

(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
05. April 2018 (05.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/060085 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C22C 19/07 (2006.01) C22C 38/10 (2006.01)
C22C 30/00 (2006.01) F16B 1/00 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)

44536 Lünen (DE). WILL, Sabine; Iländerweg 3, 45239
Essen (DE). LUDWIG, Alfred; Steinweg 12, 45527 Hat-
tingen (DE). SIEGEL, Alexander; Herner Str. 104, 44791
Bochum (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/074047

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. September 2017 (22.09.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 219 090.3
30. September 2016 (30.09.2016) DE

(71) Anmelder: THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG
[DE/DE]; Kaiser-Wilhelm-Straße 100, 47166 Duisburg
(DE). THYSSENKRUPP AG [DE/DE]; ThyssenKrupp
Allee 1, 45143 Essen (DE).

(74) Anwalt: THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PRO-
PERTY GMBH; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen
(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, 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, 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.

(72) Erfinder: PATBERG, Lothar; Friesenstraße 35, 47445
Moers (DE). LANGE, Alexander; Herrentheistr. 11,

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) Title: SHAPE MEMORY ALLOYS MADE OF AN IRON-COBALT-ALUMINUM SYSTEM

(54) Bezeichnung: FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN AUS EINEM EISEN-COBALT-ALUMINIUM SYSTEM

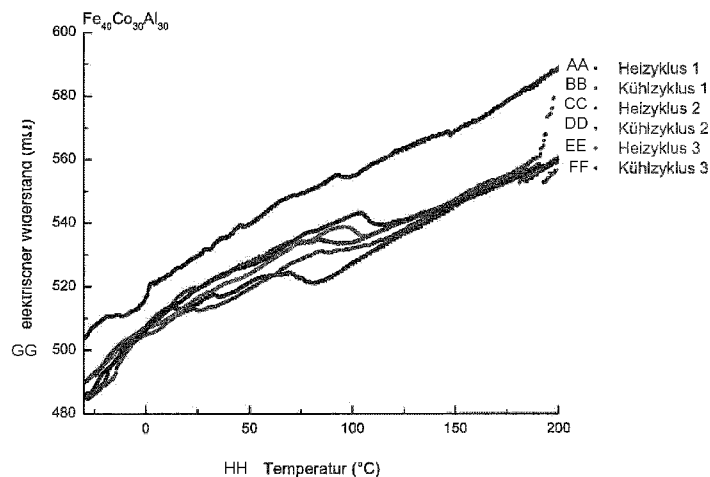


Fig. 1

AA Heating cycle 1
BB Cooling cycle 1
CC Heating cycle 2
DD Cooling cycle 2
EE Heating cycle 3
FF Cooling cycle 3
GG Electrical resistance (mΩ)
HH Temperature (°C)

(57) Abstract: The present invention relates to a shape memory alloy comprising the composition consisting of: - 30 to 53 wt.% of cobalt; - 18 to 35 wt.% of aluminum, and - 22 to 40 wt.% of iron and optionally unavoidable impurities.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Formgedächtnislegierung enthaltend die Zusammensetzung bestehend aus: - 30 bis 53 Gew.-% Cobalt; - 18 bis 35 Gew.-% Aluminium, sowie - 22 bis 40 Gew.-% Eisen und ggf. unvermeidbare Verunreinigungen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2018/060085 A1



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)

B E S C H R E I B U N G

Formgedächtnislegierungen aus einem Eisen-Cobalt-Aluminium System

Technisches Gebiet

Die vorliegende Anmeldung betrifft eine Formgedächtnislegierung auf Basis eines ternären Systems bestehend aus dem Elementen Eisen, Cobalt und Aluminium sowie die Verwendung der erfindungsgemäßen Formgedächtnislegierung.

Technischer Hintergrund

Formgedächtnislegierungen sind Legierungen, die in zwei unterschiedlichen Kristallstrukturen existieren können. Nach einer vorangegangenen plastischen Verformung können diese Legierungen durch Überschreiten der A_s -Temperatur in ihre alte Form gebracht werden, was als Einweg-Effekt bezeichnet wird. Ferner existieren Legierungen, die bei zwei unterschiedlichen Temperaturen ihre Form erinnern. Solche weisen dann einen sog. Zweiweg-Effekt auf. Des Weiteren können Formgedächtnislegierungen ein pseudoelastisches Verhalten zeigen, das durch eine reversible spannungsinduzierte martensitische Umwandlung charakterisiert ist.

Auf Nickel und Titan basierende Formgedächtnislegierungen zeigen hervorragende Eigenschaften hinsichtlich Reversibilität, Zyklenzahl und Umwandlungstemperaturen. Durch den hohen Preis der Ni-Ti-Legierungen und die begrenzte Umformbarkeit sind die Anwendungsgebiete begrenzt und kommen nur dort infrage, wo beispielsweise kleinere Mengen des Materials erforderlich sind.

Eisenbasierte Formgedächtnislegierungen, wie Fe-Mn-Si-Legierungen haben einen deutlich niedrigeren Preis als Ni-Ti-Legierungen, besitzen jedoch eine geringe Zyklenzahl als Ni-Ti-Legierungen. Bekannt sind ebenfalls eisenbasierte Formgedächtnislegierungen der Systeme Fe-Ni-Co-Al-Ti-Ta/Nb-B, Fe-Ni-Si, Fe-Ni-Nb, Fe-Ni-C, die aber entweder aufgrund der komplexen Herstellung, mangelnder Eigenschaften, Sprödigkeit oder Umwandlungstemperaturen nicht infrage kommen.

Zusammenfassung der Erfindung

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zu Grunde eine verbesserte Formgedächtnislegierung bereitzustellen.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Formgedächtnislegierung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Formgedächtnislegierung eine Zusammensetzung enthält bestehend aus 30 bis 53 Gew.-% Cobalt, 18 bis 35 Gew.-% Aluminium, bevorzugt 21 bis 35 Gew.-% Aluminium, und 22 bis 40 Gew.-% Eisen sowie ggf. unvermeidbare Verunreinigungen.

Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass eine Formgedächtnislegierung enthaltend die erfindungsgemäße Zusammensetzung zu höheren Umwandlungstemperaturen und zu anderen höheren Zyklenzahlen aufweist als vergleichbare Systeme im Stand der Technik.

Bevorzugt weist die Formgedächtnislegierung eine Phasenumwandlungstemperatur A_S und M_S im Bereich von 0 °C bis 200 °C auf.

Mehr bevorzugt weist die Formgedächtnislegierung eine Phasenumwandlungstemperatur A_S und M_S im Bereich von 60 °C bis 160 °C auf.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform beträgt die Differenz zwischen A_S und M_S 25 bis 40 °C.

Die Phasenumwandlungstemperatur ist dabei abhängig von der Zusammensetzung der Formgedächtnislegierung. Durch eine gezielte Erhöhung des Anteils einer Komponente kann die Phasenumwandlungstemperatur der Formgedächtnislegierung beispielsweise herabgesetzt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform besteht die Formgedächtnislegierung aus 40 Gew.-% Eisen, 30 Gew.-% Cobalt und 30 Gew.-% Aluminium.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform besteht die Formgedächtnislegierung aus 32 Gew.-% Eisen, 47 Gew.-% Cobalt und 21 Gew.-% Aluminium.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform besteht die Formgedächtnislegierung aus 30 Gew.-% Eisen, 39 Gew.-% Cobalt und 31 Gew.-% Aluminium.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform besteht die Formgedächtnislegierung aus 29 Gew.-% Eisen, 53 Gew.-% Cobalt und 18 Gew.-% Aluminium.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform besteht die Formgedächtnislegierung aus 22 Gew.-% Eisen, 43 Gew.-% Cobalt und 35 Gew.-% Aluminium.

Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäßen Formgedächtnislegierung als Verbindungselement.

Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäßen Formgedächtnislegierung als Aktorikelement.

Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäßen Formgedächtnislegierung als Dämpfungselement.

Beispiele

Die folgenden fünf Zusammensetzungen der erfindungsgemäßen Formgedächtnislegierung wurden mittels des Magnetronsputterverfahrens hergestellt.

(1) $\text{Fe}_{40}\text{Co}_{30}\text{Al}_{30}$ (Gew.-%)

(2) $\text{Fe}_{32}\text{Co}_{47}\text{Al}_{21}$ (Gew.-%)

(3) $\text{Fe}_{30}\text{Co}_{39}\text{Al}_{31}$ (Gew.-%)

(4) $\text{Fe}_{29}\text{Co}_{53}\text{Al}_{18}$ (Gew.-%)

(5) $\text{Fe}_{22}\text{Co}_{43}\text{Al}_{35}$ (Gew.-%)

Für die Herstellung der Zusammensetzungen (1) bis (5) wurde die Sputterkammer K1 (CMS 600/400LIN) der kombinatorischen Beschichtungsanlage 2173 der Firma DCA, Finnland verwendet. Die Beschichtungsanlage besteht aus zwei Sputterkammern (Multilagenverfahren (K1) und Co-Depositionsverfahren (K2)), der zentralen Verteilungskammer und einer Schleusenkammer. Die Zusammensetzungen wurden sowohl im Multilagenverfahren, als auch im Co-Depositionsverfahren hergestellt.

Die Reinheit der eingesetzten Metalle (Targetmaterialien) betrug jeweils 99,95%. Der Basisdruck in der Sputterkammer lag bei $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Zu Beginn jedes Herstellungsprozesses, vor der Abscheidung, wurden die Targetmaterialien bei geschlossener Quellblende, einem Ar-Partialdruck (Ar-Reinheit: 6N) von 1,99 Pa, mit einem Ar-Durchfluss von 100 sccm und bei einer Sputterleistung von 150 W für 3 min gereinigt. Für die Abscheidung wurde der Ar-Partialdruck auf 0,67 Pa mit einem Durchfluss von 60 sccm eingestellt. Bis auf Si wurden sämtliche Elemente mittels Gleichspannung (DC) abgeschieden. Um für Si als Halbleiter eine vergleichbare Sputttrate (0,25 nm/s) zu erreichen, wurde es mittels gepulster Gleichspannung (pDC: Frequenz: 50kHz, Pulslänge: 496 ns) gesputtert.

Es wurden Si-Substrate (Durchmesser: 100 mm) mit einer 1,5 mm dicken SiO_2 Schicht als Diffusionsbarriere verwendet.

Für die Herstellung der Zusammensetzungen mittels des Co-Depositions-Verfahrens (Sputterkammer K2) wurden in der Kammer fünf Kathoden (vier Kathoden für „RF-Sputtern“ und eine für „DC-Sputtern“) kreisförmig im Abstandswinkel von 72° oberhalb des Substrates angeordnet. Für einen stabilen Sputterprozess wurde bei nichtleitenden Materialien eine hochfrequente Wechselspannung („RF-Sputtern“) mit 13,56 MHz angelegt. Der Abstand zwischen Substrat- und Targetoberfläche betrug 187 mm, bei einem Neigungswinkel der Kathoden von 45°. Bei der Co-Deposition wurden die gewünschten Targetmaterialien simultan auf dem Substrat abgeschieden. Es wurde eine atomare Durchmischung der gesputterten Targetmaterialien bereits in der Gasphase erzielt und damit eine Durchmischung der Materialien erreicht.

Zur Durchmischung und Legierungsbildung der Multilagenschichten wurden die Zusammensetzungen unmittelbar nach der Abscheidung gegläht. Dies wurde in den Sputterkammern K1 und K2 durch einen in den Manipulator integrierten Heizer durchgeführt. Sämtliche Zusammensetzungen wurden bei 500 °C für 60 min unter Vakuum gegläht. Für höhere Temperaturen erfolgten die Glühungen extern. Für weitere Glühungen bei 600°C und 700°C wurde ein Röhrenofen (HTRH 150-600/16, Gero), mit angeschlossener Glovebox (Sylatech) verwendet. Dort wurden die Glühungen unter einem konstanten Ar-Fluss (150 l/h) durchgeführt.

Die erhaltenen Legierungszusammensetzungen (1) – (5) wurden im Anschluss durch Messung des elektrischen Widerstands und mittels der Röntgendiffraktometrie (XRD) charakterisiert.

Die Charakterisierung des elektrischen Widerstands erfolgte bei Raumtemperatur. Der Abstand zwischen den einzelnen Messbereichen wurde auf 1,5 mm eingestellt, so dass sich ein Raster von insgesamt 3084 Messpunkten über die gesamte Oberfläche einer Zusammensetzung ergibt. Sämtliche Charakterisierungen wurden mit einem angelegten Messstrom von 50 mA durchgeführt. Um einen statistischen Mittelwert zu erhalten, wurde jede einzelne Messung dreimal durchgeführt und aus diesen Messwerten ein arithmetischer Mittelwert gebildet und für die anschließende Charakterisierung verwendet.

Ferner wurde ein temperaturabhängiger Widerstand gemessen. Hierfür wurde der Messstand entsprechend weiterentwickelt, so dass innerhalb eines definierten Temperaturbereichs die jeweilige Zusammensetzung in einem Rasterverfahren vollständig charakterisiert werden kann. Es wurde immer ein Temperaturbereich von -30 °C bis 200 °C bei einer Heiz-/Kühlrate von 0,5 °C/min vorgegeben und während dessen die jeweilige Zusammensetzung mit einem Messkopf abgerastert, auf dem 5 mal 4 Federkontaktstifte angeordnet sind.

Die kristallographischen Phasen der Zusammensetzungen wurden mittels der Röntgendiffraktometrie (XRD) in der Bragg-Brentano-Geometrie charakterisiert.

Verwendet wurde ein X'Pert Pro MPD (PANalytical) Röntgendiffraktometer (Cu-K α -Strahlung (λ : 0,154 nm) und Ni-Filter zur Elimination der Cu-K β -Strahlung, 0,04° Kollimator hinter der Röntgenquelle und vor dem Detektor, Pixel-Liniendetektor). An der Röntgenquelle wurde eine 5 mm breite Messingblende eingesetzt und die Bestrahlungslänge auf der Schichtoberfläche wurde mittels programmierbarer Divergenz-Blenden auf 3 mm eingestellt, so dass jeder Messbereich eine Fläche von ca. 3 x 5 mm² aufweist. Die Schrittweite wurde auf 0,013° eingestellt. Der zu untersuchende Winkelbereich 2 Θ wurde auf 30 – 90° festgelegt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im Folgenden werden einige bevorzugte Formgedächtnislegierungen anhand von Zeichnungen näher erläutert. Im Einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine temperaturabhängige Widerstandsmessung der Zusammensetzung Fe₄₀Co₃₀Al₃₀ (Gew.-%),

Fig. 2 eine temperaturabhängige Phasenanalyse mittels XRD(T)-Messung der Zusammensetzung Fe₄₀Co₃₀Al₃₀ (Gew.-%),

Fig. 3 eine temperaturabhängige Widerstandsmessung der Zusammensetzung Fe₃₂Co₄₇Al₂₁ (Gew.-%),

Fig. 4 eine temperaturabhängige Phasenanalyse mittels XRD(T)-Messung der Zusammensetzung Fe₃₂Co₄₇Al₂₁ (Gew.-%),

Fig. 5 eine temperaturabhängige Widerstandsmessung der Zusammensetzung Fe₃₀Co₃₉Al₃₁ (Gew.-%),

Fig. 6 eine temperaturabhängige Phasenanalyse mittels XRD(T)-Messung der Zusammensetzung Fe₃₀Co₃₉Al₃₁ (Gew.-%),

Fig. 7 eine temperaturabhängige Widerstandsmessung der Zusammensetzung Fe₂₉Co₅₃Al₁₈ (Gew.-%).

Fig. 8 eine temperaturabhängige Phasenanalyse mittels XRD(T)-Messung der Zusammensetzung Fe₂₂Co₄₃Al₃₅ (Gew.-%),

Fig. 9 eine Übersichtsdarstellung einer Phasenanalyse von fünf bevorzugten Zusammensetzungen.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Fig. 1 zeigt Messkurven einer temperaturabhängigen Widerstandsmessung der bevorzugten Zusammensetzung $\text{Fe}_{40}\text{Co}_{30}\text{Al}_{30}$ (Gew.-%). Hierbei zeigt sich während des Aufheizens eine Änderung des elektrischen Widerstands zwischen 65 – 75 °C, die eine Martensit → Austenit Umwandlung nachweist. Während des Abkühlens findet eine elektrische Widerstandsänderung zwischen 95 – 105 °C statt, die eine Austenit → Martensit Umwandlung nachweist.

Fig. 2 zeigt eine temperaturabhängige Phasenanalyse mittels XRD(T)-Messung der bevorzugten Zusammensetzung $\text{Fe}_{40}\text{Co}_{30}\text{Al}_{30}$ (Gew.-%), die eine reversible Phasenumwandlung nachweist. Hierbei zeigt sich beim Aufheizen eine Verschiebung der Peaks sowie eine Änderung der Peakform. Nach dem Abkühlen nehmen die Peaks wieder ihre ursprüngliche Form an.

Fig. 3 zeigt Messkurven einer temperaturabhängigen Widerstandsmessung der bevorzugten Zusammensetzung $\text{Fe}_{32}\text{Co}_{47}\text{Al}_{21}$ (Gew.-%). Hierbei zeigt sich während des Aufheizens eine Änderung des elektrischen Widerstands zwischen 80 – 90 °C, die eine Martensit → Austenit Umwandlung nachweist. Während des Abkühlens findet eine elektrische Widerstandsänderung zwischen 120 – 130 °C statt, die eine Austenit → Martensit Umwandlung nachweist.

Fig. 4 zeigt eine temperaturabhängige Phasenanalyse mittels XRD(T)-Messung der bevorzugten Zusammensetzung $\text{Fe}_{32}\text{Co}_{47}\text{Al}_{21}$ (Gew.-%), die eine reversible Phasenumwandlung nachweist. Hierbei zeigt sich beim Aufheizen eine Verschiebung der Peaks sowie eine Änderung der Peakform. Nach dem Abkühlen nehmen die Peaks wieder ihre ursprüngliche Form an.

Fig. 5 zeigt Messkurven einer temperaturabhängigen Widerstandsmessung der bevorzugten Zusammensetzung $\text{Fe}_{30}\text{Co}_{39}\text{Al}_{31}$ (Gew.-%). Hierbei zeigt sich während des Aufheizens eine Änderung des elektrischen Widerstands zwischen 60 – 70 °C, die eine Martensit → Austenit Umwandlung nachweist. Während des Abkühlens findet eine elektrische Widerstandsänderung zwischen 90 – 100 °C statt, die eine Austenit → Martensit Umwandlung nachweist.

Fig. 6 zeigt eine temperaturabhängige Phasenanalyse mittels XRD(T)-Messung der bevorzugten Zusammensetzung $\text{Fe}_{30}\text{Co}_{39}\text{Al}_{31}$ (Gew.-%), die eine reversible Phasenumwandlung nachweist. Hierbei zeigt sich beim Aufheizen eine Verschiebung der Peaks sowie eine Änderung der Peakform. Nach dem Abkühlen nehmen die Peaks wieder ihre ursprüngliche Form an.

- Fig. 7 zeigt Messkurven einer temperaturabhängigen Widerstandsmessung der bevorzugten Zusammensetzung $\text{Fe}_{29}\text{Co}_{53}\text{Al}_{18}$ (Gew.-%). Hierbei zeigt sich während des Aufheizens eine Änderung des elektrischen Widerstands zwischen 125 – 135 °C, die eine Martensit → Austenit Umwandlung nachweist. Während des Abkühlens findet eine elektrische Widerstandsänderung zwischen 150 – 160 °C statt, die eine Austenit → Martensit Umwandlung nachweist.
- Fig. 8 zeigt eine temperaturabhängige Phasenanalyse mittels XRD(T)-Messung der bevorzugten Zusammensetzung $\text{Fe}_{22}\text{Co}_{43}\text{Al}_{35}$ (Gew.-%), die eine reversible Phasenumwandlung nachweist. Hierbei zeigt sich beim Aufheizen eine Verschiebung der Peaks sowie eine Änderung der Peakform. Nach dem Abkühlen nehmen die Peaks wieder ihre ursprüngliche Form an.
- Fig. 9 zeigt eine Übersichtsdarstellung einer temperaturabhängigen Phasenanalyse mittels XRD-Messungen der fünf bevorzugten Zusammensetzungen bei Raumtemperatur auf. Hierbei zeigt sich bei den Zusammensetzungen 1 – 4 die Bildung einer Heusler-Phase (FeCo_2Al). Das Röntgendiffraktogramm der Zusammensetzung 5 lässt auf die Bildung einer B2-Phase (FeAl und CoAl) schließen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Formgedächtnislegierung enthaltend die Zusammensetzung bestehend aus:
 - 30 bis 53 Gew.-% Cobalt,
 - 18 bis 35 Gew.-% Aluminium, sowie
 - 22 bis 40 Gew.-% Eisen und ggf. unvermeidbare Verunreinigungen.
2. Formgedächtnislegierung nach Anspruch 1, aufweisend eine Phasenumwandlungstemperatur A_S und M_S im Bereich von 0 °C bis 200 °C.
3. Formgedächtnislegierung nach Anspruch 1, aufweisend eine Phasenumwandlungstemperatur A_S und M_S im Bereich von 60 °C bis 160 °C.
4. Verwendung einer Formgedächtnislegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche als Verbindungselement.
5. Verwendung einer Formgedächtnislegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche als Aktorikelement.
6. Verwendung einer Formgedächtnislegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche als Dämpfungselement.

1/5

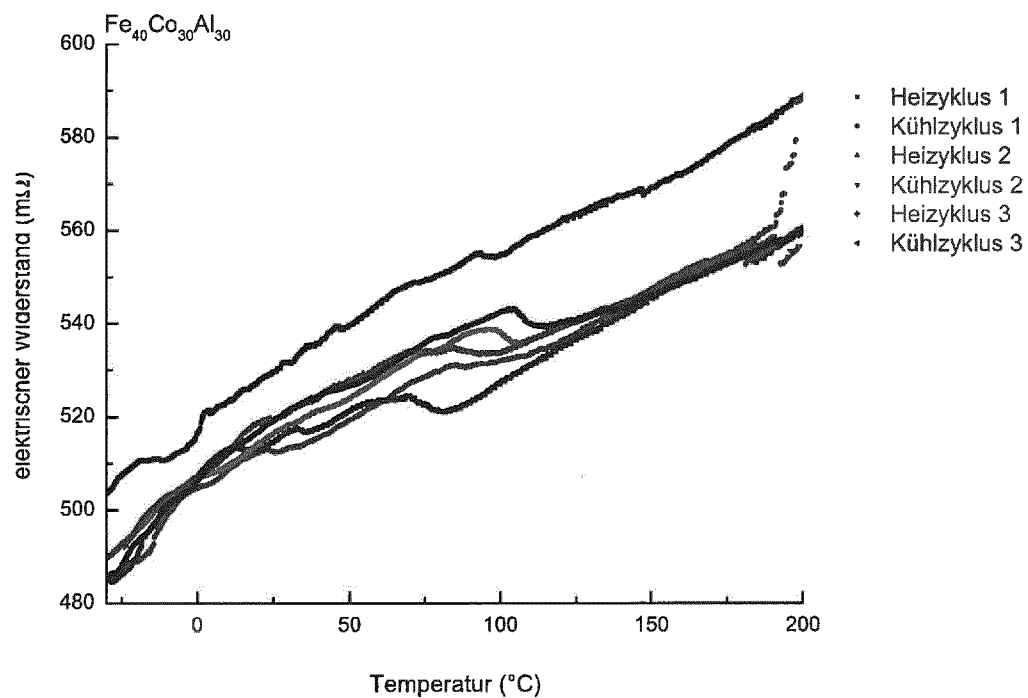


Fig. 1

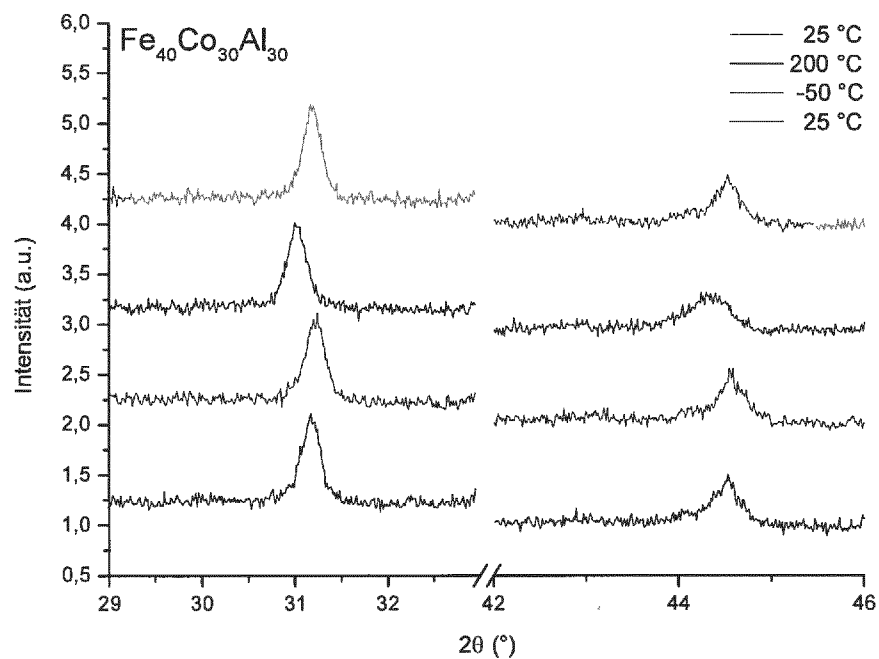


Fig. 2

2/5

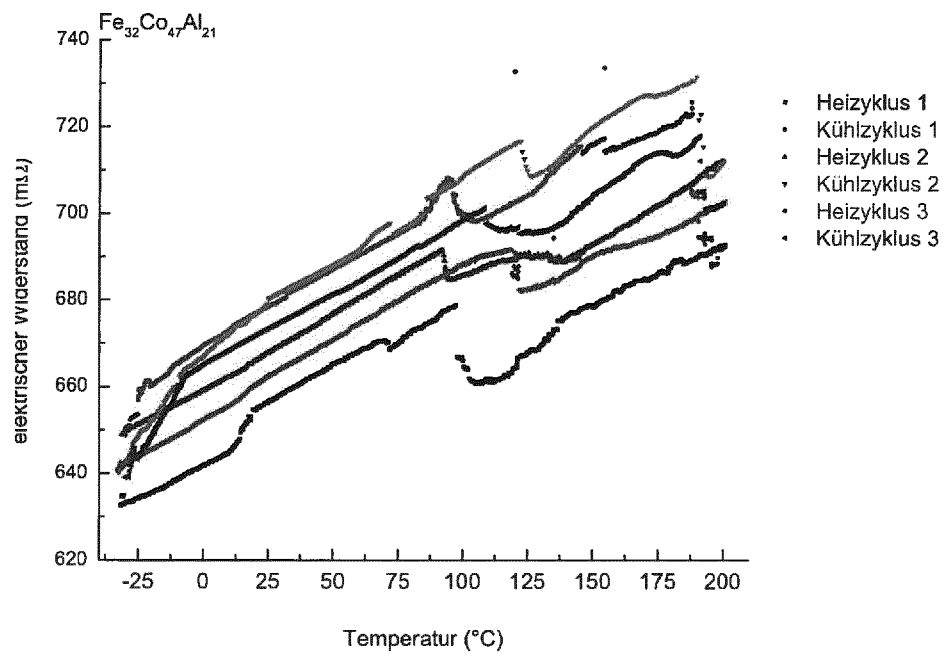


Fig. 3

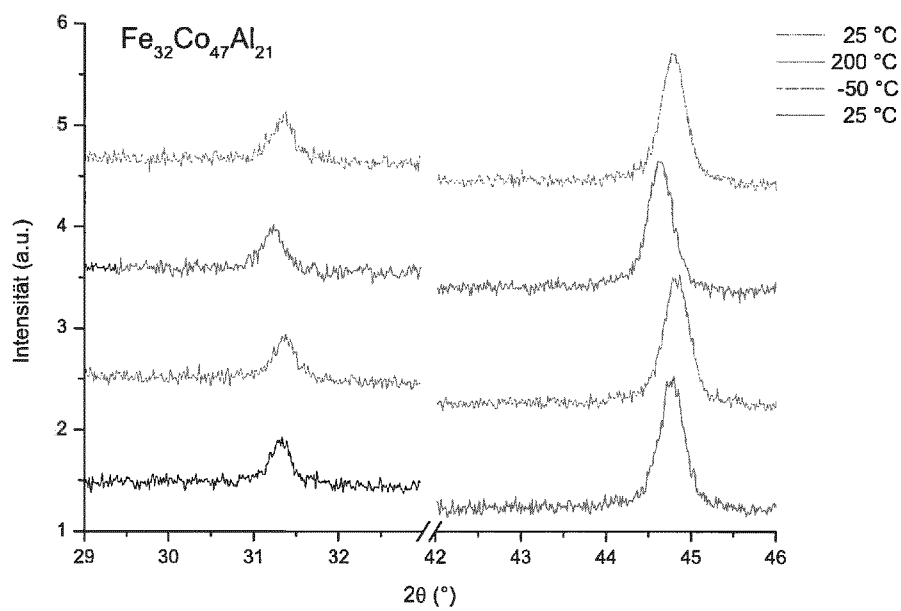


Fig. 4

3/5

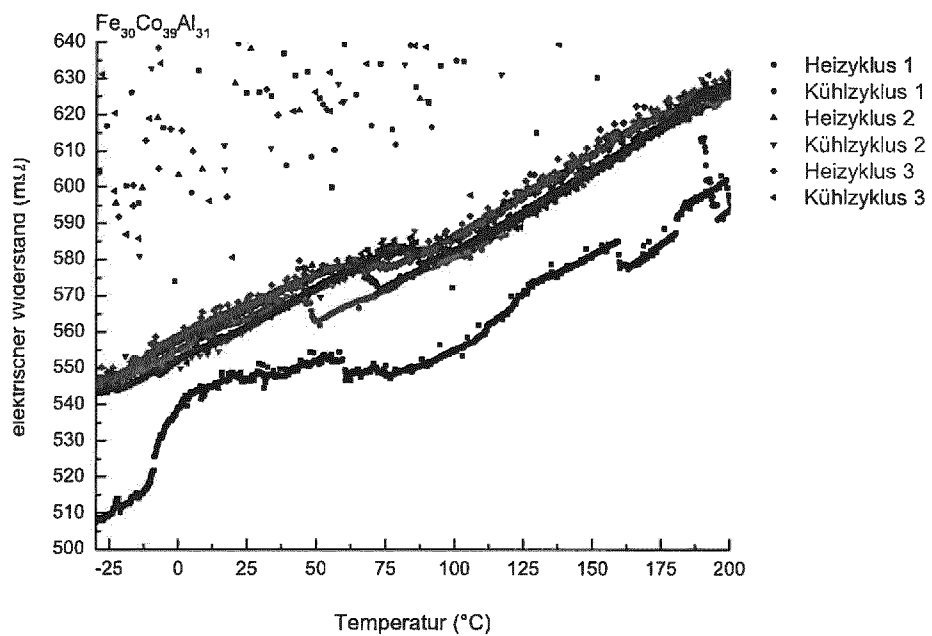


Fig. 5

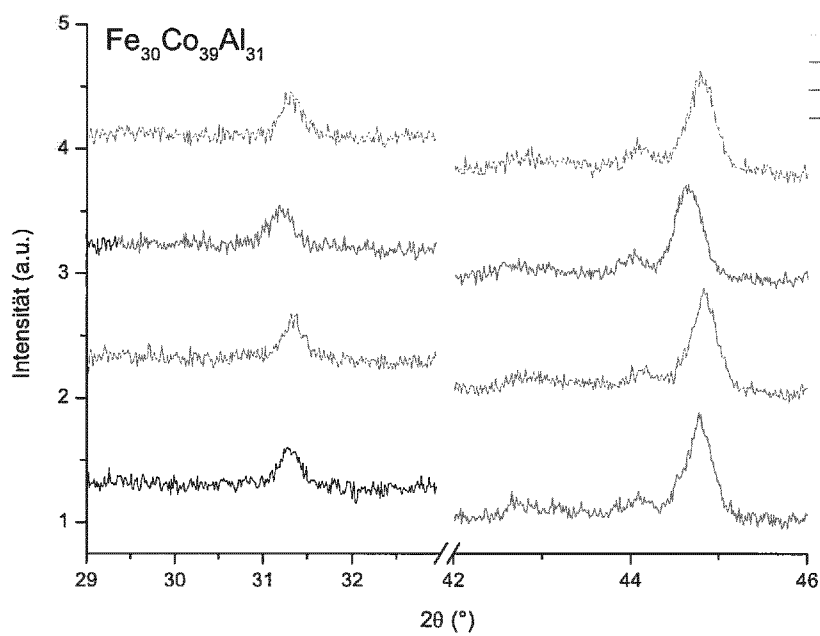


Fig. 6

4/5

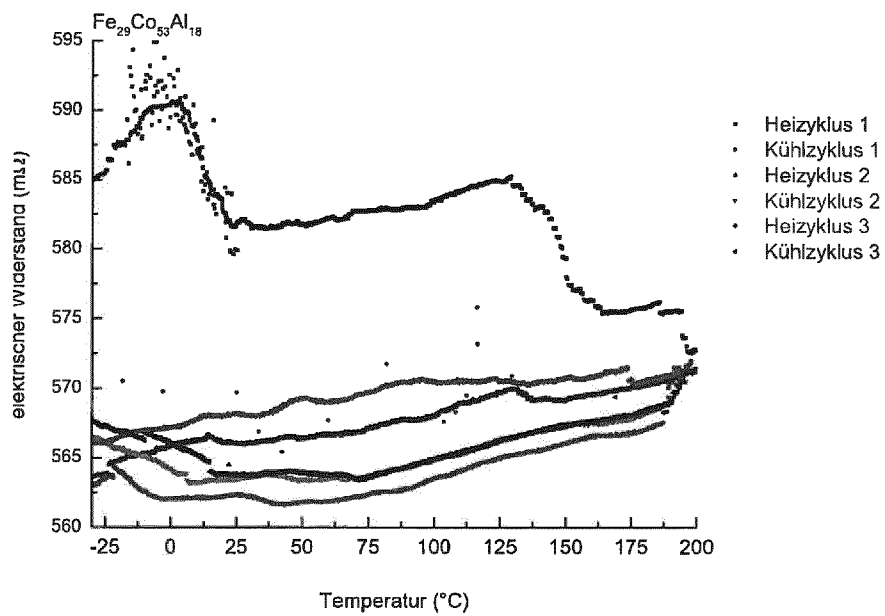


Fig. 7

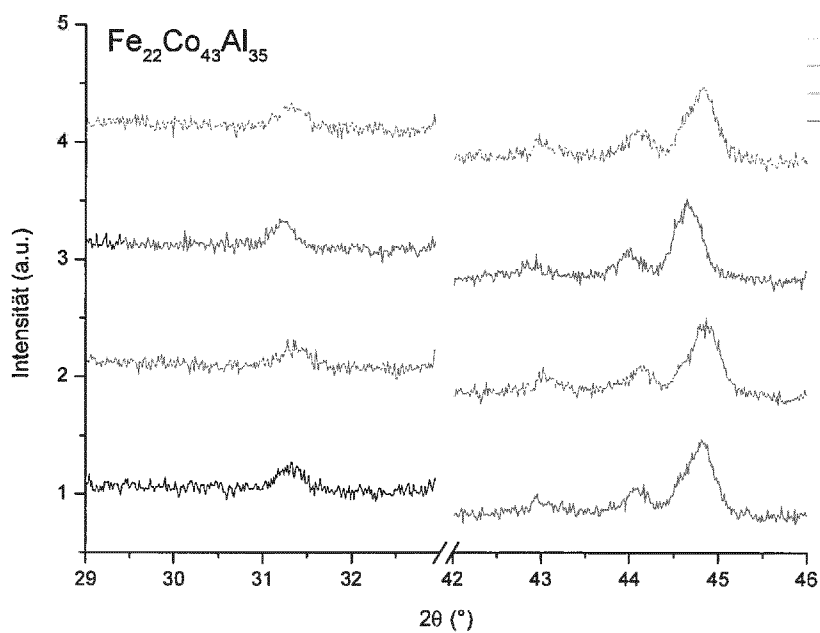


Fig. 8

5/5

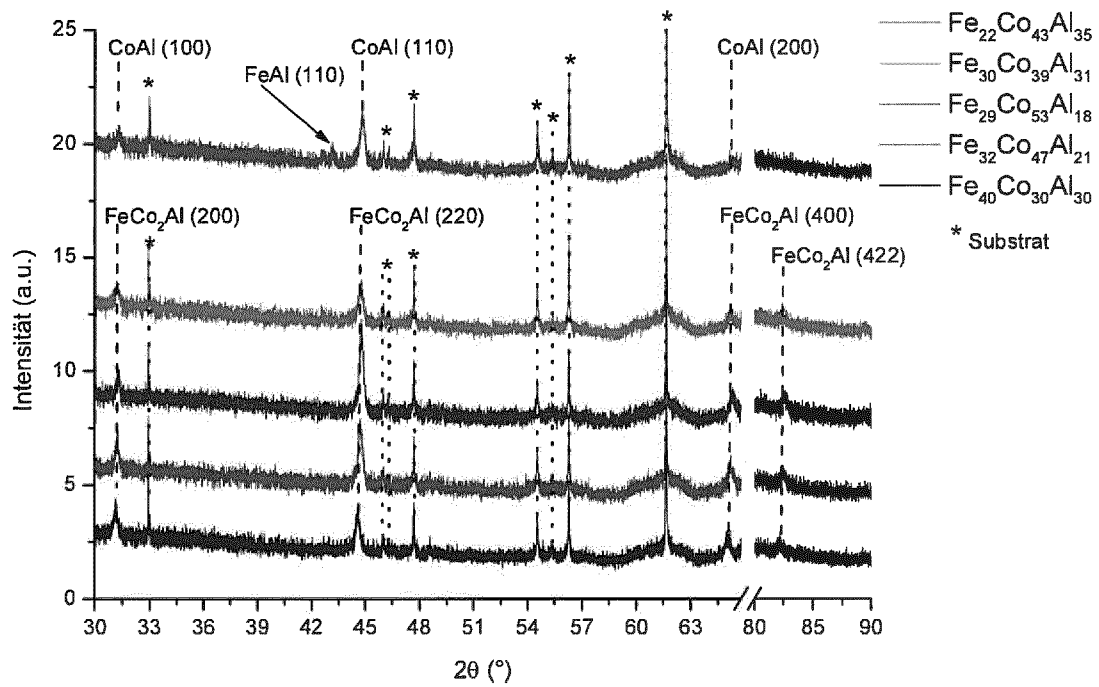


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/074047

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C22C19/07 C22C30/00 C22C38/06 C22C38/10 F16B1/00
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)

C22C F16B

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)

EP0-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 6 153 020 A (CHEN LI-HAN [TW] ET AL) 28 November 2000 (2000-11-28) column 1, lines 9-47 column 2, lines 50-65 -----	1-3
A	US 7 501 032 B1 (NOEBE RONALD D [US] ET AL) 10 March 2009 (2009-03-10) column 1, lines 15-36 column 2, lines 30-36 -----	1-6
A	US 2014/007572 A1 (BURAVALLA VIDYASHANKAR R [IN] ET AL) 9 January 2014 (2014-01-09) paragraphs [0021] - [0024] -----	4-6
A	US 2012/174573 A1 (SKURKIS RICHARD J [US] ET AL) 12 July 2012 (2012-07-12) paragraphs [0003], [0029] - [0031] -----	5, 6



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

6 November 2017

Date of mailing of the international search report

15/11/2017

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

Chalaftris, Georgios

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/074047

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6153020	A	28-11-2000	US 6153020 A	28-11-2000
			US 6299703 B1	09-10-2001

US 7501032	B1	10-03-2009	NONE	

US 2014007572	A1	09-01-2014	NONE	

US 2012174573	A1	12-07-2012	CN 103306924 A	18-09-2013
			DE 102013203792 A1	19-09-2013
			US 2012174573 A1	12-07-2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/074047

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. C22C19/07 C22C30/00 C22C38/06 C22C38/10 F16B1/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

C22C F16B

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-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 6 153 020 A (CHEN LI-HAN [TW] ET AL) 28. November 2000 (2000-11-28) Spalte 1, Zeilen 9-47 Spalte 2, Zeilen 50-65 -----	1-3
A	US 7 501 032 B1 (NOEBE RONALD D [US] ET AL) 10. März 2009 (2009-03-10) Spalte 1, Zeilen 15-36 Spalte 2, Zeilen 30-36 -----	1-6
A	US 2014/007572 A1 (BURAVALLA VIDYASHANKAR R [IN] ET AL) 9. Januar 2014 (2014-01-09) Absätze [0021] - [0024] -----	4-6
A	US 2012/174573 A1 (SKURKIS RICHARD J [US] ET AL) 12. Juli 2012 (2012-07-12) Absätze [0003], [0029] - [0031] -----	5,6

☐

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

6. November 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/11/2017

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

Chalaftris, Georgios

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/074047

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6153020 A	28-11-2000	US 6153020 A	28-11-2000
		US 6299703 B1	09-10-2001
US 7501032 B1	10-03-2009	KEINE	
US 2014007572 A1	09-01-2014	KEINE	
US 2012174573 A1	12-07-2012	CN 103306924 A	18-09-2013
		DE 102013203792 A1	19-09-2013
		US 2012174573 A1	12-07-2012