

(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
31. Januar 2013 (31.01.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/013733 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01K 11/12 (2006.01) G01D 5/347 (2006.01)
G01K 13/08 (2006.01) H02K 11/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/002259

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Mai 2012 (26.05.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 108 382.4 22. Juli 2011 (22.07.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): AUDI AG [DE/DE]; 85045 Ingolstadt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): APELSMEIER,
Andreas [DE/DE]; Hauptstrasse 7, 85131 Pollenfeld (DE).

(74) Anwalt: HERBST, Matthias; AUDI AG, Patentabteilung,
85045 Ingolstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
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, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

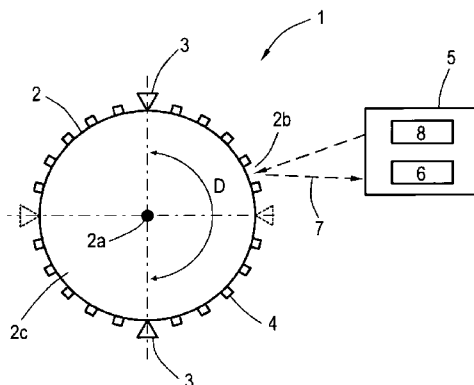
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: ELECTRIC MACHINE

(54) Bezeichnung : ELEKTRISCHE MASCHINE

FIG. 1



(57) Abstract: Electric machine (1), in particular electric motor, comprising a rotor (2) and a stator, wherein at least one element arranged on the rotor (2) is provided, with the degree of absorption of said element for incident photons changing depending on the temperature, and wherein an associated optical detection device (5) is provided, which determines a measurement signal (7) which is dependent on the instantaneous degree of absorption of the element and represents a measure of the element temperature.

(57) Zusammenfassung: Elektrische Maschine (1), insbesondere Elektromotor, umfassend einen Rotor (2) und einen Stator, wobei wenigstens ein am Rotor (2) angeordnetes Element vorgesehen ist, dessen Absorptionsgrad für einfallende Photonen sich in Abhängigkeit der Temperatur ändert und dass eine zugeordnete lichtoptische Erfassungseinrichtung (5) vorgesehen ist, die ein vom momentanen Absorptionsgrad des Elements abhängiges Messsignal (7) ermittelt, das ein Maß für die Elementtemperatur darstellt.

Elektrische Maschine

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, insbesondere einen Elektromotor, umfassend einen Rotor und einen Stator.

Bei elektrischen Maschinen sind die Permanentmagnete des Rotors üblicherweise die temperaturempfindlichsten Bauteile, weil eine auch nur kurzzeitige Überschreitung der Curie-Temperatur des verwendeten Magnetmaterials zur Schädigung der Magnete, insbesondere dem Verlust ihrer Magnetisierung, führt. Zum Schutz der Permanentmagnete ist daher eine Temperaturermittlung respektive eine Temperaturüberwachung des Rotors zweckmäßig. Bei elektrischen Maschinen findet die Erfassung der Rotortemperatur zumeist in einer Prüfstands Umgebung mittels Temperatursensoren statt. Des Weiteren kann die Erfassung der Rotortemperatur anhand Berechnungsmethoden, Simulationen, numerischen Modellbildungen oder aus den von der elektrischen Maschine ermittelten Betriebsgrößen erfolgen.

Nachteilig ist dabei jedoch, dass bei den oben genannten Methoden als auch bei den numerischen Modellbildungen keine allein ausreichende Vorhersage über den tatsächlichen thermischen Zustand des Rotors ermittelt werden kann. Dementsprechend - aufgrund der unzureichenden Genauigkeit bei der Erfassung der Rotortemperatur - wird ein Sicherheitsfaktor bzw. ein Temperaturpuffer gegen die Ungenauigkeit der erfassten Rotortemperatur verwendet. Dies hat zur Folge, dass elektrische Maschinen größer ausgelegt werden, was sich in Hinblick auf Materialkosten, höhere Bauraumbeanspruchung etc. als nachteilig erweist. Auch bei ermittelten Betriebsgrößen der elektrischen Maschine, beispielsweise einer von der magnetischen Flussverkettung abhängenden Rotortemperatur, besteht ein Problem, da es bei einer zu heißen elektrischen Maschine zu einer Entmagnetisierung der Mag-

nete des Rotors und damit zu einer Änderung des magnetischen Flusses kommt, was zu einer falschen Berechnung der Rotortemperatur führt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Maschine anzugeben, mit der kostengünstig und mit hoher Genauigkeit die Erfassung der Rotortemperatur qualitativ und quantitativ möglich ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einer elektrischen Maschine der eingangs genannten Art erfindungsgemäß ein am Rotor angeordnetes Element vorgesehen, dessen Absorptionsgrad für einfallende Photonen sich in Abhängigkeit der Temperatur ändert, sowie eine zugeordnete lichtoptische Erfassungseinrichtung, die ein vom momentanen Absorptionsgrad des Elements abhängiges Messsignal ermittelt, das ein Maß für die Elementtemperatur darstellt.

Die Erfindung beruht auf der Idee, dass lediglich das von einem angeordneten Element, dessen Absorptionsgrad für einfallende Photonen sich in Abhängigkeit der Temperatur ändert, reflektierte Erfassungssignal von einer optischen Erfassungseinrichtung erfasst und ausgewertet wird. Da sich das Absorptionsvermögen von Photonen eines temperaturabhängigen Elements mit Temperaturanstieg erhöht, ändert sich infolge dessen das reflektierte Licht respektive das Erfassungssignal charakteristisch in Abhängigkeit zu diesem Temperaturanstieg. Dabei stammt das auf das Element gerichtete Licht von wenigstens einer Lichtquelle, wobei das erfasste, reflektierte Licht respektive Signal ein Maß für die Elementtemperatur und demnach ein Maß für die Rotortemperatur darstellt. Da es sich hierbei um optische Vorgänge handelt, kann die zeitliche Auflösung im Gegensatz zu den herkömmlichen Sensoren wie beispielsweise Temperatursensoren deutlich erhöht werden. Zusätzlich ist der Einfluss von elektromagnetischen Feldern, hervorgerufen durch die in den elektrischen Maschinen angeordneten Magneten und Spulen, auf das reflektierende Signal vernachlässigbar, was sich gerade im aktiven Bereich einer elektrischen Maschine als vorteilhaft in Hinblick auf die Messgenauigkeit erweist.

Das verwendete Element kann nach einer ersten Alternative ein Halbleiterelement sein. Die Funktion der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine beruht darauf, dass während des Betriebs einer elektrischen Maschine Wärme entsteht, worauf sich die Bandlücke (Energieslücke), die den Bereich zwischen dem Leitungsband und dem Valenzband eines betreffenden, angeordneten Halbleiterelements angibt, charakteristisch zu Temperaturerhöhungen respektive Temperaturerniedrigungen ändert. Mit zunehmender Temperatur werden immer mehr Elektronen aus dem Valenzband in das Leitungsband angehoben, womit eine merkliche Änderung der elektrischen Leitfähigkeit hervorgerufen wird. Nachdem die Absorption eines Photons mit der Anregung eines Elektrons vom Valenzband in das Leitungsband verbunden ist, kann hieraus ein Zusammenhang mit der elektrischen Leitfähigkeit hergestellt werden, wobei dieser wiederum von der Temperatur abhängig ist. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Energie eines Photons die der Bandlücke übertreffen muss, da ansonsten das Photon nicht absorbiert werden kann. Unter Berücksichtigung geeigneter Auswertelgorithmen wie der Varshni-Formel und dem Debye-Modell lässt sich somit, ausgehend von dem von dem Halbleiterelement reflektierten Erfassungssignal, die Rotortemperatur ermitteln.

Gemäß einer weiteren Alternative kann anstelle eines Halbleiters ein thermochromer Stoff, beispielsweise anorganische Metalloxide oder Polymerblends verwendet werden, wobei dessen Moleküle bei wechselnder Temperaturänderung einen bestimmten, für jedes Material, charakteristischen Molekülzustand aufweisen. Kommt es nun in Folge eines laufenden Betriebs der elektrischen Maschine zu einer Temperaturerhöhung des Rotors, ändern sich die betreffenden Moleküle der thermochromen Schicht derart, dass in bestimmten Temperaturbereichen ein struktureller Phasenübergang auftritt, welcher dazu führt, dass ein anderer Bereich des Spektrums absorbiert wird. Das verbleibende reflektierte Licht respektive temperaturabhängige Erfassungssignal setzt sich nun zu einem neuen Spektrum zusammen, welches von einem thermochromen Temperatursensor erfasst werden kann, wobei dies ebenfalls ein Maß für die Rotortemperatur darstellt.

Somit wird durch die erfindungsgemäße elektrische Maschine auf einfache Weise die Rotortemperatur einer elektrischen Maschine kostengünstig und genau ermittelt.

Bei der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine wird es bevorzugt, dass das Element ein Halbleiterelement ist, wobei Halbleiterelemente eine Bandlücke im Bereich von 0 bis ca. 3 eV besitzen. Die halbleitenden Materialien können aus Elementen, Verbindungen und Legierungen bestehen, wobei die Elementhalbleiter in der IV. Hauptgruppe des Periodensystems stehen, wie beispielsweise C, Si oder Ge. Ferner denkbar sind ebenfalls Verbindungshalbleiter, zu denen Elemente der III. und V. Hauptgruppe, wie GaAs oder InSb, zählen. Weitere Halbleiterarten sind denkbar.

Weiterhin kann bei der Erfindung vorgesehen sein, dass das Halbleiterelement wenigstens eine ebene Reflexionsfläche aufweist, sodass eine gute Reflexion gegeben ist, wobei andere Oberflächenstrukturen ferner denkbar sind, solange sie das von einer Lichtquelle stammende Licht reflektieren.

Eine besonders gute Funktion der elektrischen Maschine ergibt sich, wenn das Halbleiterelement als Dünnschicht oder als geometrisches Bauteil, beispielsweise in Form eines Trapezes, einer Pyramide oder eines Prismas ausgebildet ist. Die Geometrie des Halbleiterelements ist frei wählbar und sollte wenigstens einen Teil des von einer Lichtquelle stammenden Lichts, z. B. von einer LED, reflektieren. Da im Bereich zwischen einem Rotor und einem Stator oftmals nur wenig Platz besteht, ist es zweckmäßig, das Halbleiterelement als Dünnschicht auf den Rotor aufzubringen. Dabei kann die Schicht über herkömmliche Prozesse, wie beispielsweise aus der Halbleitertechnik bekannt, mittels einem Trägermaterial wie etwa einem Kunststoffklebeband, aufgetragen und so am Rotor angeordnet werden.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann wie beschrieben vorgesehen sein, dass das Element eine temperatursensitive Beschichtung ist, vorzugsweise eine thermochrome Polymerfolie, die am Außenumfang eines Bereichs eines Rotors aufgebracht ist. Zu den typischen Materialien zählen dabei

Flüssigkeitskristalle mit thermochromen Eigenschaften, die beim Erwärmen nicht direkt vom kristallinen in den flüssigen Zustand übergehen, somit anorganische Metalloxide und Polymerblends. Zu den anorganischen Metalloxiden zählen etwa Zinkoxid, Vanadiumoxid oder Kupferoxid, zu den Polymerblends beispielsweise Polypropylenoxid. Diese Materialien können unter anderem mit einer Klebeverbindung auf den Rotor angebracht werden. Auch sind seit längerer Zeit Lacksysteme mit thermochromen wirkenden Eigenschaften auf dem Markt verfügbar, die in Pulverform oder in flüssiger Form erhältlich sind und ebenfalls angewandt werden können. Diese sind durch Streichen oder Rollen auf einen Rotor auftragbar. Hierbei ist es ebenfalls wie bei den Halbleiterelementen zweckdienlich, dass eine temperatursensitive Schicht eine reflektierende Oberfläche aufweist, sodass das von einer Lichtquelle stammende Licht reflektiert und von einer optischen Erfassungseinrichtung erfasst werden kann.

Bei der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine kann das Halbleiterelement oder die temperatursensitive Beschichtung am Außenumfang eines Rotors und/oder auf der Rotorstirnfläche angeordnet sein. Aufgrund konstruktiver Bedingungen ist das Halbleiterelement oder die temperatursensitive Beschichtung bevorzugt am Außenumfang angeordnet, sodass mit dieser Anordnung des Halbleiterelements oder der temperatursensitiven Beschichtung ein Anleuchten mittels einer Lichtquelle gut umsetzbar ist. Selbstverständlich kann das Halbleiterelement oder die temperatursensitive Beschichtung auch auf der Rotorstirnfläche angeordnet sein. Dies erscheint jedoch nur in Ausnahmefällen als sinnvoll, da generell die Rotorstirnfläche in einem Rotorgehäuse angeordnet ist und somit diese für die Lichtquelle und das davon stammende Licht nur schwer zugänglich ist. Ebenfalls ist es denkbar, dass zwei Lichtquellen, wobei die erste Lichtquelle den ersten Bereich, nämlich die Rotorstirnfläche, infolgedessen die zweite Lichtquelle den zweiten Bereich, den Außenumfang, anstrahlen. Dadurch ist mit mehreren Lichtquellen eine Erfassung der zeitgleich ermittelten Signale aufgrund einer Temperaturveränderung an mehreren, in Umfangsrichtung auf der Außenfläche oder in Längsrichtung auf der Rotorstirnfläche, angeordneten Stellen betreffend der Halbleiterelemente respektive der temperatursensitiven Beschich-

tungen, möglich. Dies kann vor allem dann zweckmäßig sein, falls eine zum Halbleiterelement oder zur temperatursensitiven Beschichtung ausgerichtete Lichtquelle aufgrund eines technischen Defekts ausfällt. Sonach kann eine Ermittlung der Rotortemperatur weiterhin bestehen. Natürlich sind beliebige Verteilungen der Halbleiterelemente bzw. der temperatursensitiven Beschichtungen auf dem ersten und/oder zweiten Bereich des Rotors der elektrischen Maschine möglich. Des Weiteren ist es somit denkbar, die von den zwei Lichtquellen stammenden Erfassungssignale als Referenzwerte zu verwenden, um damit eine Plausibilitätskontrolle betreffend einer Rotortemperatur durchzuführen.

Weiterhin kann es vorgesehen sein, dass zwei Halbleiterelemente oder zwei temperatursensitive Beschichtungen gegenüberliegend am Außenumfang des Rotors und/oder gegenüberliegend auf der Rotorstirnfläche angeordnet sind. Selbstverständlich können auch weitere Variationen vorliegen, beispielsweise sind Halbleiterelemente jeweils zueinander um 90° versetzt am Außenumfang des Rotors und/oder auf der Rotorstirnfläche angeordnet. Natürlich sind auch andere Winkelbereiche, beispielsweise 45° , 30° etc., denkbar.

Es liegt auch im Rahmen der Erfindung, dass am Rotor eine der Erfassung der Drehlage des Rotors mittels der lichtoptischen Erfassungseinrichtung dienende Strukturierung ausgebildet ist. Dabei wird es besonders bevorzugt, dass die Strukturierung reflektierende Flächen aufweist, wobei mit dem von der Strukturierung modulierten, reflektierten Licht respektive den Erfassungssignalen auf eine Rotorlage geschlossen werden kann. Demnach ersetzt die Strukturierung digitale, optische Inkrementalgeber, die aktuell für eine Erfassung einer Rotorlage eingesetzt werden. Des Weiteren kann mit der Strukturierung auf Resolver, welche einen hohen Platzbedarf in Anspruch nehmen, aufwendig zu fertigen sind und den EMV-Anforderungen (Elektromagnetische Verträglichkeit) nur bedingt gerecht werden, ebenfalls verzichtet werden. Dabei kann bei der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine die Strukturierung beispielsweise mit Vertiefungen und Erhöhungen

ausgebildet sein, wobei diese z. B. äquidistante Winkel zueinander aufweisen.

Auch kann es bei der elektrischen Maschine bevorzugt sein, dass die Strukturierung und das Halbleiterelement oder die temperatursensitive Beschichtung im gleichen von der Lichtquelle beleuchteten Bereich des Rotors angeordnet sind. Demnach ist es zweckmäßig, dass ein Bereich des Rotors, in dem die Strukturierung und das Halbleiterelement oder die temperatursensitive Beschichtung angeordnet sind, beleuchtet wird. Aufgrund dessen läuft bei jeder Umdrehung des Rotors die Strukturierung und das Halbleiterelement oder die temperatursensitive Beschichtung durch den Lichtkegel hindurch. Dabei kann die Bestrahlung beispielsweise stationär oder pulsformig erfolgen.

Ferner betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug, mit einer elektrischen Maschine umfassend einen Rotor und einen Stator und eine optische Erfassungseinrichtung mit wenigstens einer Lichtquelle der vorstehend beschriebenen Art, wobei in Abhängigkeit des von der optischen Erfassungseinrichtung ermittelten, vom momentanen Absorptionsgrad des Elements abhängigen Messsignals eine Rotortemperatur und des von der Strukturierung modulierten Erfassungssignals eine Rotorlage seitens der optischen Erfassungseinrichtung ermittelbar sind. Beispielsweise ist eine genaue Kenntnis der Rotorlage für den Betrieb eines Elektromotors von entscheidender Bedeutung, um einen Motor ohne Hinzunahme eines Hilfsmotors starten zu können. Die Erfassung der Rotortemperatur ist hinsichtlich eines Schadens einer elektrischen Maschine zweckdienlich, da ein Benutzer des Fahrzeugs die Maschine ausschalten kann, bevor diese überlastet und die damit verbundenen Schäden eintreten, wie eine Beschädigung von Einheiten, Lagern oder im schlimmsten Fall die Zerstörung der elektrischen Maschine. Somit kann eine längere Lebensdauer der elektrischen Maschine ermöglicht werden. Beispielsweise kann über eine in Kraftfahrzeugen übliche Anzeigevorrichtung, beispielsweise einem Display, die Auswertung der erfassten Signale optisch respektive visuell dargestellt werden, um einen Benutzer von einer zu hohen Rotortemperatur zu warnen, sodass dieser angemessen reagieren kann.

Es ist ferner alternativ denkbar, von der entfernt zum Rotor angeordneten optischen Erfassungseinrichtung wenigstens eine Lichtleiterfaser, insbesondere eine Glasfaser, zum Rotor zu führen. Der Vorteil dieser Ausgestaltung liegt darin, dass die Lichtquelle und die optische Erfassungseinrichtung beliebig zum Rotor entfernt sein können, womit der von der elektrischen Maschine vorhandene Bauraum optimal ausgenutzt werden kann.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weist die optische Erfassungseinrichtung eine Speichereinheit zum auslesbaren Speichern von Daten auf. Vorteilhafterweise kann das Speichern der erfassten und ausgewerteten Erfassungssignale, d. h. der Daten wie beispielsweise Datum, Drehzahl, Betriebszustand, Rotortemperatur etc. auf einen geeigneten Datenträger, wie z. B. auf einen Festplattenlaufwerk oder auf Flashspeichergeräten, gespeichert werden. Die Archivierung der Daten kann in einen in dem Datenträger vorher eigens dafür partitionierten Bereich abgespeichert und beispielsweise bei Service-Checks von elektrischen Maschinen als Datensatz für eine Diagnose/Auswertung herangezogen werden.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

- Figur 1 eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine;
- Figur 2 eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine einer zweiten Ausführungsform;
- Figur 3 eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine einer dritten Ausführungsform; und
- Figur 4 eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine einer vierten Ausführungsform.

Figur 1 zeigt als Prinzipdarstellung eine erfindungsgemäße elektrische Maschine 1, wobei die einzelnen Komponenten der elektrischen Maschine 1 wie Gehäuse, Stator etc. der Übersichtlichkeit wegen nicht gezeigt sind. Die elektrische Maschine 1 umfasst einen Rotor 2, wobei der Rotor 2 eine Rotationsbewegung um eine ortsfeste Achse 2a ausführt, wie dies durch den Drehpfeil D angedeutet wird. Auf dem Außenumfang des Rotors 2 sind zwei gegenüberliegende Halbleiterelemente 3, die in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als Prismen ausgebildet sind, angeordnet. Ebenso ist eine Variation der Anzahl von Halbleiterelementen 3 möglich, sodass beispielsweise jeweils zu 90° versetzt Halbleiterelemente 3 vorgesehen sind, wie dies in gestrichelter Weise in Fig. 1 gezeigt ist. Eine Verbindung mit den Halbleiterelementen 3 auf den Außenumfang des Rotors 2 kann beispielsweise durch Arbeitsverfahren wie Kleben, Schweißen oder Löten erreicht werden. Aufgrund einer temperaturbedingten Änderung eines reflektierten Erfassungssignals 7 von den an dem Rotor 2 angeordneten Halbleiterelementen 3, kann auf die momentane Rotortemperatur geschlossen werden. Diese charakteristische Änderung des Erfassungssignals 7 lässt sich mit der Varshni-Formel und dem Debye-Modell in Verbindung setzen. Somit kann die Rotortemperatur verschleißfrei und berührungslos ermittelt werden.

Ebenfalls ist auf dem Außenumfang des Rotors 2 eine Strukturierung 4 aufgebracht, die hier Vertiefungen und Erhöhungen aufweist, wobei diese äquidistante Winkel zueinander aufweisen. Die Strukturierung 4 kann über herkömmliche Prozesse, beispielsweise mit Hilfe eines Trägermaterials in Ausgestaltung eines Kunststoffklebebands, auf dem Rotor 2 aufgebracht werden. Dabei weist zweckmäßigerweise das Kunststoffkleband eine Strukturierung 4 der oben genannten Art auf. Mittels dieser kann die Rotorlage bestimmt werden, da aufgrund der Strukturierung 4 eine Modulation des Erfassungssignals 7 stattfindet, die sich in Abhängigkeit zu einer Rotorlage ändert, welches von einer optischen Erfassungseinrichtung 5 ermittelbar ist.

Die optische Erfassungseinrichtung 5, hier beispielsweise ausgebildet mit einem Spektroskop, dient zur Erfassung einer temperaturbedingten Än-

derung eines reflektierten Erfassungssignals 7 von den an dem Rotor 2 angeordneten Halbleiterelementen 3 als auch zur Erfassung des selbigen, jedoch aufgrund der Strukturierung 4 modulierten Erfassungssignals 7, wobei die Erfassung der temperaturbedingten Signaländerung ein Maß für die momentane Rotortemperatur sowie die Erfassung der Modulation des Erfassungssignals 7 ein Maß für die Rotorlage darstellt. Das reflektierte Licht respektive Erfassungssignal 7 stammt von einer Lichtquelle 8, das hier von einer LED erzeugt wird und den Rotor bestrahlt. Dabei ist die LED in Bezug auf die Halbleiterelemente 3 respektive der Strukturierung 4 derart angeordnet, dass diese im gleichen von der LED beleuchteten Bereich 2b des Rotors 2 angeordnet sind. Die Lichtquelle 8 kann dabei den Bereich 2b stationär oder pulsformig beleuchten. Demnach wird der Bereich 2b des Rotors, in dem die Halbleiterelementen 3 und die Strukturierung 4 angeordnet sind, ausgeleuchtet, und das reflektierte Licht respektive Erfassungssignal 7, welches sich in Abhängigkeit der Rotortemperatur bzw. der Halbleitertemperatur wie auch der Rotordrehung ändert, von der optischen Erfassungseinrichtung 5 erfasst.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung können der Spektralsensor 6 und die optische Erfassungseinrichtung 5 in einem einzigen Bauteil realisiert sein, wodurch Bauraum eingespart werden kann. Eine Rückmeldung dieser Information bzw. Informationen, betreffend der ermittelten Rotortemperatur und Lage, insbesondere der Rotortemperatur, kann beispielsweise über ein visuelles Anzeigegerät, z. B. ein Display erfolgen.

Figur 2 zeigt als Prinzipdarstellung eine erfindungsgemäße elektrische Maschine 1 entsprechend Figur 1, allerdings erfasst die optische Erfassungseinrichtung 5 die temperaturbedingte Änderung eines Erfassungssignals 7 bzgl. eines Halbleiterelements 3, welches auf der Rotorstirnfläche 2c des Rotors 2 angeordnet ist als auch eine Rotorlage, mittels einer auf der Rotorstirnfläche 2c aufgetragenen Strukturierung 4, wobei die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie in Figur 1 gelten. Infolgedessen stellt die Modulation des Erfassungssignals 7 auch hier ein Maß für die Rotorlage dar, die Erfassung des von dem Halbleiterelement 3 reflektierten Lichts respektive des temperaturabhängigen

Erfassungssignals ein Maß für die Rotortemperatur. Des Weiteren zeigt Figur 2 im Unterschied zur Fig. 1 eine optische Erfassungseinrichtung 5 mit einen darin angeordneten Sensor, beispielsweise einen Spektralsensor 6 und eine separat, örtlich von der optischen Erfassungseinrichtung 5 getrennten Lichtquelle 8. Somit kann vorhandener Bauraum bei kleinen Arbeitsgeräten mit einer elektrischen Maschine 1 optimal genutzt werden. Hierbei wird jeweils ein Lichtleiter 9 von der Lichtquelle 8 und der optischen Erfassungseinrichtung 5 zu dem entfernt angeordneten Rotor 2 geführt. Diese Ausrichtung der Lichtleiter 9 muss derart erfolgen, dass die Halbleiterelemente 3 und die Strukturierung 4 bestrahlt werden und das jeweils reflektierte Licht mit dem zu der optischen Erfassungseinrichtung 5 zugewandten Lichtleiter 9 erfassbar ist. Selbstverständlich ist auch eine Variation im Hinblick auf eine Anordnung der Halbleiterelemente 3 und der Strukturierung 4 möglich, beispielsweise kann die Strukturierung 4 auf die Außenfläche des Rotors 2 und die Halbleiterelemente 3 auf die Rotorstirnfläche 2c angeordnet werden und umgekehrt. Des Weiteren kann das Halbleiterelement 3 und die Strukturierung 4 auf die Rotorstirnfläche 2c als auch am Außenumfang des Rotors 2 angeordnet sein.

Im Unterschied zur Figur 1 und Figur 2 zeigt Figur 3 eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine 1 einer dritten Ausführungsform, wobei anstelle eines Halbleiterelements 3 eine temperatursensitive Beschichtung 10, hier beispielsweise eine thermochrome Polymerfolie, am Außenumfang eines Bereichs 2b des Rotors 2, der von einer Lichtquelle 8 bestrahlbar ist, aufgebracht ist. Ebenfalls ist bezüglich einer Rotorlagenbestimmung im selbigen Bereich 2b des Rotors 2 eine Strukturierung 4 angeordnet, die wie in den Figuren 1 und 2 beschrieben, ausgebildet ist. Die optische Erfassungseinrichtung 5, hier beispielhaft bestehend aus einem thermochromen Temperatursensor 11, dient zur Erfassung einer temperaturbedingten Spektraländerung des von der Lichtquelle 8 stammenden Lichts als auch zur Erfassung des aufgrund der Strukturierung 4 modulierten Lichts respektive Erfassungssignals 7, wobei die Spektraländerung ein Maß für die Rotortemperatur und das modulierte Erfassungssignal 7 ein Maß für die Rotorlage darstellt. Zweckmäßigerweise kann die optische Erfassungseinrich-

tung 5 mit einer Speichereinheit 12 verbunden sein, die das Speichern von auslesbaren Daten ermöglicht, wobei dies auch für die anderen Ausführungsformen der Figuren 1, 2 und 4 gilt. Somit kann das Speichern und Archivieren der ermittelten Erfassungssignale 7 wie Rotortemperatur und Rotorlage als auch das Speichern und Archivieren der Erfassungsinformationen, d. h. der zusätzlich abgespeicherten Daten, wie z. B. Datum, Drehzahl, Betriebszustand etc., auf einen Datenträger 13, hier eine Festplatte, erfolgen. Eine anschließende Auswertung der ermittelten Rotortemperaturen und Rotorlagen kann somit durchgeführt werden. Zweckdienlich kann die Speichereinheit 12 über eine optische Schnittstelle 14, beispielsweise einen optischen TOSLINK-Anschluss verfügen, mit dem eine Kommunikation in Form einer Bildausgabe auf einem externen Gerät 15, wie beispielsweise einem Monitor, ermöglicht wird.

In Figur 4 wird eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine 1 in einer vierten Ausführungsform beschrieben, die im Wesentlichen wie die elektrische Maschine 1 in den Figuren 1 - 3 aufgebaut ist, wobei zwei Lichtleiterpaare 9a und 9b, bestehend jeweils aus zwei separaten Lichtleitern 9, vorgesehen sind. Die Lichtleiter 9 sind hier beispielsweise als Glasleiter ausgebildet. Wie in dem Ausführungsbeispiel gezeigt, wird jeweils ein Lichtleiter 9 des Lichtleiterpaares 9a von der Lichtquelle 8 und der optischen Erfassungseinrichtung 5 auf den mit zwei Halbleiterelementen 3 und einer Strukturierung 4 ausgebildeten Außenumfang des entfernt angeordneten Rotors 2 geführt. Weiterhin wird jeweils ein Lichtleiter 9 des zweiten Lichtleiterpaares 9b von der Lichtquelle 8 und der optischen Erfassungseinrichtung 5 auf die mit ebenfalls zwei Halbleiterelementen 3 und einer Strukturierung 4 ausgebildeten Rotorstirnfläche 2c geführt. Somit ist es denkbar, die von den zwei zugeführten Lichtleitern 9 der jeweiligen Lichtleiterpaare 9a und 9b stammenden Erfassungssignale als Referenzwerte zu verwenden, um damit eine Plausibilitätskontrolle durchzuführen. Dabei gilt, wie in Figur 2 bereits erwähnt wurde zu beachten, dass das durch den jeweiligen Lichtleiter 9 des Lichtleiterpaares 9a und 9b von der Lichtquelle 8 stammende Licht mit dem jeweiligen zugeordneten Lichtleiter 9 des Lichtleiterpaares 9a und 9b derart

angeordnet sein muss, dass das reflektierte Licht respektive Erfassungssignal 7 erfassbar ist.

Selbstverständlich ist es ferner denkbar, sofern eine Rotorlage des Rotors 2 über eine andere Messgröße ermittelt wird, beispielsweise mittels einer sich in Abhängigkeit der Rotorlage ändernden Maschineninduktivität, lediglich eine temperatursensitive Beschichtung 10 oder wenigstens ein Halbleiterelement 3 an den Rotor 2 anzuordnen, um somit eine Rotortemperatur des Rotors 2 zu bestimmen. Hierbei gelten natürlich die selbigen Bedingungen und Variationen, wie sie bereits in den obigen Figuren 1 - 4 beschrieben worden sind.

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrische Maschine (1), insbesondere Elektromotor, umfassend einen Rotor (2) und einen Stator, wobei ein am Rotor (2) angeordnetes Element und eine zugeordnete lichtoptische Erfassungseinrichtung (5) vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich der Absorptionsgrad des Elements für einfallende Photonen in Abhängigkeit der Temperatur ändert und die Erfassungseinrichtung (5) ein vom momentanen Absorptionsgrad des Elements abhängiges Messsignal (7) ermittelt, das ein Maß für die Elementtemperatur darstellt, wobei das Element ein Halbleiterelement (3) oder eine temperatursensitive Beschichtung (10) ist, die am Außenumfang des Rotors (2) angeordnet ist.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Halbleiterelement (3) wenigstens eine ebene Reflexionsfläche aufweist.
3. Elektrische Maschine nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Halbleiterelement (3) als Dünnschicht oder als geometrisches Bauteil, beispielsweise in Form eines Trapezes, einer Pyramide oder eines Prismas ausgebildet ist.
4. Elektrische Maschine nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Element eine thermochrome Polymerfolie ist, die am Außenumfang eines Bereichs des Rotors (2) aufgebracht ist.
5. Elektrische Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Halbleiterelement (3) oder die temperatursensitive Beschichtung (10) auf der Rotorstirnfläche (2c) angeordnet ist.

6. Elektrische Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Halbleiterelemente (3) oder zwei temperatursensitive Beschichtungen (10) gegenüberliegend am Außenumfang des Rotors (2) und/oder auf der Rotorstirnfläche (2c) angeordnet sind.
7. Elektrische Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am Rotor (2) eine der Erfassung der Drehlage des Rotors (2) mittels der lichteoptischen Erfassungseinrichtung (5) dienende Strukturierung (4) ausgebildet ist.
8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierung (4) reflektierende Flächen aufweist.
9. Elektrische Maschine nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierung (4) beispielsweise mit Vertiefungen und Erhöhungen ausgebildet ist.
10. Elektrische Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierung (4) und das Halbleiterelement (3) oder die temperatursensitive Beschichtung (10) im gleichen von der Lichtquelle (8) beleuchteten Bereich des Rotors (2) angeordnet sind.
11. Kraftfahrzeug, mit einer elektrischen Maschine umfassend einen Rotor (2) und einen Stator und eine optische Erfassungseinrichtung (5) mit wenigstens einer Lichtquelle (8) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in Abhängigkeit des von der optischen Erfassungsein-

richtung (5) ermittelten, vom momentanen Absorptionsgrad des Elements abhängigen Messsignals (7) eine Rotortemperatur und des von der Strukturierung (4) modulierten Erfassungssignals (7) eine Rotorlage seitens der optischen Erfassungseinrichtung (5) ermittelbar sind und das Element ein Halbleiterelement oder eine temperatursensitive Beschichtung ist, die am Außenumfang des Rotors angeordnet ist.

12. Kraftfahrzeug nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass von der entfernt zum Rotor (2) angeordneten optischen Erfassungseinrichtung (5) wenigstens ein Lichtleiterfaser (9), insbesondere ein Glasfaser, zum Rotor (2) geführt ist.
13. Kraftfahrzeug nach einem der Ansprüche 11 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die optische Erfassungseinrichtung (5) eine Speichereinheit (12) zum auslesbaren Speichern von Daten aufweist.

FIG. 1

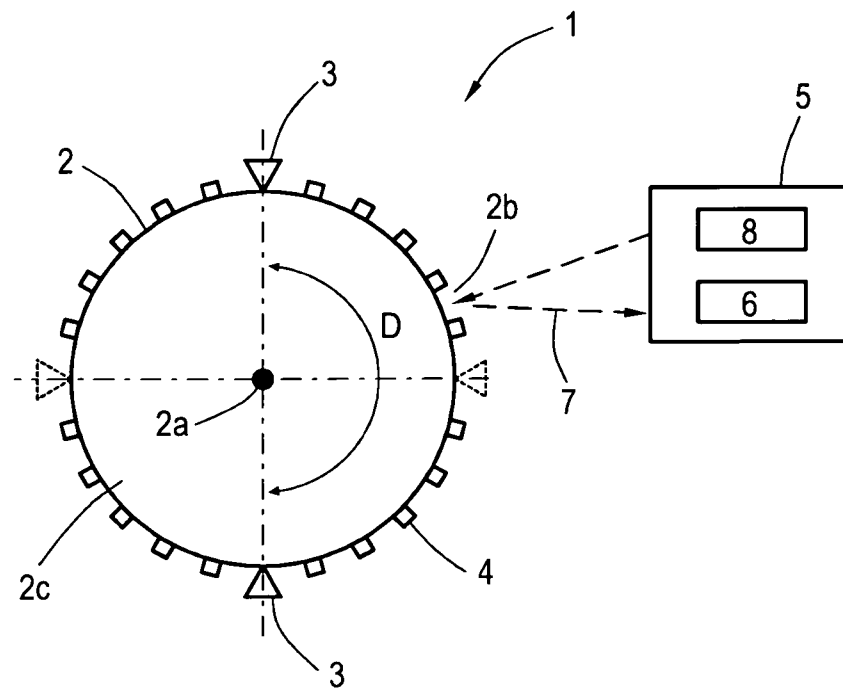


FIG. 2

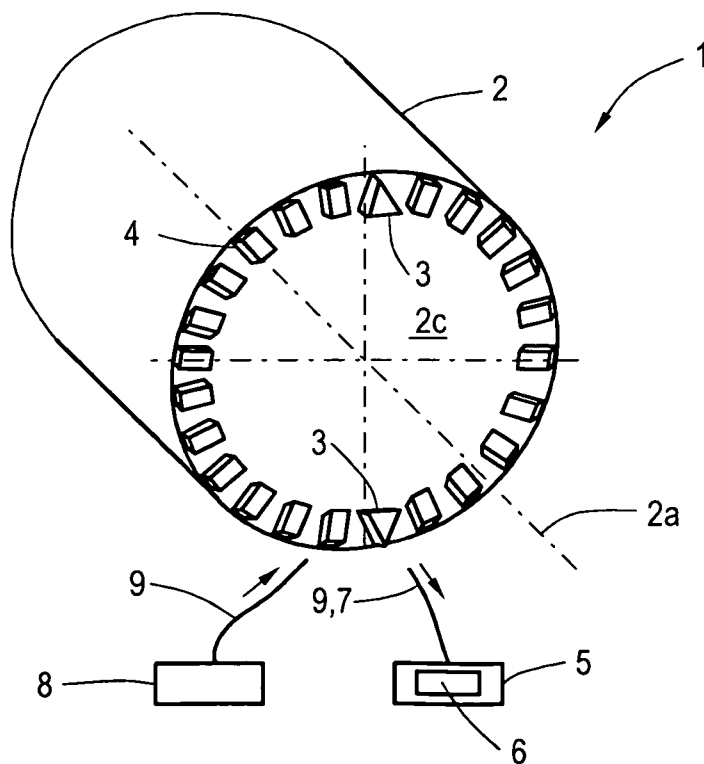


FIG. 3

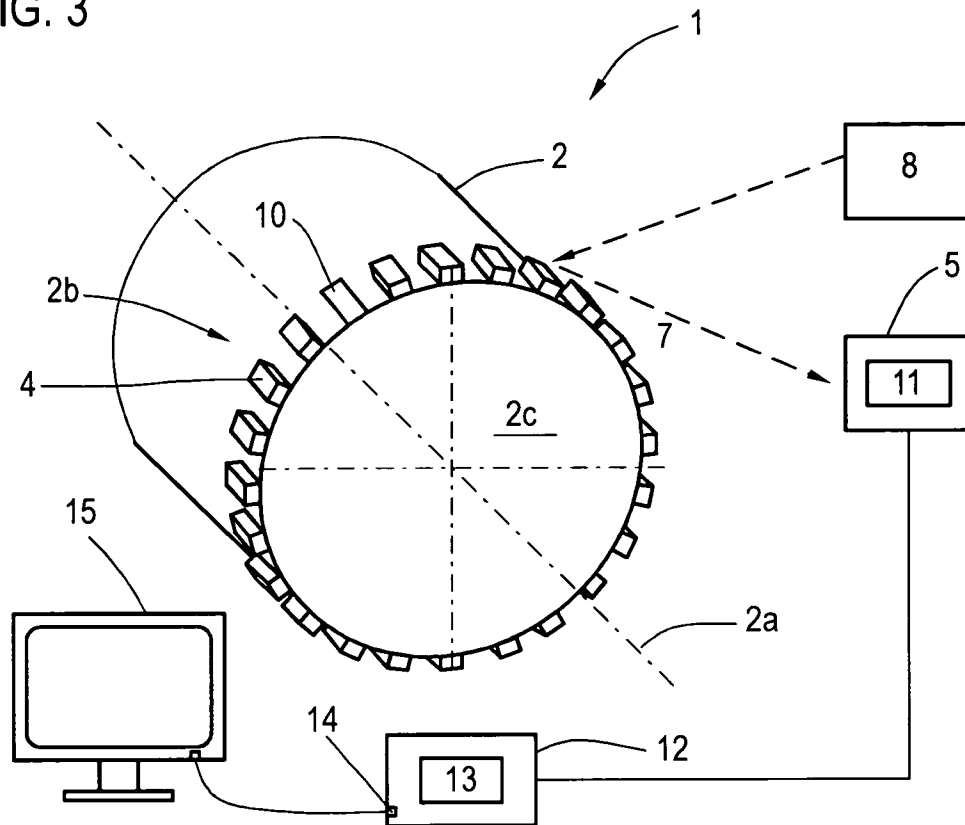
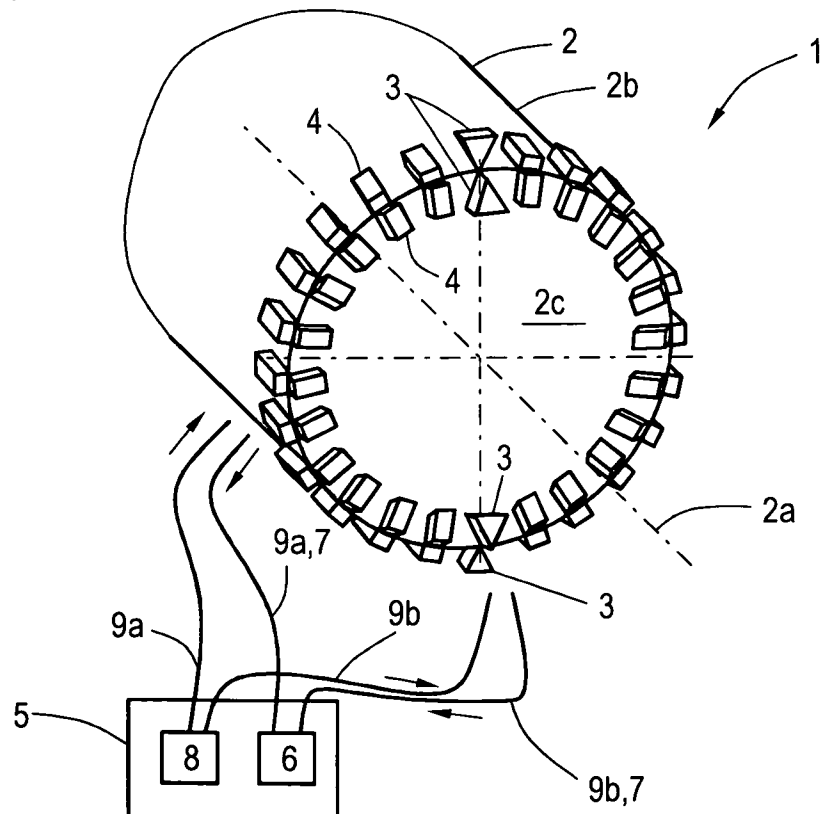


FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/002259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01K11/12 G01K13/08 G01D5/347 H02K11/00 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01K G01D 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.
X	DE 38 03 597 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 31 August 1989 (1989-08-31) abstract; figures 1a,1b,2 column 2, line 14 - column 3, line 47 -----	1,4-13
X	EP 0 006 530 A1 (ASEA AB) 9 January 1980 (1980-01-09) figures 1-4 page 5, line 32 - page 6, line 35 page 7, line 24 - page 8, line 1 page 10, lines 1-2 -----	1-5, 11-13
X	US 4 789 992 A (WICKERSHEIM ET AL) 6 December 1988 (1988-12-06) abstract; figure 1 columns 2,3,5 column 14, lines 40-48 ----- -/-	1,4, 11-13
☒ 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 21 September 2012		Date of mailing of the international search report 05/10/2012
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 Barthélemy, Matthieu

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/002259

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 5 081283 A (TOKYO ELECTRIC CO LTD) 2 April 1993 (1993-04-02) page 2; figures 1,2 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/002259

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE 3803597	A1	31-08-1989	DE	3803597	A1	31-08-1989
			EP	0355144	A1	28-02-1990
			JP	H02503116	A	27-09-1990
			WO	8907247	A1	10-08-1989

EP 0006530	A1	09-01-1980	CA	1129672	A1	17-08-1982
			DE	2963397	D1	16-09-1982
			EP	0006530	A1	09-01-1980
			JP	55026494	A	25-02-1980
			JP	62023245	B	22-05-1987
			SE	418997	B	06-07-1981
			SE	7807199	A	27-12-1979
			US	4278349	A	14-07-1981

US 4789992	A	06-12-1988	NONE			

JP 5081283	A	02-04-1993	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/002259

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01K11/12 G01K13/08 G01D5/347 H02K11/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01K G01D 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.
X	DE 38 03 597 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 31. August 1989 (1989-08-31) Zusammenfassung; Abbildungen 1a,1b,2 Spalte 2, Zeile 14 - Spalte 3, Zeile 47 -----	1,4-13
X	EP 0 006 530 A1 (ASEA AB) 9. Januar 1980 (1980-01-09) Abbildungen 1-4 Seite 5, Zeile 32 - Seite 6, Zeile 35 Seite 7, Zeile 24 - Seite 8, Zeile 1 Seite 10, Zeilen 1-2 -----	1-5, 11-13
X	US 4 789 992 A (WICKERSHEIM ET AL) 6. Dezember 1988 (1988-12-06) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalten 2,3,5 Spalte 14, Zeilen 40-48 ----- -/-	1,4, 11-13

☒ 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

21. September 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/10/2012

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

Barthélemy, Matthieu

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 5 081283 A (TOKYO ELECTRIC CO LTD) 2. April 1993 (1993-04-02) Seite 2; Abbildungen 1,2 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/002259

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3803597	A1	31-08-1989	DE 3803597 A1 31-08-1989
			EP 0355144 A1 28-02-1990
			JP H02503116 A 27-09-1990
			WO 8907247 A1 10-08-1989
EP 0006530	A1	09-01-1980	CA 1129672 A1 17-08-1982
			DE 2963397 D1 16-09-1982
			EP 0006530 A1 09-01-1980
			JP 55026494 A 25-02-1980
			JP 62023245 B 22-05-1987
			SE 418997 B 06-07-1981
			SE 7807199 A 27-12-1979
			US 4278349 A 14-07-1981
US 4789992	A	06-12-1988	KEINE
JP 5081283	A	02-04-1993	KEINE