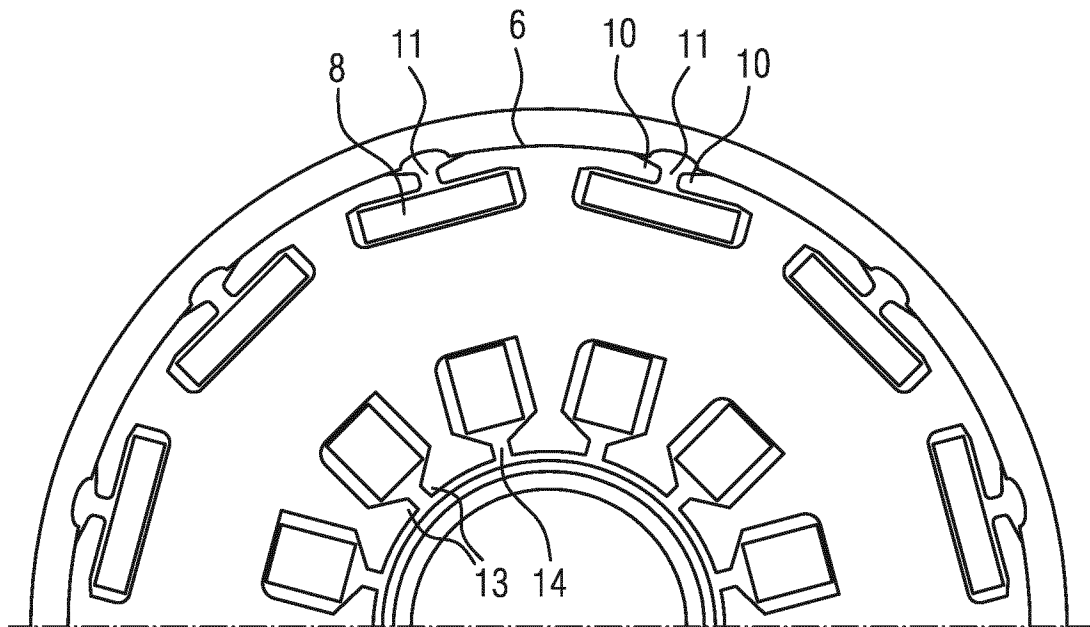


FIG 3



3/3

FIG 4

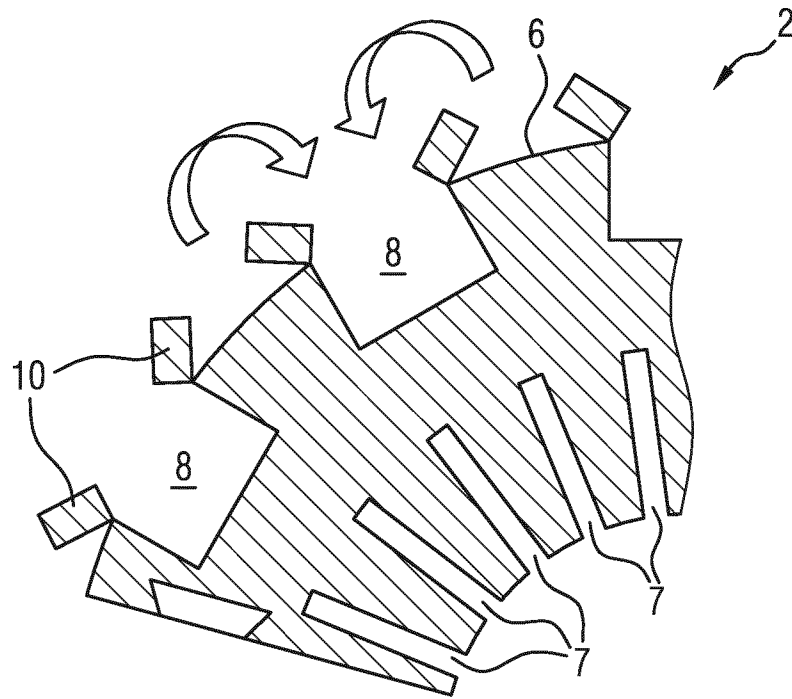
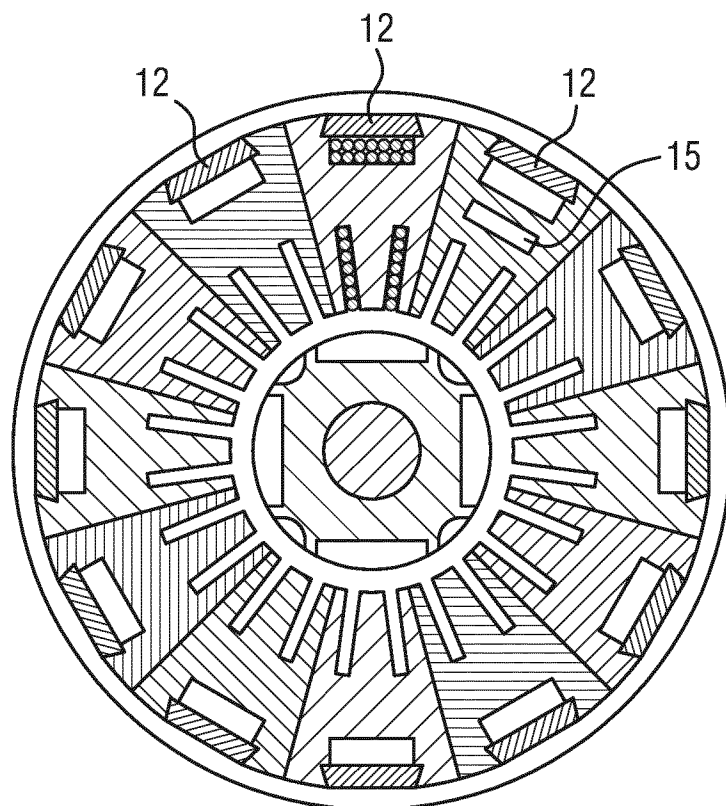


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/071397

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 21/12(2006.01)i; **H02K 1/12**(2006.01)i; **H02K 7/14**(2006.01)i; **H02K 3/04**(2006.01)i; **H02K 3/46**(2006.01)i;
H02K 21/14(2006.01)n; **H02K 21/16**(2006.01)n; **H02K 3/12**(2006.01)n; **H02K 3/18**(2006.01)n; **H02K 1/14**(2006.01)n;
H02K 1/18(2006.01)n

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 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.
A	US 7965014 B2 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 21 June 2011 (2011-06-21) figure 2	1
A	WO 2015002453 A1 (AMOTECH CO LTD [KR]) 08 January 2015 (2015-01-08) figures 4,5	1
A	FR 3005219 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31 October 2014 (2014-10-31) figure 6	1
A	US 6924574 B2 (WISCONSIN ALUMNI RES FOUND [US]) 02 August 2005 (2005-08-02) figure 14b	1
A	WO 2007043506 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]; KOSHIBA ATSUYOSHI; HIWAKI HIDEHAR) 19 April 2007 (2007-04-19) figure 1	1
A	US 8035265 B2 (PANASONIC CORP [JP]) 11 October 2011 (2011-10-11) figure 2	1



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

29 August 2018

Date of mailing of the international search report

10 September 2018

Name and mailing address of the ISA/EP

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

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

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

Authorized officer

Le Chenadec, Hervé

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/071397**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP S5970155 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 20 April 1984 (1984-04-20) figure 7	1
A	US 2005236920 A1 (KUSASE SHIN [JP] ET AL) 27 October 2005 (2005-10-27) figure 9	1
A	JP 2001103688 A (EBARA CORP) 13 April 2001 (2001-04-13) figures 1,2	1
A	US 2016168775 A1 (KIM BYUNG SOO [KR] ET AL) 16 June 2016 (2016-06-16) figure 5	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/071397

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	7965014	B2	21 June 2011	JP	2010068686	A	25 March 2010
				US	2010066199	A1	18 March 2010
WO	2015002453	A1	08 January 2015	KR	20150004600	A	13 January 2015
				WO	2015002453	A1	08 January 2015
FR	3005219	A1	31 October 2014	DE	102013207469	A1	13 November 2014
				FR	3005219	A1	31 October 2014
US	6924574	B2	02 August 2005	NONE			
WO	2007043506	A1	19 April 2007	CN	101243599	A	13 August 2008
				EP	1912316	A1	16 April 2008
				JP	4849071	B2	28 December 2011
				JP	WO2007043506	A1	16 April 2009
				KR	20080030667	A	04 April 2008
				US	2009091204	A1	09 April 2009
				WO	2007043506	A1	19 April 2007
US	8035265	B2	11 October 2011	CN	101461120	A	17 June 2009
				EP	2017945	A1	21 January 2009
				JP	4788769	B2	05 October 2011
				JP	WO2007138923	A1	01 October 2009
				US	2010033043	A1	11 February 2010
				US	2011163629	A1	07 July 2011
				US	2011175464	A1	21 July 2011
				WO	2007138923	A1	06 December 2007
JP	S5970155	A	20 April 1984	NONE			
US	2005236920	A1	27 October 2005	US	2003102758	A1	05 June 2003
				US	2005236920	A1	27 October 2005
				US	2006082238	A1	20 April 2006
JP	2001103688	A	13 April 2001	NONE			
US	2016168775	A1	16 June 2016	CN	105358756	A	24 February 2016
				KR	20150010925	A	29 January 2015
				US	2016168775	A1	16 June 2016
				WO	2015009104	A1	22 January 2015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES				
INV.	H02K21/12	H02K1/12	H02K7/14	H02K3/04
ADD.	H02K21/14	H02K21/16	H02K3/12	H02K3/18
	H02K1/18			H02K3/46
				H02K1/14
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC				
B. RECHERCHIERTE GEBIETE				
Recherchierter 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, WPI Data				
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN				
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile			Betr. Anspruch Nr.
A	US 7 965 014 B2 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 21. Juni 2011 (2011-06-21) Abbildung 2			1
A	WO 2015/002453 A1 (AMOTECH CO LTD [KR]) 8. Januar 2015 (2015-01-08) Abbildungen 4,5			1
A	FR 3 005 219 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31. Oktober 2014 (2014-10-31) Abbildung 6			1
A	US 6 924 574 B2 (WISCONSIN ALUMNI RES FOUND [US]) 2. August 2005 (2005-08-02) Abbildung 14b			1
	----- -/-			
☒ 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	
29. August 2018			10/09/2018	
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 Le Chenadec, Hervé	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2007/043506 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]; KOSHIBA ATSUYOSHI; HIWAKI HIDEHAR) 19. April 2007 (2007-04-19) Abbildung 1 -----	1
A	US 8 035 265 B2 (PANASONIC CORP [JP]) 11. Oktober 2011 (2011-10-11) Abbildung 2 -----	1
A	JP S59 70155 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 20. April 1984 (1984-04-20) Abbildung 7 -----	1
A	US 2005/236920 A1 (KUSASE SHIN [JP] ET AL) 27. Oktober 2005 (2005-10-27) Abbildung 9 -----	1
A	JP 2001 103688 A (EBARA CORP) 13. April 2001 (2001-04-13) Abbildungen 1,2 -----	1
A	US 2016/168775 A1 (KIM BYUNG SOO [KR] ET AL) 16. Juni 2016 (2016-06-16) Abbildung 5 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/071397

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
US 7965014	B2	21-06-2011	JP	2010068686	A	25-03-2010
			US	2010066199	A1	18-03-2010

WO 2015002453	A1	08-01-2015	KR	20150004600	A	13-01-2015
			WO	2015002453	A1	08-01-2015

FR 3005219	A1	31-10-2014	DE	102013207469	A1	13-11-2014
			FR	3005219	A1	31-10-2014

US 6924574	B2	02-08-2005	KEINE			

WO 2007043506	A1	19-04-2007	CN	101243599	A	13-08-2008
			EP	1912316	A1	16-04-2008
			JP	4849071	B2	28-12-2011
			JP	WO2007043506	A1	16-04-2009
			KR	20080030667	A	04-04-2008
			US	2009091204	A1	09-04-2009
			WO	2007043506	A1	19-04-2007

US 8035265	B2	11-10-2011	CN	101461120	A	17-06-2009
			EP	2017945	A1	21-01-2009
			JP	4788769	B2	05-10-2011
			JP	WO2007138923	A1	01-10-2009
			US	2010033043	A1	11-02-2010
			US	2011163629	A1	07-07-2011
			US	2011175464	A1	21-07-2011
			WO	2007138923	A1	06-12-2007

JP S5970155	A	20-04-1984	KEINE			

US 2005236920	A1	27-10-2005	US	2003102758	A1	05-06-2003
			US	2005236920	A1	27-10-2005
			US	2006082238	A1	20-04-2006

JP 2001103688	A	13-04-2001	KEINE			

US 2016168775	A1	16-06-2016	CN	105358756	A	24-02-2016
			KR	20150010925	A	29-01-2015
			US	2016168775	A1	16-06-2016
			WO	2015009104	A1	22-01-2015