

(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  
23. August 2012 (23.08.2012)



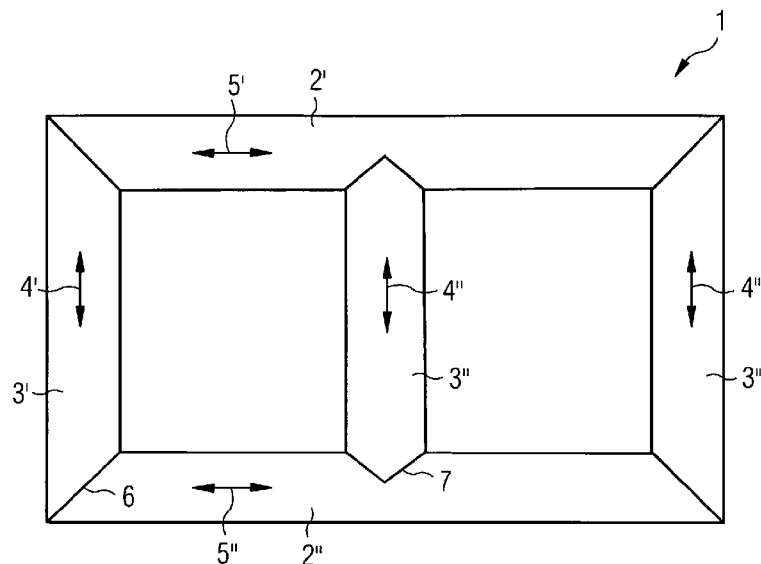
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/110085 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*H01F 3/02* (2006.01) *H01F 41/02* (2006.01)  
*H01F 27/245* (2006.01) *H01F 1/16* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2011/052268
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
16. Februar 2011 (16.02.2011)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** HAMBERGER, Peter [AT/AT]; Bergweg 5, A-4202 Kirchschlag bei Linz (AT).
- (74) **Gemeinsamer Vertreter:** SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (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, DE, 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, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** MAGNETIC CORE FORMED FROM SHEET METAL LAMINATES HAVING VARIED GRAIN ORIENTATION

(54) **Bezeichnung :** MAGNETISCHER KERN GEBILDET AUS BLECHLAMELLEN MIT UNTERSCHIEDLICHER KORNIORIENTIERUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a magnetic core for an electric machine, in particular for a transformer, which has limb parts (3', 3'', 3''') and yoke parts (2', 2''), which are in each case formed of a laminated core consisting of sheet metal laminates lying one on top of the other, wherein the soft magnetic material of the sheet metal laminates has a grain orientation, wherein the laminated core of the yoke parts (2', 2'') contains sheet metal laminates, the grain orientation of which is lower than the grain orientation of the sheet metal laminates of the limb parts (3', 3'', 3''').

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/110085 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Magnetischer Kern für eine elektrische Maschine, insbesondere für einen Transformator, der Schenkelteile (3', 3'', 3''') und Jochteile (2', 2'') aufweist, die jeweils aus einem Blechpaket bestehend aus aneinander liegenden Blechlamellen gebildet ist, wobei der weichmagnetische Werkstoff der Blechlamellen eine Kornorientierung aufweist, wobei, das Blechpaket der Jochteile (2', 2'') Blechlamellen enthält, deren Kornorientierung geringer ist, als die Kornorientierung der Blechlamellen der Schenkelteile (3', 3'', 3''').

## Beschreibung

5 Magnetischer Kern gebildet aus Blechlamellen mit unterschiedlicher Kornorientierung

## Technisches Gebiet

10

Die Erfindung betrifft einen magnetischen Kern für eine elektrische Maschine, insbesondere für einen Transformator, der Schenkelteile und Jochteile aufweist, die jeweils aus einem Blechpaket bestehend aus aneinander liegenden

15

Blechlamellen gebildet ist, wobei der weichmagnetische Werkstoff der Blechlamellen eine Kornorientierung aufweist.

## Stand der Technik

20

Um magnetische Verluste bei elektrischen Maschinen möglichst gering zu halten, wird deren Kern geschichtet aus einzelnen aneinander liegenden Blechlamellen aufgebaut.

25

Bei elektrischen Maschinen, wie beispielsweise Generatoren und Motoren, bei denen der magnetische Fluss auf keine bestimmte Richtung festgelegt ist, wird für die Blechlamellen ein weichmagnetischer Werkstoff verwendet, der in allen Richtungen etwa gleich gute magnetische Eigenschaften

30

aufweist. Ein solcher Werkstoff wird als nichtkornorientiertes Elektroband oder Elektroblech bezeichnet. Die einzelnen Kristallite (kristallografische Textur) sind hier regellos in der Blechebene ausgerichtet.

35

Bei elektrischen Maschinen, wie Leistungstransformatoren, Verteilungstransformatoren oder Drosseln, wie sie bei der Verteilung von elektrischer Energie in Energie-Verteilungsnetzen eingesetzt werden, bei denen der

magnetische Fluss im wesentlichen in einer Hauptrichtung in den Schenkelteilen und Jochteilen fließt und bei denen es ganz besonders auf möglichst geringe magnetische Verluste ankommt, werden weichmagnetische Werkstoffe eingesetzt, bei denen die einzelnen Kristallite eine einheitliche Orientierung aufweisen. Die einheitliche Orientierung macht diese Werkstoffe dann stark anisotrop. Solche Werkstoffe, wie konventionell kornorientiertes Elektroband - im Folgenden kurz auch als CGO-Werkstoff (Conventional Grain Oriented) bezeichnet - ist seit vielen Jahrzehnten bekannt. Die magnetischen Eigenschaften wurden ständig verbessert. Die auf die Masseneinheit bezogenen magnetischen Verluste, auch als Wattverluste [W/kg] bezeichnet, konnten durch einen gesteigerten Aufwand bei der Herstellung zunehmend gesenkt werden. Durch eine spezielle metallurgische Zusammensetzung, sowie einen verfeinerten Warm- und Kaltwalz-Prozess in Verbindung mit einer differenzierten Wärmebehandlung bei der Herstellung, sind heutzutage Elektrobleche mit hoher Permeabilität verfügbar, - im Folgenden kurz auch als HGO-Blech oder HGO-Werkstoff (High Permeability Grain Oriented) bezeichnet -, bei denen die Kornorientierung, das heißt die Abweichung der Kantenlänge der Kristallite von der Walzrichtung nur gering ist und die in Walzrichtung eine sehr hohe Permeabilität aufweisen. Wegen des größeren Aufwandes bei der Herstellung sind HGO-Werkstoffe im Vergleich zu konventionellen CGO-Werkstoffen teurer.

Wird nun bei einem Transformator ein solches CGO- oder HGO-Elektroblech verbaut, so zeigt sich, dass die Verluste des fertigen Transformator-kerns höher sind als die gemessene Verlustdichte in Walzrichtung einer Materialprobe. Dieser Sachverhalt wird durch den so genannten "Aufbaufaktor" oder "Building Faktor" - im Folgenden kurz auch als "BF-Faktor" bezeichnet, ausgedrückt. Der BF-Faktor ist das Verhältnis der gesamten Verlustdichte eines fertigen Kerns bezogen auf die spezifischen Verluste multipliziert mit der Masse des Kerns. Angestrebt wird bei der Herstellung eines Transformators ein BF-Faktor der möglichst nahe eins ist.

Aus der Praxis der Transformatorherstellung weiß man nun aber, dass HGO-Materialien, also Werkstoffe mit hoher Kornorientierung, einen vergleichsweise höheren BF-Faktor zeigen. Dies kann darin begründet sein, dass Materialien mit hoher Kornorientierung zwar gute magnetische Eigenschaften in Walzrichtung zeigen, jedoch schlechtere Eigenschaften, wenn der Fluss nicht in Walzrichtung verläuft (anisotropes Material). Ferner zeigt die Praxis des Transformatorbaus, dass Transformatorkerne aus konventionellem CGO-Material, das heißt einem Material mit vergleichsweise schlechteren magnetischen Eigenschaften, deutlich niedrigere BF-Werte aufweisen. Da aber hochpermeable HGO-Werkstoffe vergleichsweise geringere Verlustwerte aufweisen, besitzt ein aus einem HGO-Werkstoff hergestellter Transformator Kern vergleichsweise niedrigere Verluste, als ein Kern aus einem konventionellen CGO-Material.

Bisher hat man bei der Herstellung von Transformatoren entweder hochpermeable oder konventionelle Werkstoffe verwendet. Je nach dem ob eine Minimierung der magnetischen Verluste oder die Herstellungskosten im Vordergrund stehen, bestand die ganze Kernanlage entweder aus einem hochpermeablen HGO-Werkstoff oder aus einem preisgünstigeren CGO-Werkstoff.

Grundsätzlich ist man aber bei der Herstellung eines Transformators bestrebt, das verwendete ferromagnetische Material möglichst effizient einzusetzen, das heißt, mit möglichst geringem Herstellungsaufwand die Betriebsverluste so gering wie möglich zu halten, ohne dass dabei gewünschte Betriebseigenschaften, wie beispielsweise eine möglichst lange Lebensdauer, Zuverlässigkeit oder eine geringe Geräuschemission in Mitleidenschaft geraten.

## Darstellung der Erfindung

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen  
5 magnetischen Kern für eine elektrische Maschine, insbesondere  
für einen Transformator, und ein Verfahren zu dessen  
Herstellung so anzugeben, dass der Herstellungsaufwand  
geringer ist, gleichzeitig aber möglichst keine Einbuße an  
gewünschten Betriebseigenschaften hingenommen werden muss.  
10

Diese Aufgabe wird durch einen magnetischen Kern für eine  
elektrische Maschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1  
und durch ein Verfahren zur Herstellung mit den Merkmalen des  
Patentanspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der  
15 Erfindung sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen  
definiert.

Der Erfindung liegt der Gedanke zu Grunde, dass beim Bau  
eines Transformator kernels das hochpermeable, aber  
20 vergleichsweise teurere HGO-Material nicht bei allen den  
magnetischen Fluss führenden Maschinenteilen voll zur Geltung  
gebracht werden kann. In einem Jochteil eines elektrischen  
Transformators fließt der magnetische Fluss nämlich nicht nur  
in eine Hauptflussrichtung, sondern weist auch  
25 Querkomponenten auf, insbesondere im Bereich der Stoßstelle  
zu den einzelnen Schenkelteilen. Anders als in den  
Schenkelteilen selbst, wo der magnetische Fluss fast  
ausschließlich in Walzrichtung der Blechlamellen verläuft und  
wo die in Walzrichtung hohe Permeabilität gut zur Geltung  
30 kommen kann, ist dies bei den Jochteilen, wo der magnetische  
Fluss nicht vorwiegend geradlinig in Walzrichtung verläuft,  
sondern auch quer dazu, kommen die günstigen  
Materialeigenschaften in Walzrichtung (hohe Permeabilität)  
nicht vollständig zum Tragen. Die Erfindung schlägt daher  
35 vor, bei der Transformatorherstellung für Schenkelteile und  
Jochteile magnetische Werkstoffe mit unterschiedlicher  
Kornorientierung zu verwenden, das heißt im Joch statt einem  
hochpermeablen Material (HGO-Material) kostengünstigeres

konventionelles Material (CGO-Material) einzusetzen. Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass die Verwendung von CGO-Material im Joch zu keiner signifikanten Verschlechterung anderer erwünschter Betriebseigenschaften des Transformators kommt. Der erfindungsgemäße magnetische Kern ist also dadurch gekennzeichnet, dass die Kornorientierung der Blechlamellen der Schenkelteile höher ist, als die Kornorientierung der Blechlamellen der Jochteile. Grundsätzlich können Schenkelteile bzw. Jochteile entweder vollständig oder zumindest anteilsweise aus HGO-Material bzw. CGO-Material hergestellt sein. Der wesentliche Vorteil der Erfindung liegt darin, dass der Herstellungsaufwand bei Transformatorkern verringert werden kann. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass es zu weniger lokalen Verlustüberhöhungen und daher zu geringeren Hot-Spot-Temperaturen kommt.

Eine bevorzugte Ausführung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Blechpaket der Jochteile ausschließlich aus Blechlamellen gebildet ist, deren Kornorientierung geringer ist, als die Kornorientierung der Blechlamellen der Schenkelteile. Transformatorkerne mit geforderten Gesamtverlusten können dadurch kostengünstiger hergestellt werden.

Für geringe Herstellungskosten kann es günstig sein, wenn der magnetische Werkstoff der Blechlamellen der Schenkelteile eine Fehlorientierung im Mittel von etwa  $3^\circ$  und der magnetische Werkstoff der Blechlamellen der Jochteile eine Fehlorientierung von mehr als  $5^\circ$  aufweist.

Um den Aufwand bei der Herstellung von Verteilungstransformatoren oder Leistungstransformatoren weiter zu verringern, kann es günstig sein, wenn für den Kern ein weichmagnetisches Elektroband verwendet wird, welches bei einer magnetischen Feldstärke von 800 Ampere pro Meter, - im Folgenden auch als B800-Wert bezeichnet - , eine bestimmte magnetische Flussdichte oder Polarisierung aufweist. Hierbei

ist es vorteilhaft, wenn der magnetische Werkstoff der Blechlamellen der Schenkelteile einen B800-Wert von größer als 1,88 Tesla aufweist und der magnetische Werkstoff der Blechlamellen der Jochteile von kleiner als 1,88 Tesla aufweist. Vorteilhaft ist dabei eine Dicke des Elektrobands von kleiner gleich 0,3 mm.

Es kann günstig sein, wenn das Elektroband, aus dem die Blechlamellen der Jochteile geschnitten oder gestanzt werden, zuvor mit einem Laserstrahl verfeinert wurde. Durch eine Laserstrahlbehandlung eines CGO-Elektrobandes können insbesondere dessen Ummagnetisierungsverluste mit vergleichsweise geringem technischen Aufwand gesenkt werden, gleichzeitig aber der Kostenvorteil beibehalten werden.

15

#### Kurzbeschreibung der Zeichnung

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird im nachfolgenden Teil der Beschreibung auf Zeichnungen genommen, in welchen anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels vorteilhafte Ausgestaltungen, Einzelheiten und Weiterbildungen der Erfindung zu entnehmen sind.

ES zeigt:

25

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Kerns eines Dreischenkeltransformators.

30

#### Ausführung der Erfindung

In der Figur 1 ist ein magnetischer Kern 1 eines elektrischen Transformators in 3-Schenkel-Bauweise zu sehen. Der Kern 1 besteht aus drei Schenkelteilen 3', 3'', 3'''. Diese drei Schenkelteile 3', 3'', 3''' (die elektrische Wicklung ist in Figur 1 nicht gezeichnet) verbindet oben ein erstes Jochteil 2' und unten ein zweites Jochteil 2''. In der Verbindung zwischen den äußeren Schenkelteilen 3' und 3''' mit dem

35

oberen bzw. unteren Jochteil 2' bzw. 2'' stehen die einzelnen Blechlamellen in Form einer Gehrung aufeinander. Die Verbindung zwischen dem mittleren Schenkelteil 3'' mit dem jeweils anstoßenden Jochteil 2' bzw. 2'' ist in der Form  
5 eines Daches ausgeführt.

Sowohl die drei Schenkelteile 3', 3'', 3''', wie auch die beiden Jochteile 2' und 2'' sind jeweils aus aneinander liegenden Blechlamellen gebildet. Die einzelnen Blechlamellen  
10 bestehen jeweils aus einem magnetischen Werkstoff der eine Kornorientierung aufweist. Die Ausrichtung der Textur ist in der Figur 1 mit den Pfeilen 4', 4'', 4''' (Schenkel) bzw. mit den Pfeilen 5', 5'' (Joch) gekennzeichnet.

15 Gemäß der Erfindung wird bei der Herstellung des Blechpakets für die beiden Schenkelteile 2' und 2'' ein magnetischer Werkstoff verwendet, dessen Kornorientierung geringer ist als die Kornorientierung des magnetischen Werkstoffs, der für die Blechlamellen der drei Schenkelteile 3', 3'', 3''' verwendet  
20 wird. Mit anderen Worten, für die Jochteile 2', 2'' wird konventionelles kornorientiertes Elektroblech (CGO) verwendet, für die Schenkelteile 3', 3'', 3''' hochpermeables kornorientiertes Elektroblech, so genanntes HGO-Elektroblech. Die Materialkosten für CGO-Blech sind geringer als für HGO-  
25 Blech. Dadurch wird erreicht, dass die Materialkosten bei der Herstellung des Transformator-kerns insgesamt sich verringern.

Beispiel:

30 Es wurde ein elektrischer Transformator gebaut, bei dem das obere Jochteil 2' aus einem lamellierten Blechpaket gebildet ist, bei dem für die einzelnen Blechlamellen ein konventionelles Material (CGO) verwendet wurde, welches spezifische Wattverluste von maximal 1,3 W/kg bei einer  
35 Flussdichte von 1,7 Tesla aufweist und dessen Dicke 0,3 mm betrug. Die drei Schenkelteile 3', 3'', 3''' wurden demgegenüber aus Blechlamellen eines hochpermeablen Materials (HGO) hergestellt. Bei diesem hochpermeablen kornorientierten

Material (HGO) betragen die spezifischen Wattverluste maximal 1,05 W/kg bei einer magnetischen Flussdichte von 1,7 Tesla und einer Nenndicke von 0,3 mm. Diese erste Konfiguration des Transformators wurde messtechnisch untersucht.

5

Danach wurde das obere Joch-Blechpaket wieder ausgeblecht und mit einem hochpermeablen Material (HGO) ersetzt und wieder eingeblecht, so dass der Kern nun zur Gänze aus Blechlamellen aus dem hoch qualitativen magnetischen Werkstoff HGO bestand.

10 Auch diese zweite Konfiguration des Transformators wurde vermessen.

Ein Vergleich der beiden Messungen zeigte, dass diese zweite Konfiguration des Transformator-kerns, der zur Gänze aus der  
15 Güte HGO bestand, nahezu die gleichen Verluste aufwies, wie die erste Konfiguration, bei dem ein Jochteil aus Blechlamellen eines konventionellen kornorientierten CGO-Elektroblech gebildet war.

20 Im Ergebnis konnte damit gezeigt werden, dass durch die Verwendung von verschiedenen Blechqualitäten (kostengünstiges konventionelles Material in den Jochen und teureres hochpermeables Material in den Schenkeln) die Materialkosten von Transformator-Dreischenkelkernen deutlich gesenkt werden  
25 können. Ferner konnte festgestellt werden, dass andere gewünschte Betriebseigenschaften durch diesen "gemischten" Aufbau des Kerns sich nicht wesentlich verschlechterten. Auch die Geräuschentwicklung der ersten und zweiten Konfiguration unterscheidet sich kaum.

30

Obwohl die Erfindung im Detail durch das oben dargestellte bevorzugte Ausführungsbeispiel eines Transformators mit drei Schenkeln näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch das offenbarte Beispiel eingeschränkt  
35 und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

So versteht sich, dass die Erfindung ebenso auf andere elektrische Maschinen, insbesondere andere Bauformen von Transformatoren wie Einphasen-Transformatoren oder Fünfphasen-Transformatoren oder Drosseln anwendbar ist.

## Zusammenstellung der verwendeten Bezugszeichen

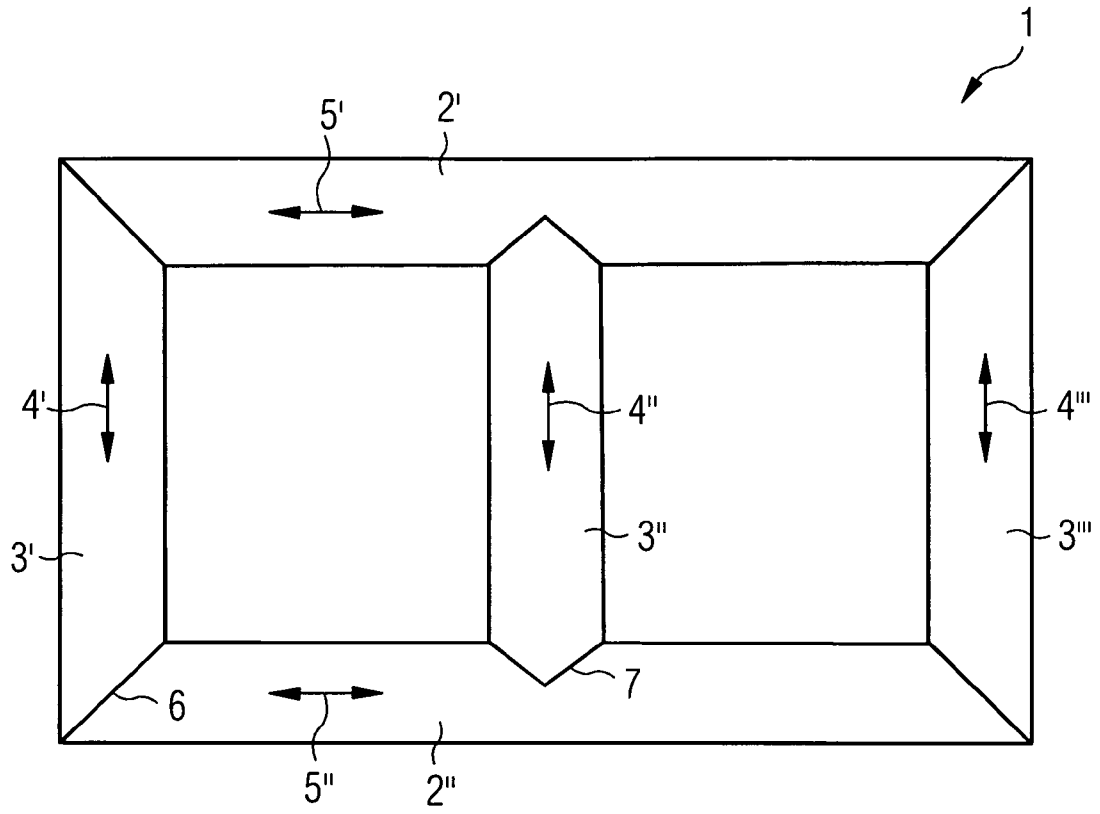
	1	Transformatorkern
5	2', 2''	Jochteile
	3', 3'', 3'''	Schenkelteile
	4', 4'', 4'''	Kornorientierung in einem Schenkelteil
	5', 5''	Kornorientierung in einem Jochteil
	6	Gehrung
10	7	Dach

## Patentansprüche

1. Magnetischer Kern für eine elektrische Maschine,  
insbesondere für einen Transformator, der  
5 Schenkelteile (3', 3'', 3''') und Jochteile (2', 2'')  
aufweist, die jeweils aus einem Blechpaket bestehend  
aus aneinander liegenden Blechlamellen gebildet ist,  
wobei der weichmagnetische Werkstoff der Blechlamellen  
eine Kornorientierung aufweist, **gekennzeichnet**  
10 **dadurch,**  
dass das Blechpaket der Jochteile (2', 2'')  
Blechlamellen enthält, deren Kornorientierung geringer  
ist, als die Kornorientierung der Blechlamellen der  
Schenkelteile (3', 3'', 3''').
- 15
2. Magnetischer Kern nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass das Blechpaket der Jochteile (2',  
2'') ausschließlich aus Blechlamellen gebildet ist,  
deren Kornorientierung geringer ist, als die  
20 Kornorientierung der Blechlamellen der Schenkelteile  
(3', 3'', 3''').
3. Magnetischer Kern nach Anspruch 1 oder 2, dadurch  
gekennzeichnet, der magnetische Werkstoff der  
25 Blechlamellen der Schenkelteile (3', 3'', 3''') eine  
Fehlorientierung im Mittel von etwa 3° und der  
magnetische Werkstoff der Blechlamellen der Jochteile  
(2', 2'') eine Fehlorientierung von mehr als 5°  
aufweist.
- 30
4. Magnetischer Kern nach Anspruch 1 oder 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass der magnetische Werkstoff  
der Blechlamellen der Schenkelteile (3', 3'', 3''')  
einen B800-Wert von größer als 1,88 Tesla und der  
35 magnetische Werkstoff der Blechlamellen der Jochteile  
(2', 2'') von kleiner als 1,88 Tesla aufweist.

5. Magnetischer Kern nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechlamellen aus denen die Jochteile (2', 2'') gebildet sind aus einem Elektroband geschnittene oder gestanzte Blechteile sind, wobei das Elektroband vor dem Schnittvorgang beziehungsweise vor dem Stanzvorgang mit einem Laserstrahl behandelt worden ist.
6. Verfahren zum Herstellen eines Kerns für eine elektrische Maschine, insbesondere eines Transformatorkerns, welcher jeweils aus Blechpaketen gebildete Schenkelteile (3', 3'', 3''') und Jochteile (2', 2'') aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Herstellung der Blechpakete der Jochteile (2', 2'') Blechlamellen aus einem weichmagnetischen Werkstoff verwendet werden, deren Kornorientierung geringer ist als die Kornorientierung des magnetischen Werkstoffs der Blechlamellen, die für die Herstellung der Schenkelteile (3', 3'', 3''') verwendet werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Blechpaket der Jochteile (2', 2'') ausschließlich aus Blechlamellen hergestellt ist, deren Kornorientierung geringer ist als die Kornorientierung der Blechlamellen der Schenkelteile (3', 3'', 3''').
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass für die Herstellung der Blechpakete der Schenkelteile (3', 3'', 3''') Blechlamellen aus einem weichmagnetischen Werkstoff verwendet werden, deren Fehlorientierung im Mittel etwa  $3^\circ$  beträgt, und dass für die Herstellung der Blechpakete der Jochteile (2', 2'') Blechlamellen aus einem weichmagnetischen Werkstoff verwendet werden, deren Fehlorientierung größer als  $5^\circ$  ist.

9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass für die Blechlamellen der Schenkelteile (3', 3'', 3''') ein weichmagnetischer Werkstoff verwendet wird, der einen B800-Wert von größer als 1,88 Tesla aufweist, und dass für die Blechlamellen der Jochteile (2', 2'') ein magnetischer Werkstoff verwendet wird, der einen B800-Wert von kleiner als 1,88 Tesla aufweist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechlamellen der Jochteile (2', 2'') aus einem Elektroband geschnitten oder gestanzt werden, wobei das Elektroband eine Laserbehandlung durchlaufen hat.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2011/052268

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. H01F3/02 H01F27/245 H01F41/02  
 ADD. H01F1/16

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)  
 H01F

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	GB 2 092 389 A (NIPPON STEEL CORP) 11 August 1982 (1982-08-11) the whole document	1-10
A	EP 1 607 487 A1 (NIPPON STEEL CORP [JP]) 21 December 2005 (2005-12-21) abstract paragraph [0005]	5,10
A	US 4 205 288 A (BURKHARDT CHARLES E [US] ET AL) 27 May 1980 (1980-05-27) abstract claim 1; figure 7	1-10
A	US 3 878 495 A (THOMAS MICHAEL W) 15 April 1975 (1975-04-15) abstract claims 4,5; figures 1-3	1-10
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier 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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  26 July 2011	Date of mailing of the international search report  16/08/2011
---	--

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  Warneck, Nicolas
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2011/052268

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 4 088 942 A (MIKO SANDOR) 9 May 1978 (1978-05-09) abstract column 3, line 7 - column 4, line 58; figure 3 -----	1-10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2011/052268
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2092389	A	11-08-1982	AT 380123 B 10-04-1986
			AU 7467481 A 05-08-1982
			BE 890989 A1 01-03-1982
			BR 8106514 A 08-09-1982
			CA 1173125 A1 21-08-1984
			CH 658144 A5 15-10-1986
			DE 3142781 A1 12-08-1982
			ES 8303809 A1 01-05-1983
			FR 2498804 A1 30-07-1982
			IT 1144870 B 29-10-1986
			JP 57126112 A 05-08-1982
			NO 812873 A 30-07-1982
			SE 452521 B 30-11-1987
			SE 8105104 A 30-07-1982
US 4422061 A 20-12-1983			
YU 217681 A 30-09-1983			
-----			
EP 1607487	A1	21-12-2005	CN 1761764 A 19-04-2006
			WO 2004083465 A1 30-09-2004
			JP 4510757 B2 28-07-2010
			KR 20050115285 A 07-12-2005
			RU 2301839 C2 27-06-2007
			US 2006169362 A1 03-08-2006
-----			
US 4205288	A	27-05-1980	CA 1124343 A1 25-05-1982
			JP 55059705 A 06-05-1980
			ZA 7905267 A 24-09-1980
-----			
US 3878495	A	15-04-1975	FR 2277420 A1 30-01-1976
-----			
US 4088942	A	09-05-1978	NONE
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01F3/02 H01F27/245 H01F41/02 ADD. H01F1/16		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTER GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01F		
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	GB 2 092 389 A (NIPPON STEEL CORP) 11. August 1982 (1982-08-11) das ganze Dokument	1-10
A	EP 1 607 487 A1 (NIPPON STEEL CORP [JP]) 21. Dezember 2005 (2005-12-21) Zusammenfassung Absatz [0005]	5,10
A	US 4 205 288 A (BURKHARDT CHARLES E [US] ET AL) 27. Mai 1980 (1980-05-27) Zusammenfassung Anspruch 1; Abbildung 7	1-10
A	US 3 878 495 A (THOMAS MICHAEL W) 15. April 1975 (1975-04-15) Zusammenfassung Ansprüche 4,5; Abbildungen 1-3	1-10
	----- -/--	
<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 "E" älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
26. Juli 2011		16/08/2011
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  Warneck, Nicolas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 088 942 A (MIKO SANDOR) 9. Mai 1978 (1978-05-09) Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 7 - Spalte 4, Zeile 58; Abbildung 3 -----	1-10

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/052268

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2092389	A	11-08-1982	AT 380123 B 10-04-1986
			AU 7467481 A 05-08-1982
			BE 890989 A1 01-03-1982
			BR 8106514 A 08-09-1982
			CA 1173125 A1 21-08-1984
			CH 658144 A5 15-10-1986
			DE 3142781 A1 12-08-1982
			ES 8303809 A1 01-05-1983
			FR 2498804 A1 30-07-1982
			IT 1144870 B 29-10-1986
			JP 57126112 A 05-08-1982
			NO 812873 A 30-07-1982
			SE 452521 B 30-11-1987
			SE 8105104 A 30-07-1982
US 4422061 A 20-12-1983			
YU 217681 A 30-09-1983			
EP 1607487	A1	21-12-2005	CN 1761764 A 19-04-2006
			WO 2004083465 A1 30-09-2004
			JP 4510757 B2 28-07-2010
			KR 20050115285 A 07-12-2005
			RU 2301839 C2 27-06-2007
			US 2006169362 A1 03-08-2006
US 4205288	A	27-05-1980	CA 1124343 A1 25-05-1982
			JP 55059705 A 06-05-1980
			ZA 7905267 A 24-09-1980
US 3878495	A	15-04-1975	FR 2277420 A1 30-01-1976
US 4088942	A	09-05-1978	KEINE