

(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
12. Januar 2017 (12.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/005809 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 1/067 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/066023

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Juli 2016 (06.07.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 212 565.3 6. Juli 2015 (06.07.2015) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).
**HOCHSCHULE FÜR ANERKANNTE
WISSENSCHAFT UND KUNST** [DE/DE]; Hohnsen 4,
31134 Hildesheim (DE).

(72) Erfinder: **VIÖL, Wolfgang**; Heideweg 11, 37139
Adelebsen (DE). **FLADE, Enrico**; Schaperweg 6, 37154
Northeim (DE). **PAULUS, Julian**; Gangloffsömmerner
Ring 14, 34314 Espenau (DE). **MAINUSCH, Nils**;

Kniestraße 21a, 30167 Hannover (DE). **SIEDENBURG,
Thammo**; Am Steinsgraben 26, 37085 Göttingen (DE).
CHRIST, Torge; Wilhelm-Weber-Straße 1a, 37073
Göttingen (DE).

(74) **Anwälte: GOEDEN, Christian** et al.; Friese Goeden
Patentanwälte, Widenmayerstraße 49, 80538 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, 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.

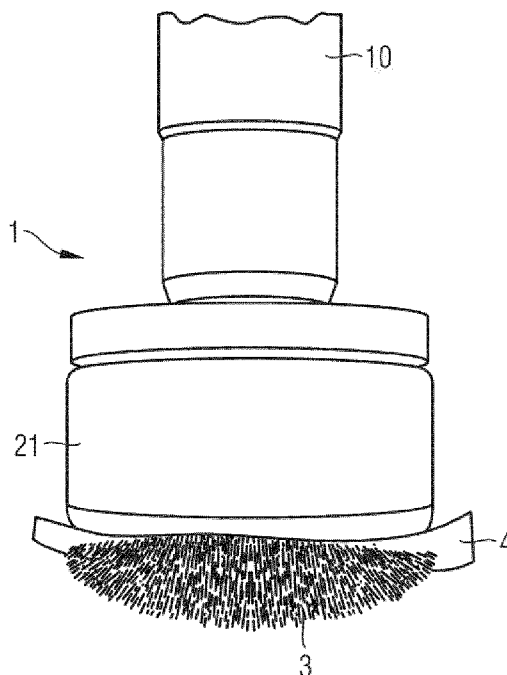
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR A REVERSIBLE CONTACT

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR REVERSIBLEN KONTAKTIERUNG

Fig. 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a contacting device (1) with an electrically conductive contact (4) for reversibly contacting an object (5) to be measured. The contacting device additionally contains a plurality of particles (3) which can be introduced between the contact (4) and the surface (51) of the object (5) to be measured. The contacting device (1) additionally contains a first magnetic field generating device (21) with which a magnetic field can be generated that passes through the conductive contact (4), and the plurality of particles (3) can be deposited onto the contact along the field lines of the magnetic field. The invention further relates to a measuring device comprising such a contacting device and to a measuring method.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Kontaktierungsvorrichtung (1) mit einem elektrisch leitfähigen Kontakt (4) zur reversiblen Kontaktierung eines Messobjektes (5), wobei die Kontaktierungsvorrichtung weiterhin eine Mehrzahl von Partikeln (3) enthält, welche zwischen den Kontakt (4) und der Oberfläche (51) des Messobjektes (5) einbringbar sind, wobei die Kontaktierungsvorrichtung (1) weiterhin eine erste Magnetfelderzeugungseinrichtung (21) enthält, mit welcher ein den leitfähigen Kontakt (4) durchdringendes Magnetfeld erzeugbar ist, wobei die Mehrzahl von Partikeln (3) entlang der Feldlinien des Magnetfeldes an den Kontakt anlagerbar sind. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Messgerät mit einer solchen Kontaktierungsvorrichtung und ein Messverfahren.



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)*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Vorrichtung und Verfahren zur reversiblen Kontaktierung

Die Erfindung betrifft eine Kontaktierungsvorrichtung mit einem elektrisch leitfähigen Kontakt zur reversiblen Kontaktierung eines Messobjekts. Weiterhin betrifft die Erfindung ein mit der Kontaktierungsvorrichtung ausgestattetes Messgerät sowie ein Verfahren zur Bestimmung elektrischer Parameter eines Messobjekts, bei welchem das Messobjekt mit zumindest einem leitfähigen Kontakt reversibel kontaktiert wird. Vorrichtungen und Verfahren dieser Art können zur Bestimmung des elektrischen Widerstands und daraus abgeleiteter Kenngrößen an Einzelschichten oder Schichtsystemen eingesetzt werden.

Aus der Praxis ist bekannt, Prüfstifte bzw. Kontaktstempel aus einem Metall oder einer Legierung zu verwenden und diese mit dem Messobjekt in Kontakt zu bringen. Hierdurch wird ein Stromfluss zwischen dem leitfähigen Kontakt und dem Messobjekt ermöglicht, sodass beispielsweise ein Strom eingepreßt oder eine Potenzialdifferenz gemessen werden kann. Nach erfolgter Messung können die leitfähigen Kontakte vom Messobjekt abgehoben werden. Im Idealfall sind die Kontakte rückstandsfrei entfernbar und das Messobjekt bleibt durch die Messung völlig unbeeinflusst.

Es hat sich jedoch gezeigt, dass insbesondere bei Messobjekten mit empfindlichen Grenz- oder Funktionsschichten mit Dicken von wenigen Nanometern bis hin zu einigen 10 µm eine Beschädigung der Funktionsschichten nicht ausgeschlossen werden kann. Weiterhin können sehr raue Oberflächen nicht zuverlässig kontaktiert werden, da der Kontaktschluss zwischen dem Messobjekt und dem leitfähigen

Kontakt nur an den Erhebungen der Oberflächenrauheit erfolgt und dadurch nur wenige stromführende Pfade zur Verfügung stehen. Dies führt häufig zu nicht exakten, nicht reproduzierbaren und driftenden Messwerten, welche keine oder nur eine geringe Aussagekraft über die zu messenden Parameter erlauben.

Ausgehend vom Stand der Technik soll daher eine Kontaktierungs-
vorrichtung, ein Messgerät und ein Messverfahren bereitgestellt werden, welche einerseits die Beschädigung empfindlicher Oberflächen vermeiden und andererseits zuverlässige Messergebnisse ermöglichen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Kontaktierungs-
vorrichtung gemäß Anspruch 1, ein Messgerät gemäß Anspruch 7 sowie ein Verfahren zur Bestimmung elektrischer Parameter gemäß Anspruch 11 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung finden sich in den Unteransprüchen.

Erfindungsgemäß wird eine Kontaktierungsvorrichtung vorgeschlagen, welche einen elektrisch leitfähigen Kontakt aufweist. Der elektrisch leitfähige Kontakt kann in einigen Ausführungsformen der Erfindung einen Durchmesser bzw. einen Umkreis von etwa 1 mm bis etwa 20 mm aufweisen. Der Kontakt kann polygonal oder rund ausgeführt sein. Der Kontakt kann ein Metall oder eine Legierung enthalten. Der Kontakt kann eine dem Messobjekt zugewandte Fläche aufweisen, welche zur Kontaktierung mit dem Messobjekt vorgesehen ist. Daneben weist der Kontakt eine weitere Anschlussmöglichkeit für eine Messleitung auf, um den Kontakt und damit letztlich das Messobjekt mit einem an sich bekannten Messgerät, einer Stromquelle oder einer Spannungsquelle zu verbinden.

Beispielsweise kann der Kontakt eine quaderförmige oder zylindrische Grundform aufweisen. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann der Kontakt aus einem Blech gefertigt sein, welches neben der zur Kontaktierung des

Messobjekts vorgesehenen Kontaktfläche eine Anschlussfahne aufweist. An dieser Anschlussfahne kann eine Leitung durch Löten, Crimpen oder Punktschweißen befestigt sein.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann der leitfähige Kontakt Kupfer, Aluminium, Silber, Neusilber und/oder Gold enthalten oder daraus bestehen. Der Kontakt kann optional eine Beschichtung aufweisen, welche die Leitfähigkeit oder den Korrosionsschutz verbessert oder mittels welcher die Austrittsarbeit an einen vorgebbaren Sollwert angepasst wird.

Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen, dass der elektrisch leitfähige Kontakt nicht unmittelbar auf die Oberfläche des Messobjekts aufgesetzt wird. Stattdessen soll ein sehr leicht verformbares, fließfähiges Material zwischen den leitfähigen Kontakt und die Oberfläche des Messobjekts eingebracht werden. Dieses hat zum einen die Eigenschaft, sich an eventuell vorhandene Oberflächenrauheiten des Messobjekts anzupassen, sodass die Kontaktfläche und damit die Anzahl der ausgebildeten bzw. ausbildbaren Strompfade vergrößert ist. Weiterhin vermeidet das vergleichsweise weiche Material die Beschädigung empfindlicher Oberflächen, welche durch unmittelbares Aufsetzen des metallischen Materials des leitfähigen Kontakts auf das Messobjekt entstehen können.

Das erfindungsgemäß verwendete Material zwischen dem leitfähigen Kontakt und dem Messobjekt enthält einen Staub bzw. eine Mehrzahl von Partikeln, welche einerseits gegeneinander verschiebbar sind und dadurch in die Täler einer Oberflächenrauheit eindringen können um die Kontaktfläche zu vergrößern. Weiterhin können die Partikel verhindern, dass große, zur Beschädigung führende Kräfte bzw. mechanische Spannungen auf der Oberfläche des Messobjekts auftreten. Nach erfolgter Messung können die Partikel rückstandsfrei von der Oberfläche des Messobjekts entfernt werden, bei-

spielsweise durch Abblasen mit einem Gasstrom oder durch Reinigung im Ultraschallbad.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die Kontaktierungsvorrichtung eine erste Magnetfelderzeugungseinrichtung enthalten, mit welcher ein den leitfähigen Kontakt durchdringendes Magnetfeld erzeugbar ist, wobei die Mehrzahl von Partikeln entlang der Feldlinien des Magnetfelds an den Kontakt anlagerbar sind. Hierdurch wird eine einfache Handhabung der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung ermöglicht, da die Partikel durch die Magnetkräfte an die Kontaktierungsvorrichtung gebunden werden können. Dies erlaubt neben einer einfachen Kontaktierung des Messobjekts auch ein einfaches Lösen des Kontakts, wobei die Mehrzahl der Partikel weiterhin magnetisch an der Kontaktierungsvorrichtung gehalten wird, sodass nur geringe oder keine Verunreinigungen vom Messobjekt entfernt werden müssen. In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann daher ein Reinigungsschritt nach Durchführung der Messung auch entfallen.

Um die Partikel magnetisch an den leitfähigen Kontakt zu koppeln, kann in einigen Ausführungsformen der Erfindung vorgesehen sein, dass die Partikel ferrimagnetisch oder paramagnetisch oder ferromagnetisch sind. Dies kann dazu führen, dass die Partikel entlang der Feldlinien des Magnetfeldes an den Kontakt anlagerbar sind, d.h. solange das Magnetfeld besteht, bilden die Partikel längliche, von der Oberfläche des leitfähigen Kontaktes ausgehende Dendrite bzw. Fäden. Da die Partikel weiterhin gegeneinander verschiebbar sind, kann sich die Spitze der Dendrite an die Oberfläche des Messobjektes anpassen, so dass die Beschädigung des Messobjektes vermieden werden kann und Rauheiten durch die Partikel zuverlässig ausgefüllt werden.

Die Magnetfelderzeugungseinrichtung kann in einigen Ausführungsformen der Erfindung einen Permanentmagnet auf-

weisen. Dies erlaubt einen zuverlässigen und dauerhaften Betrieb der Kontaktierungsvorrichtung, da für die Anbindung der Partikel an den leitfähigen Kontakt keine Hilfsenergie benötigt wird.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die erste Magnetfelderzeugungseinrichtung zumindest eine Spule bzw. einen Elektromagneten mit einer Spule und einem Kern aufweisen. Hierdurch kann das Magnetfeld aus- und eingeschaltet werden, so dass die Partikel einfach von der Kontaktierungsvorrichtung entfernt werden können, beispielsweise um für unterschiedliche Messungen unterschiedliche Partikel zu verwenden.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung können die Partikel einen Durchmesser von etwa 0,5 μm bis etwa 50 μm aufweisen. In anderen Ausführungsformen der Erfindung können die Partikel einen Durchmesser von etwa 10 μm bis etwa 40 μm aufweisen. In wiederum anderen Ausführungsformen der Erfindung können die Partikel einen Durchmesser von etwa 15 μm bis etwa 30 μm aufweisen. Solche Partikel weisen Abmessungen auf, welche geringer sind als typische Rauheiten von Oberflächen, so dass die Partikel leicht in die Täler der Rauheiten eindringen können, um diese aufzufüllen. Hierdurch wird die Anzahl der Strompfade und dadurch die effektive Kontaktfläche auf rauen Oberflächen erhöht.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung können die Partikel ein Ferrit, einen Edelstahl und/oder ein Carboneisen enthalten oder daraus bestehen. Diese Partikel sind ferri- oder ferromagnetisch und lassen sich daher durch die Magnetfelderzeugungseinrichtung zuverlässig an den leitfähigen Kontakt der Kontaktierungsvorrichtung binden.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung können die Partikel zusätzlich Nickel und/oder Mangan und/oder Zink und/oder Barium und/oder Strontium enthalten. Hierdurch

lassen sich die gewünschten hart- oder weichmagnetischen Eigenschaften in Abhängigkeit des vorgesehenen Anwendungszweckes der Kontaktierungsvorrichtung einstellen. In einigen Ausführungsformen der Erfindung enthalten die Partikel Barium-Ferrit und/oder Strontium-Ferrit und/oder Nickel-Mangan-Ferrit und/oder Mangan-Zink-Ferrit. In einigen Ausführungsformen der Erfindung enthalten die Partikel einen nickelhaltigen Edelstahl und/oder einen manganhaltigen Edelstahl und/oder einen zinkhaltigen Edelstahl. In wiederum anderen Ausführungsformen der Erfindung enthalten die Partikel nickelhaltiges Carbonyleisen und/oder manganhaltiges Carbonyleisen und/oder zinkhaltiges Carbonyleisen.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung sind die Partikel mit einer Beschichtung versehen. Die Beschichtung der Partikel kann die elektrische Leitfähigkeit erhöhen, die Oberfläche der Partikel passivieren und/oder die Austrittsarbeit an vorgebbare Sollwerte anpassen, so dass mit der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung auf Halbleiteroberflächen sowohl ohmsche Kontakte als auch Schottky-Kontakte ausgebildet werden können.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die Beschichtung der Partikel galvanisch oder mittels Plasma-PVD erhältlich sein. Hierdurch sind die Partikel einfach und kostengünstig mit den gewünschten Eigenschaften herstellbar.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die Beschichtung der Partikel Silber und/oder Gold und/oder Kupfer und/oder Nickel enthalten oder daraus bestehen. Hierdurch kann die Leitfähigkeit der Partikel erhöht werden, so dass die Messgenauigkeit weiter steigt.

In einigen Ausführungsvorrichtungen der Erfindung betrifft diese ein Messgerät zur Bestimmung elektrischer Parameter eines Messobjektes mit zumindest einer der vorgenannten Kontaktierungsvorrichtungen. Die mit dem Messgerät bestimmten

elektrischen Parameter können ausgewählt sein aus einem elektrischen Widerstand, einer Ladungsträgerdichte, einer Ladungsträgerbeweglichkeit, einer Durchbruchfeldstärke oder weiterer, hier nicht genannter Parameter. Die Messungen können sowohl die Messung des Schichtwiderstandes umfassen, d.h. die Kontaktierungsvorrichtungen sind nebeneinander auf derselben Oberfläche des Messobjektes angeordnet. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann der Durchgangswiderstand des Messobjektes bestimmt werden, d.h. die Kontaktierungsvorrichtungen befinden sich auf gegenüberliegenden Oberflächen des Messobjektes. In wiederum anderen Ausführungsformen der Erfindung kann eine Messung des Hall-Effektes mit der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung vorgenommen werden.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann das Messgerät eine zweite Magnetfelderzeugungseinrichtung aufweisen, welche gegenüber der Kontaktierungsvorrichtung angeordnet ist, wobei der zwischen der Kontaktierungsvorrichtung und der zweiten Magnetfelderzeugungseinrichtung ausgebildete Spalt für die Aufnahme des Messobjektes vorgesehen ist. Durch die zweite Magnetfelderzeugungseinrichtung kann ein näherungsweise homogenes Magnetfeld mit näherungsweise parallelen Feldlinien auf der Oberfläche des Messobjektes erzeugt werden. Da sich die Partikel entlang der Feldlinien anordnen, kann der effektive Durchmesser der Kontaktierungsvorrichtung auf der Oberfläche des Messobjektes verringert sein. Auch die zweite Magnetfelderzeugungseinrichtung kann einen Permanentmagnet oder eine stromdurchflossene Spule aufweisen, so dass das Magnetfeld in Stärke und Richtung veränderbar ist.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann das Messgerät weiterhin eine Positioniereinrichtung aufweisen, mit welcher der Spalt zwischen der Kontaktierungsvorrichtung und dem Messobjekt einstellbar ist. Die Positioniereinrichtung kann ausgewählt sein aus einem Piezosteller, einem

Linearmotor, einem Spindelantrieb oder weiterer, an sich bekannter Positionierhilfen. Hierdurch lässt sich die Höhenlage bzw. der Abstand der Kontaktierungsvorrichtung zur Oberfläche des Messobjektes kontrollieren, so dass ein versehentliches Aufsetzen des leitfähigen Kontaktes auf die Oberfläche vermieden wird. Dadurch ist sichergestellt, dass der elektrische Kontakt ausschließlich über die gegeneinander verschiebbaren Partikel hergestellt wird und keine großen Kräfte auf das Messobjekt einwirken, welche zu dessen Zerstörung führen könnten.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann das Messgerät weiterhin eine Regelungseinrichtung aufweisen, mit welcher die Positioniereinrichtung ansteuerbar ist. Durch den Vergleich des Soll- mit dem Ist-Wert wird eine versehentliche Beschädigung des Messobjektes ausgeschlossen und gleichzeitig wird eine sichere Kontaktierung ermöglicht, welche Voraussetzung für zuverlässige Messwerte ist.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung können die Partikel an Luft bzw. in einer Gasatmosphäre vorliegen. Dies erlaubt eine einfache Handhabung des Messgerätes bzw. eine einfache Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. In anderen Ausführungsformen der Erfindung können die Partikel in einem Ferrofluid gebunden sein. Hierdurch kann die Messung zuverlässiger erfolgen.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand von Figuren ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens näher erläutert werden. Dabei zeigt

Figur 1 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung.

Figur 2 zeigt eine mikroskopische Aufnahme der Partikel an der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung.

Figur 3 zeigt ein Partikel im Querschnitt.

Figur 4 zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme der Partikel.

Figur 5 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Messgerätes.

Figur 6 zeigt eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung.

Figur 7 zeigt Vergleichsmessungen der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung gegenüber bekannten Kontaktierungsvorrichtungen anhand eines ersten Anwendungsbeispiels.

Figur 8 zeigt Vergleichsmessungen der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung gegen bekannte Kontaktierungsvorrichtungen anhand eines zweiten Anwendungsbeispiels.

Anhand von Figur 1 wird ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung 1 erläutert.

Die Kontaktierungsvorrichtung 1 weist einen Schaft 10 auf, mit welchem die Kontaktierungsvorrichtung mechanisch befestigt werden kann. Die mechanische Befestigung kann mittels einer Positioniereinrichtung 70 erfolgen, wie nachfolgend noch anhand von Figur 5 erläutert wird.

Weiterhin weist die Kontaktierungsvorrichtung 1 eine erste Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 einen Permanentmagnet. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann eine stromdurchflossene Spule verwendet werden, so dass das Magnetfeld nach Richtung, Stärke und Zeitpunkt variiert werden kann. Da das Magnetfeld nicht dauerhaft eingeschaltet ist, können die Partikel 3 in

einfacher Weise von der Kontaktierungsvorrichtung 1 entfernt werden, in dem das Magnetfeld ausgeschaltet wird.

Weiterhin weist die Kontaktierungsvorrichtung einen leitfähigen Kontakt 4 auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der leitfähige Kontakt 4 aus einem Blech gebildet, welches eine Dicke von etwa 0,1 mm bis etwa 1 mm aufweisen kann. Der leitfähige Kontakt 4 kann Kupfer, Aluminium, Gold und/oder Silber enthalten oder daraus bestehen. Der leitfähige Kontakt 4 kann mit einer Beschichtung versehen sein, welche die Oberfläche passiviert und/oder die elektrische Leitfähigkeit erhöht.

Anders als bei an sich bekannten Kontaktierungsvorrichtungen wird der leitfähige Kontakt 4 nicht in unmittelbarem Stoffkontakt mit dem Messobjekt gebracht. Hierfür sind Partikel 3 vorgesehen, welche durch das Magnetfeld der ersten Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 an den leitfähigen Kontakt 4 gebunden werden.

Da die Partikel 3 sehr klein und gegeneinander verschiebbar sind, können diese einerseits in Oberflächenrauheiten des Messobjektes eindringen und dort die Anzahl der leitfähigen Strompfade zwischen dem Kontakt 4 und der Oberfläche des Messobjektes vergrößern. Darüber hinaus erlauben die Partikel 3 eine Kontaktierung des Messobjektes mit geringen Kontaktkräften, so dass eine Beschädigung empfindlicher Oberflächen des Messobjektes vermieden wird. Schließlich können die Partikel 3 in einfacher Weise rückstandsfrei vom Messobjekt entfernt werden, wenn die Kontaktierungsvorrichtung 1 nach Abschluss der notwendigen Messungen von der Oberfläche des Messobjektes entfernt wird.

Die Partikel 3 sind anhand von Figur 2 näher erläutert. Aufgrund des divergierenden Dipolfeldes der Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 und der Tatsache, dass sich die Partikel 3 entlang der Feldlinien ausrichten, bilden diese längliche

Dendrite bzw. Büschel, welche sich von der Oberfläche des Kontaktes 4 ausgehend radial nach außen erstrecken, etwa wie bei einer Bürste oder einem Pinsel.

Die Dendrite der Partikel 3 werden zu ihrer Spitze hin aufgrund der abnehmenden Magnetfeldstärke dünner. Wie die kleinere Darstellung in Figur 2 zeigt, befinden sich an der Spitze der Dendrite oftmals nur noch einzelne Partikel, so dass die Spitzen der Dendrite einen Durchmesser in der Größe der Partikel aufweisen. In einigen Ausführungsformen kann die Spitze daher einen Durchmesser zwischen etwa 0,5 µm und etwa 50 µm oder zwischen etwa 5 µm und etwa 50 µm oder zwischen etwa 10 µm und etwa 30 µm aufweisen.

Figur 3 erläutert beispielhaft den Aufbau eines Partikels 3. Der Partikel 3 gemäß Figur 3 weist einen Kern 31 und eine Beschichtung 32 auf.

Der Kern 31 kann ein ferri- oder ferromagnetisches Material enthalten, um auf diese Weise eine gute magnetische Kopplung an den leitfähigen Kontakt 4 zu ermöglichen. In einigen Ausführungsformen der Erfindung können auch paramagnetische Materialien für den Kern 31 verwendet werden. Beispielsweise eignen sich Carboneisen, Edelstähle oder Ferrite als Material für den Kern 31.

Der Kern 31 ist mit einer Beschichtung 32 versehen, welche aus einem Material bestehen kann, welches eine größere Leitfähigkeit aufweist als das Material des Kerns 31. Hierdurch kann der Kontaktwiderstand der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung verringert werden. Beispielsweise kann die Beschichtung 32 Gold, Silber und/oder Kupfer enthalten oder daraus bestehen. Die Beschichtung 32 kann nasschemisch, beispielsweise außenstromlos oder galvanisch abgeschieden werden. Alternativ kann die Beschichtung 32 in einem Sputterverfahren oder einem Plasma-PVD-Prozess aufgebracht werden.

Figur 4 zeigt beispielhaft Partikel 3 in einer elektronenmikroskopischen Aufnahme. Die beispielhaft in Figur 4 gezeigten Partikel weisen einen Kern 31 aus einem Ferrit und eine Beschichtung 32 aus Silber auf.

Anhand von Figur 5 wird ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Messgerätes erläutert. Das Messgerät 5 zeigt ein Messobjekt 5 mit einer Oberfläche 51. Das Messobjekt 5 kann beispielsweise eine metallisierte Folie zur Herstellung einer Batterie, eines Kondensators oder einer Brennstoffzelle sein. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann das Messobjekt 5 ein Halbleiterbauelement bzw. ein Halbleiterwafer sein.

Die Kontaktierungsvorrichtung 1 soll dazu eingesetzt werden, das Messobjekt 5 über dessen Oberfläche 51 zuverlässig und mit geringen Kontaktwiderständen zu kontaktieren, so dass elektrische Parameter des Messobjektes 5 erfasst werden können. Beispielsweise kann der elektrische Schichtwiderstand anhand einer an sich bekannten Vierpunktmessung ermittelt werden. In anderen Ausführungsformen der Erfindung können Ladungsträgerdichten oder Ladungsträgerbeweglichkeiten ermittelt werden, beispielsweise mittels des Hall-Effektes.

Das Messobjekt 5 befindet sich auf einem Probenhalter 50, welcher in an sich bekannter Weise mit einem Mehrachsenmanipulator versehen sein kann, um das Messobjekt 5 im Messgerät zu positionieren. Im dargestellten Ausführungsbeispiel dient der Probenhalter 50 auch als leitfähiger Rückseitenkontakt, um den Durchgangswiderstand des Messobjektes 5 zu erfassen. Optional kann der Probenhalter 50 auch beheizt oder gekühlt werden, um eine Messung bei unterschiedlichen Temperaturen zu ermöglichen. Zur Messung des Schichtwiderstandes kann der Probenhalter 50 auch isolierend ausgeführt sein, wobei zur Messung eine oder

mehrere Kontaktierungsvorrichtung(en) 1 zusätzlich aufgesetzt werden.

Die Kontaktierungsvorrichtung 1 weist einen Schaft 10 und eine erste Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 auf, wie vorstehend bereits beschrieben wurde. An dem dem Messobjekt 5 zugewandeten Ende der Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 befindet sich ein leitfähiger Kontakt 4. Der leitfähige Kontakt 4 steht an zumindest einer Seite über die Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 hinaus und bildet dort eine Kontaktfahne, mit welcher der leitfähige Kontakt 4 mit einem Messgerät, einer Stromquelle oder einer Spannungsquelle verbindbar ist.

Die unter der Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 liegende Fläche des leitfähigen Kontaktes 4 ist mit Partikeln 3 belegt, welche von der Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 am Kontakt 4 fixiert werden. Die Partikel sind einerseits so ausgestaltet, dass diese durch die magnetischen Kräfte der Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 am Kontakt gehalten werden und andererseits eine gute elektrische Leitfähigkeit aufweisen, um hinreichend gute elektrische Kontakte zum Messobjekt 5 zu ermöglichen.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel befindet sich ein Spalt 55 zwischen den Partikeln 3 und der Oberfläche 51 des Messobjektes 5. Die Größe dieses Spaltes 55 kann durch einen Linearantrieb 70 variiert werden, welcher den Abstand der Kontaktierungsvorrichtung 1 zur Oberfläche 51 des Messobjektes 5 vergrößert oder verringert. In einer Messposition der Kontaktierungsvorrichtung 1 sind die Partikel 3 in Kontakt mit der Oberfläche 51. Gleichwohl verbleibt ein Spalt zwischen dem leitfähigen Kontakt 4 und der Oberfläche 51, welcher durch die Partikel 3 ausgefüllt wird. Durch das Vermeiden des direkten mechanischen Kontaktes des leitfähigen Kontaktes 4 mit der Oberfläche 51 wird eine

mechanische Beschädigung der Oberfläche 51 durch den Kontakt 4 ausgeschlossen.

Die Kontrolle des Spaltes 55 und damit die Ansteuerung des Linearantriebes 70 können durch eine Regelungsvorrichtung 6 erfolgen. Die Regelungsvorrichtung 6 kann einen an sich bekannten PID-Regler aufweisen. Dieser weist den Vorteil auf, dass es beim Anfahren des Sollwertes der Messposition nicht zu einem Überschwinger kommt, d.h. der leitfähige Kontakt 4 setzt beim Anfahren der Messposition auch nicht kurzzeitig auf der Oberfläche 51 auf. Der Ist-Wert des Spaltes 55 kann durch einen Sensor fortlaufend erfasst und der Regelungseinrichtung 6 zugeführt werden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel wird als Sensor eine Lichtschranke oder eine Kamera 74 verwendet, welche die Position der Kontaktierungsvorrichtung 1 berührungslos erfasst.

Weiterhin ist in Figur 5 eine optionale zweite Magnetfelderzeugungseinrichtung 22 dargestellt. Die zweite Magnetfelderzeugungseinrichtung 22 dient der Feldformung des von der ersten Magnetfelderzeugungseinrichtung 21 erzeugten Magnetfeldes. Hierdurch können die Partikel 3 gleichmäßiger an der Kontaktierungsvorrichtung 1 angeordnet werden, so dass sich bei Betrieb der zweiten Magnetfelderzeugungseinrichtung 22 beispielsweise ein quader- bzw. zylinderförmiger Querschnitt anstelle des in Figur 5 dargestellten meniskusförmigen Querschnitts ergibt. Hierdurch kann die effektive Kontaktfläche vergrößert sein, so dass Messwerte mit größerer Genauigkeit erfasst werden können.

Figur 6 zeigt eine zweite Ausführungsform der Kontaktierungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Gleiche Bestandteile der Erfindung sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, so dass sich die nachfolgende Beschreibung auf die wesentlichen Unterschiede beschränkt.

Wie in Figur 6 dargestellt ist, weist diese Ausführungsform der Erfindung zwei erste Magnetfelderzeugungseinrichtungen 211 und 212 auf. Jeder Magnetfelderzeugungseinrichtung ist ein leitfähiger Kontakt 41 und 42 zugeordnet. Am Ende der leitfähigen Kontakte 41 und 42 befinden sich jeweils eine Mehrzahl von Partikeln 310 und 320. Die Kontaktierungsvorrichtung 1 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist somit dazu geeignet, zwei Kontaktstellen in definiertem Abstand auf der Oberfläche 51 des Messobjektes 5 zu erzeugen. Da beide Kontakte mit einem einzigen Schaft 10 an einem gemeinsamen Linearantrieb verbunden sind, kann der Abstand der beiden Kontakte bei unterschiedlichen Messungen mit großer Genauigkeit konstant gehalten werden. Hierdurch lassen sich Schichtwiderstände und daraus abgeleitet der spezifische Widerstand der vermessenen Schicht mit großer Genauigkeit ermitteln.

Weiterhin weist die Kontaktierungsvorrichtung einen Positionssensor 75 auf, welcher den Abstand zur Oberfläche 51 eines Messobjektes 5 fortlaufend erfasst und einer Regelungsvorrichtung zuführt. Hierdurch kann das Aufsetzen des in Figur 6 gezeigten Doppelkontaktes mit großer Genauigkeit erfolgen, ohne die Oberfläche 51 zu beschädigen.

Der in Figur 6 gezeigte Positionssensor 75 kann beispielsweise ein Ultraschallsensor, ein kapazitiven Sensor oder ein Lasersensor sein oder einen solchen enthalten, um den Abstand berührungslos zu erfassen. Alternativ kann der Positionssensor 75 auch einen federnd gelagerten Stift aufweisen, welcher auf einen Schiebewiderstand wirkt, so dass der Abstand der Partikel 310 und 320 von der Oberfläche durch den gemessenen Widerstandswert ermittelt werden kann. In weiteren Ausführungsformen der Erfindung kann der Positionssensor 75 als Kraftaufnehmer ausgebildet sein, welcher aus der einwirkenden Kraft den Kontaktschluss ermittelt.

In Figur 7 sind Vergleichsmessungen gezeigt, welche die vorteilhafte Wirkung der erfindungsgemäßen Kontaktierungs-vorrichtung zeigen. Dargestellt sind Durchgangswiderstände von etwa 3 µm dicken Präparationsschichten auf Aluminium-folie. Beide Schichten wurden mit unterschiedlichen Her-stellungsverfahren erzeugt, welche in Figur 7 jeweils mit „Primer 1“ und „Primer „2“ bezeichnet sind.

Figur 7A zeigt das Ergebnis der Messung des Durchgangs-widerstandes mit einem zylindrischen Prüfstift mit einem Durchmesser von 3 mm. Der Prüfstift weist eine flache Auflagefläche auf und ist vergoldet, um eine inerte Oberfläche und einen geringen spezifischen Widerstand zu ermöglichen. Figur 7A zeigt den arithmetischen Mittelwert des Durchgangswiderstandes sowie den bei der Messung aufgetretenen Fehlerbalken.

Aus Figur 7A ist ersichtlich, dass mit dem bekannten Prüfstift keine signifikanten Unterschiede im Durchgangs-widerstand bestimmt werden können. Die Messung ist somit nicht dazu geeignet, unterschiedliche Eigenschaften der unterschiedlich hergestellten Präparationsschichten zu erfassen.

Figur 7B zeigt Messungen, welche in gleicher Weise mit einem bekannten Kontaktstempel vorgenommen worden sind. Auch der Kontaktstempel besteht aus einem metallischen Werkstoff mit einer flachen Auflage mit 10 mm Durchmesser.

Anhand von Figur 7B ist erkennbar, dass der arithmetische Mittelwert der Messwerte für die unterschiedlich hergestellten Schichten variiert. Demnach ist prinzipiell eine Unterscheidbarkeit gegeben.

Aufgrund stark schwankender Messwerte weisen die Messungen jedoch einen großen Fehlerbalken auf. Dies führt dazu, dass die Messungen teilweise überlappen, so dass die Unterscheid-

barkeit der unterschiedlich Hergestellten Schichten nicht in jedem Fall gegeben ist.

Figur 7C zeigt Messungen, welche in gleicher Weise mit der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung durchgeführt wurden. Dargestellt ist wiederum das arithmetische Mittel der Durchgangswiderstände. Aus Figur 7c ist ersichtlich, dass die unterschiedlich hergestellten Schichten deutlich unterschiedliche Widerstandswerte aufweisen. Auch der Fehlerbalken ist so klein, dass eine Unterscheidbarkeit der Schichten in jeder Einzelmessung gegeben ist.

Anhand der Figur 8 wird in einem zweiten Anwendungsbeispiel die Messung des Durchgangswiderstands von zwei Proben gezeigt. Verglichen wird hierbei die Nutzung des zuvor erläuterten Kontaktstempels mit der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung. Bei beiden Proben liegt Aluminiumfolie (Al-Folie) vor, die eine 30-50 µm dicke Kathodenbeschichtung trägt. Der Unterschied der Proben besteht darin, dass die erste Probe konventionelle Aluminiumfolie enthält (Balken A). Bei der zweiten Probe liegt demgegenüber funktionalisierte Aluminiumfolie vor (Balken B). Konventionelle Aluminiumfolie weist bekanntermaßen an der Oberfläche immer eine wenige Nanometer dünne, native Al_2O_3 -Grenzschicht auf, die einen hohen elektrischen Widerstand verursacht. Bei der funktionalisierten Aluminiumfolie sind die Al_2O_3 -Schicht und deren dielektrische Wirkung nicht mehr vorhanden.

Entsprechend stellen sich die Messwerte der beiden Proben mit der Kathodenbeschichtung unter Nutzung der beiden Messmethoden dar: Hohe Durchgangswiderstände in der Kathode mit konventioneller Aluminiumfolie stehen niedrigen Durchgangswiderständen in der Kathode mit funktionalisierter Aluminiumfolie gegenüber.

Vergleicht man nun das Maß der Verringerung der Widerstände, welche bei den beiden Messmethoden auftritt, so steht Faktor ca. 0,25 beim Kontaktstempel einem Faktor ca. 0,05 bei der erfindungsgemäßen Kontaktierungsvorrichtung gegenüber.

Erklären lässt sich dieser Befund damit, dass der Kontaktstempel mit Kraft beaufschlagt werden muss und dies eine mechanische Belastung des Probengefüges bewirkt. Im Falle der konventionellen Al-Folie + Kathodenbeschichtung wird die dielektrische Al_2O_3 -Schicht, die im Interface von Al-Folie und Kathodenbeschichtung vorliegt, beschädigt und teilweise unwirksam. Der Durchgangswiderstand wird durch das invasive Kontaktieren verringert, die Messwerte erscheinen niedriger als in der Realität und sind verfälscht. Die erfindungsgemäße Kontaktierungsvorrichtung liefert demgegenüber plausible Werte und erhöht die Sicherheit und die Zuverlässigkeit der Messung.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die in den Figuren dargestellte Ausführungsformen beschränkt. Die vorstehende Beschreibung ist daher nicht als beschränkend, sondern als erläuternd anzusehen. Die nachfolgenden Ansprüche sind so zu verstehen, dass ein genanntes Merkmal in zumindest einer Ausführungsform der Erfindung vorhanden ist. Dies schließt die Anwesenheit weiterer Merkmale nicht aus. Sofern die Ansprüche und die vorstehende Beschreibung „erste“ und „zweite“ Ausführungsformen definieren, so dient diese Bezeichnung der Unterscheidung zweier gleichartiger Ausführungsformen, ohne eine Rangfolge festzulegen. Merkmale aus unterschiedlichen Ausführungsformen der Erfindung können jederzeit kombiniert werden, um so weitere Ausführungsformen der Erfindung zu erhalten.

Ansprüche

1. Kontaktierungsvorrichtung (1) mit einem elektrisch leitfähigen Kontakt (4) zur reversiblen Kontaktierung eines Messobjektes (5), wobei die Kontaktierungsvorrichtung weiterhin eine Mehrzahl von Partikeln (3) enthält, welche zwischen den Kontakt (4) und der Oberfläche (51) des Messobjektes (5) einbringbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktierungsvorrichtung (1) weiterhin eine erste Magnetfelderzeugungseinrichtung (21) enthält, mit welcher ein den leitfähigen Kontakt (4) durchdringendes Magnetfeld erzeugbar ist, wobei die Mehrzahl von Partikeln (3) entlang der Feldlinien des Magnetfeldes an den Kontakt anlagerbar sind.
2. Kontaktierungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Magnetfelderzeugungseinrichtung zumindest eine Spule enthält.
3. Kontaktierungsvorrichtung nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel (3) einen Durchmesser von etwa 0,5 μm bis etwa 50 μm oder von etwa 5 μm bis etwa 50 μm oder von etwa 10 μm bis etwa 40 μm oder von etwa 15 μm bis etwa 30 μm aufweisen.
4. Kontaktierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel (3) Ferrit und/oder Barium-Ferrit und/oder Strontium-Ferrit und/oder Nickel-Mangan-Ferrit und/oder Mangan-Zink-Ferrit und/oder nickel- und/oder mangan- und/oder zink-haltigen Edelstahl und/oder nickel- und/oder mangan- und/oder zink-haltiges Carbonylisen enthalten oder daraus bestehen.
5. Kontaktierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel (3) mit einer Beschichtung (32) versehen sind.

6. Kontaktierungsvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (32) mittels Plasma-PVD erhältlich ist und/oder dass die Beschichtung (32) Silber und/oder Gold und/oder Kupfer und/oder Nickel enthält oder daraus besteht.
7. Messgerät zur Bestimmung elektrischer Parameter eines Messobjektes (5) mit zumindest einer Kontaktierungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
8. Messgerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass gegenüber der Kontaktierungsvorrichtung (1) eine zweite Magnetfelderzeugungseinrichtung (22) angeordnet ist, wobei das Messobjekt (5) in den Spalt (55) zwischen der zumindest einen Kontaktierungsvorrichtung (1) und der zweiten Magnetfelderzeugungseinrichtung (22) einbringbar ist.
9. Messgerät nach einem der Ansprüche 7 oder 8, weiterhin enthaltend eine Positioniereinrichtung (70), mit welcher der Spalt (55) zwischen der Kontaktierungsvorrichtung (1) und dem Messobjekt (5) einstellbar ist.
10. Messgerät nach Anspruch 9, weiterhin enthaltend eine Regelungseinrichtung (6), mit welcher die Positioniereinrichtung (70) ansteuerbar ist.
11. Verfahren zur Bestimmung elektrischer Parameter eines Messobjektes (5), bei welchem das Messobjekt (5) mit zumindest einem leitfähigen Kontakt (4) reversibel kontaktiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass der leitfähige Kontakt (4) von einem Magnetfeld durchdrungen wird und sich eine Mehrzahl von Partikeln (3) entlang der Feldlinien des Magnetfeldes an den Kontakt anlagern.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel einen Durchmesser von etwa 5 μm bis etwa 50 μm oder von etwa 10 μm bis etwa 40 μm oder von etwa 15 μm bis etwa 30 μm aufweisen und/oder

dass die Partikel ein ferro- oder ferrimagnetisches Material enthalten oder daraus bestehen.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel (3) mit einer Beschichtung (32) versehen sind, welche ein Material enthält, welches einen geringeren spezifischen Widerstand aufweist als das Material der Partikel.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mit einer zweiten Magnetfelderzeugungseinrichtung (22) auf der dem leitfähigen Kontakt (4) gegenüberliegenden Seite des Messobjektes (5) ein Magnetfeld erzeugt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel (3) Bestandteil eines Ferrofluides sind.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein elektrischer Widerstand und/oder eine Durchbruchfeldstärke und/oder eine Ladungsträgerdichte und/oder eine Ladungsträgerbeweglichkeit und/oder ein spezifischer Widerstand bestimmt wird.

1/5

Fig. 1

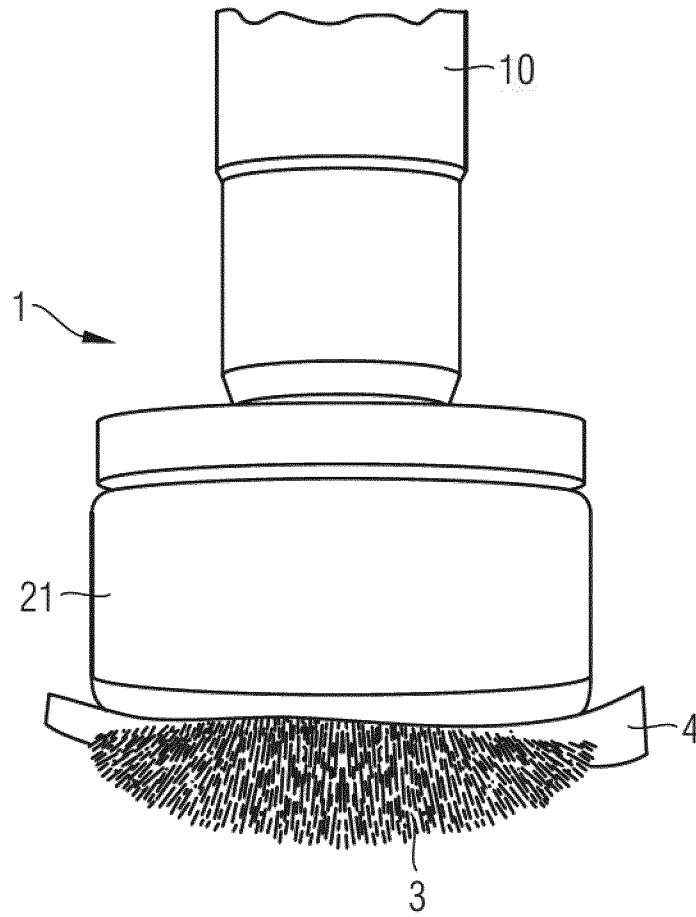
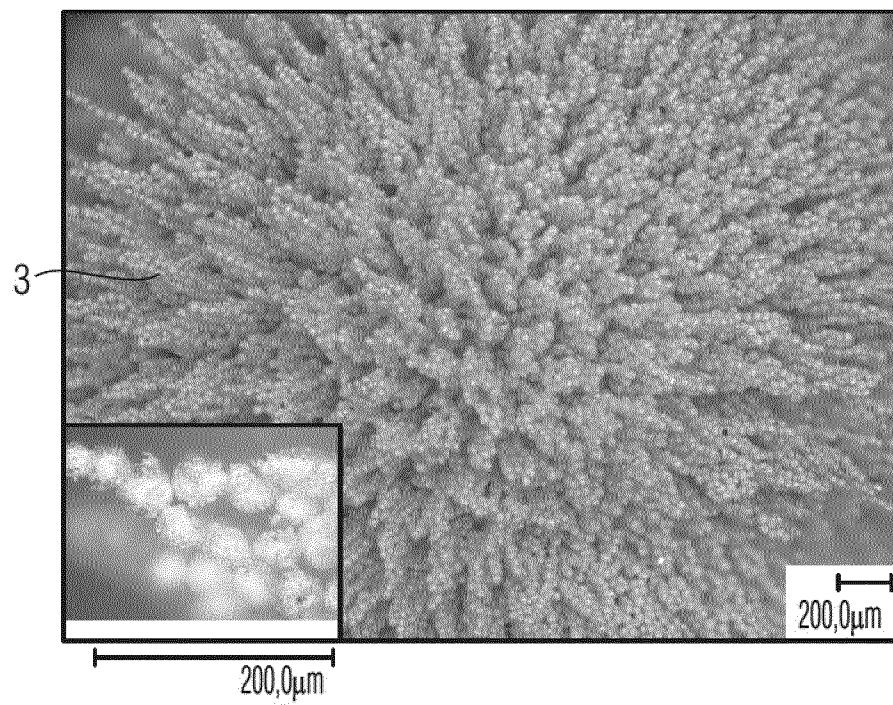


Fig. 2



2/5

Fig. 3

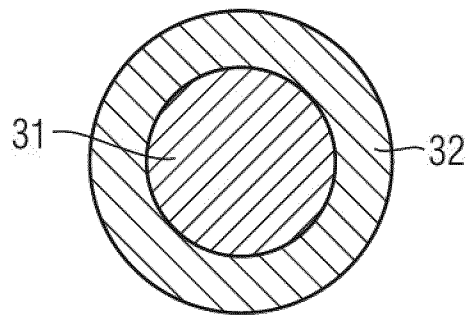


Fig. 4

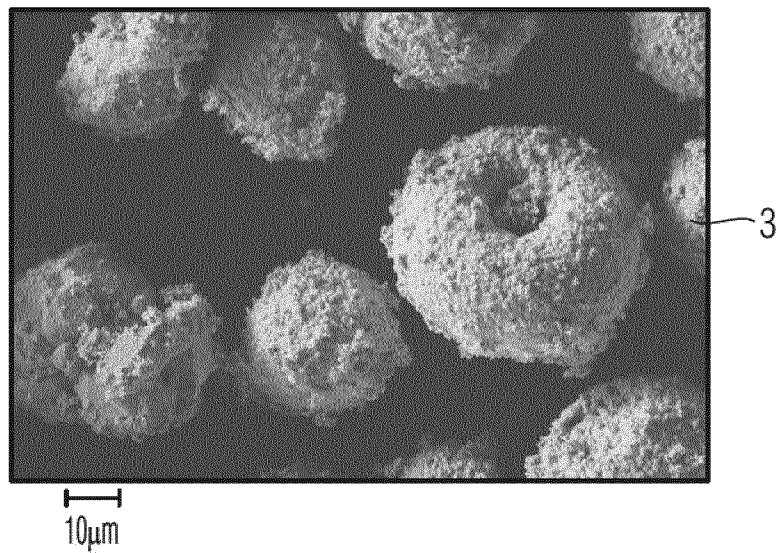
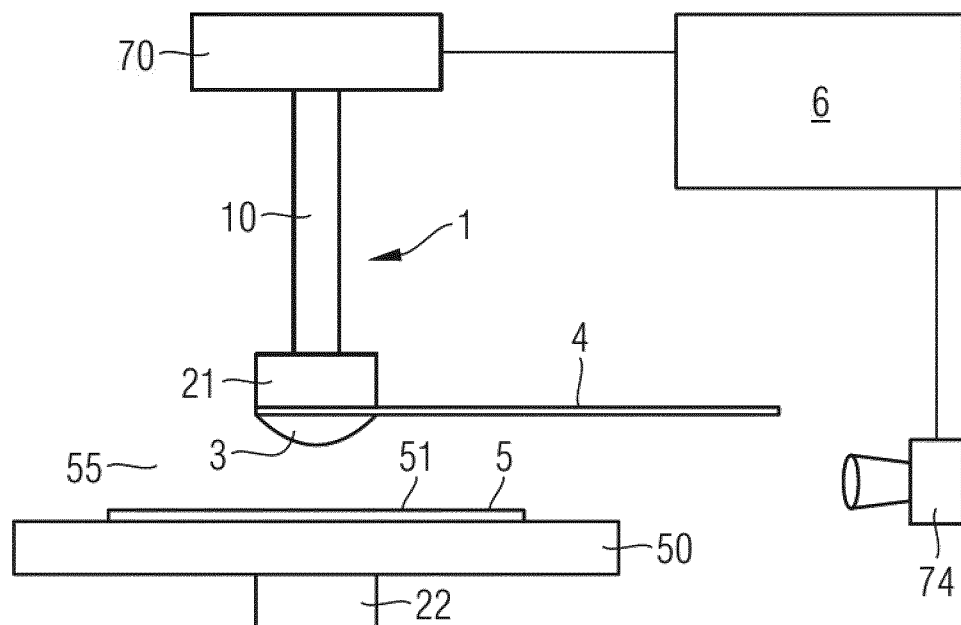


Fig. 5



3/5

Fig. 6

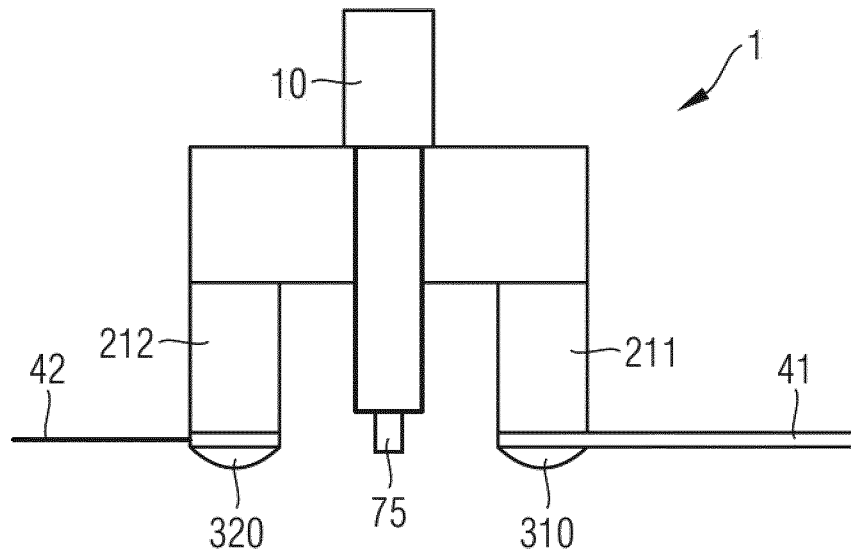
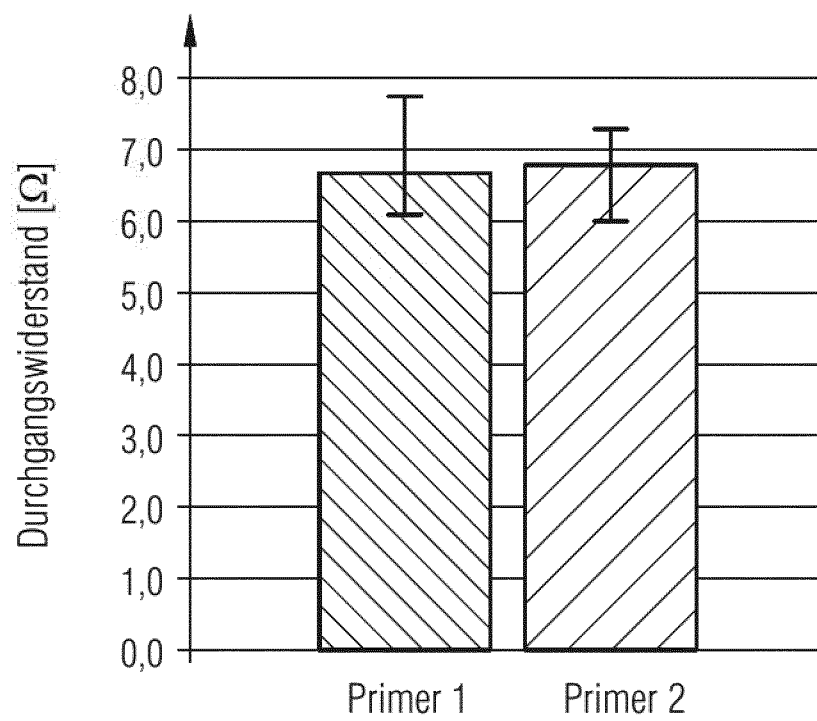


Fig. 7A



4/5

Fig. 7B

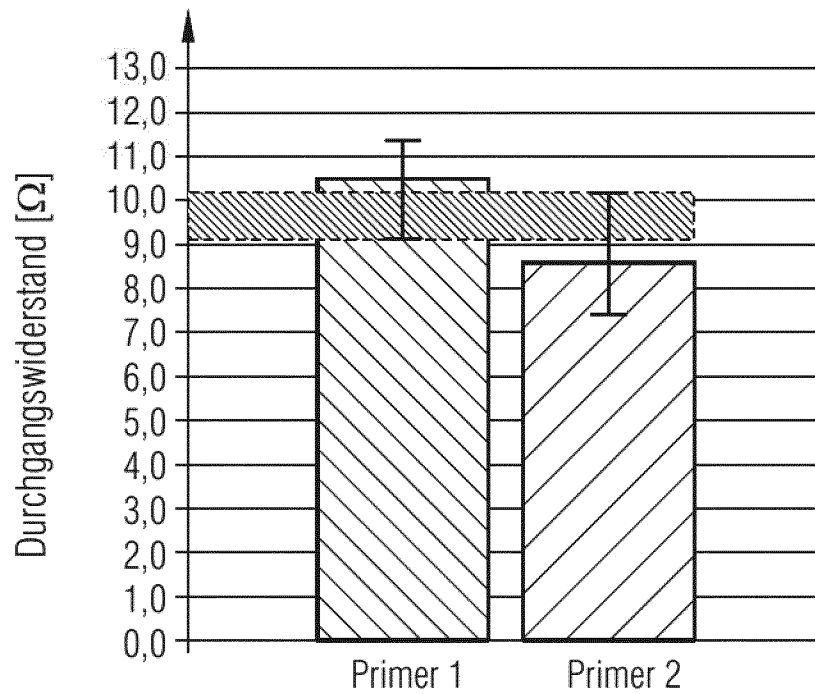
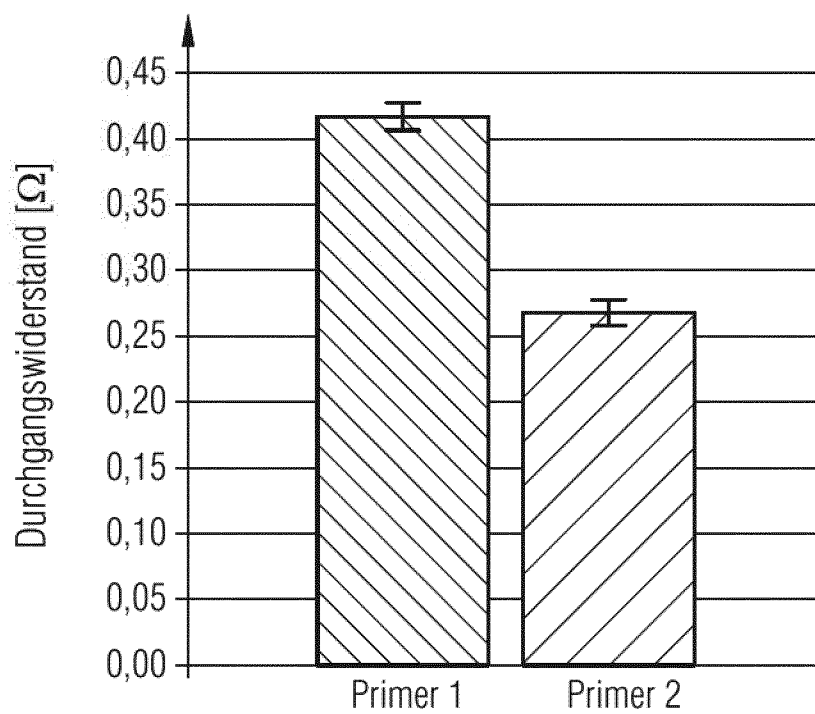
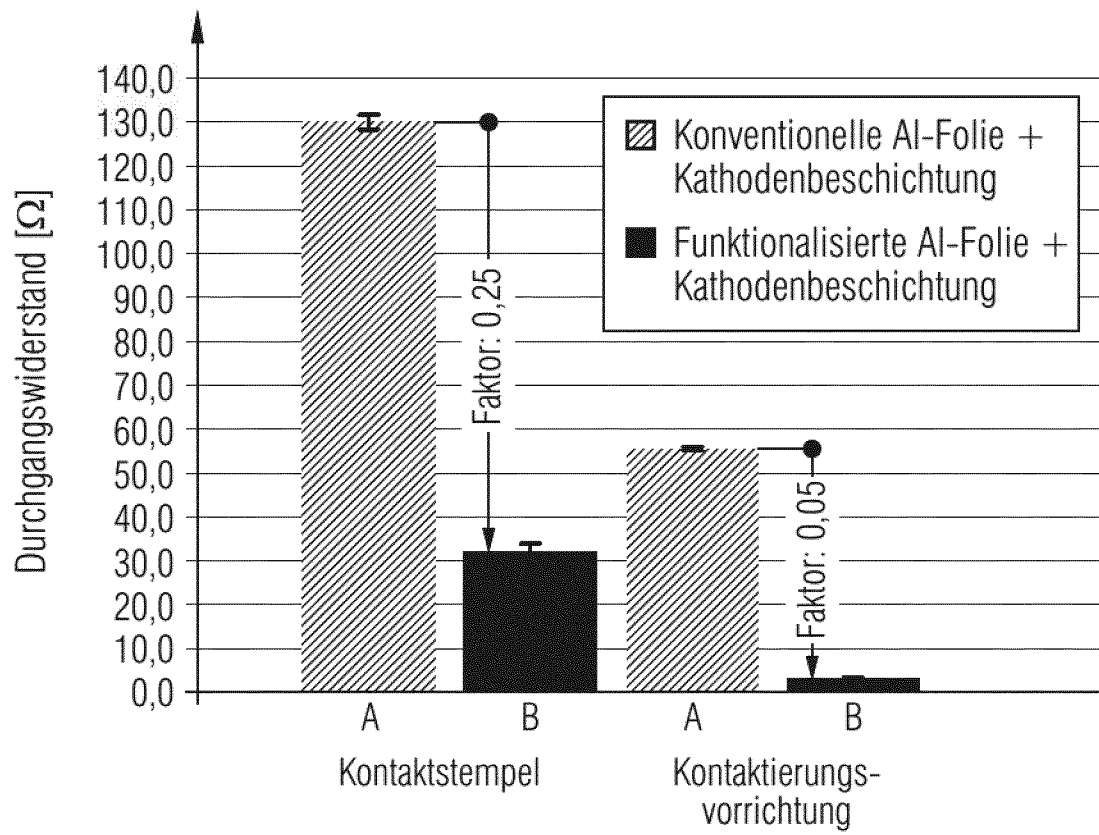


Fig. 7C



5/5

Fig. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/066023

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01R1/067
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)
G01R G01N H01F H01R

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/012383 A1 (KIMURA KIYOSHI [JP]) 22 January 2004 (2004-01-22) paragraph [0082] - paragraph [0095]; figures 1,3,8,16,17 paragraphs [0123], [0146], [0200] -----	1-16
X	US 4 456 900 A (TOYOSHIMA YOHTARO [JP] ET AL) 26 June 1984 (1984-06-26) column 2, line 64 - column 3, line 65; figures 1-10 -----	1,2,4,11
X	EP 0 692 137 A1 (LOCTITE IRELAND LTD [IE]) 17 January 1996 (1996-01-17) paragraphs [0023], [0051], [0052]; figures 1,2 ----- -/-	1,11,15



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

18 October 2016

Date of mailing of the international search report

28/10/2016

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

Sedlmaier, Stefan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/066023

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 827 096 A1 (SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER [FR]) 21 January 2015 (2015-01-21) paragraph [0035] - paragraph [0049]; figures 1-2 -----	1,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/066023

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004012383	A1	22-01-2004	
		AU 1098302 A	15-05-2002
		CN 1473378 A	04-02-2004
		JP 4734706 B2	27-07-2011
		JP 2002139529 A	17-05-2002
		KR 20030041176 A	23-05-2003
		TW 539859 B	01-07-2003
		US 2004012383 A1	22-01-2004
		WO 0237616 A1	10-05-2002

US 4456900	A	26-06-1984	NONE

EP 0692137	A1	17-01-1996	
		AT 216122 T	15-04-2002
		CA 2158941 A1	03-08-1995
		DE 69526287 D1	16-05-2002
		DE 69526287 T2	31-10-2002
		EP 0692137 A1	17-01-1996
		JP 3057577 B2	26-06-2000
		JP H08508610 A	10-09-1996
		KR 100389743 B1	04-10-2003
		NO 953809 A	26-09-1995
		US 5769996 A	23-06-1998
		US 6110399 A	29-08-2000
		WO 9520820 A1	03-08-1995

EP 2827096	A1	21-01-2015	
		CN 202522177 U	07-11-2012
		EP 2827096 A1	21-01-2015
		JP 2015515615 A	28-05-2015
		US 2015061716 A1	05-03-2015
		WO 2013139296 A1	26-09-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01R1/067
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01R G01N H01F H01R

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	US 2004/012383 A1 (KIMURA KIYOSHI [JP]) 22. Januar 2004 (2004-01-22) Absatz [0082] - Absatz [0095]; Abbildungen 1,3,8,16,17 Absätze [0123], [0146], [0200] -----	1-16
X	US 4 456 900 A (TOYOSHIMA YOHTARO [JP] ET AL) 26. Juni 1984 (1984-06-26) Spalte 2, Zeile 64 - Spalte 3, Zeile 65; Abbildungen 1-10 -----	1,2,4,11
X	EP 0 692 137 A1 (LOCTITE IRELAND LTD [IE]) 17. Januar 1996 (1996-01-17) Absätze [0023], [0051], [0052]; Abbildungen 1,2 ----- -/-	1,11,15

☒ 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

18. Oktober 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/10/2016

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

Sedlmaier, Stefan

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 827 096 A1 (SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER [FR]) 21. Januar 2015 (2015-01-21) Absatz [0035] - Absatz [0049]; Abbildungen 1-2 -----	1,11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/066023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2004012383	A1	22-01-2004	AU	1098302 A	15-05-2002
			CN	1473378 A	04-02-2004
			JP	4734706 B2	27-07-2011
			JP	2002139529 A	17-05-2002
			KR	20030041176 A	23-05-2003
			TW	539859 B	01-07-2003
			US	2004012383 A1	22-01-2004
			WO	0237616 A1	10-05-2002

US 4456900	A	26-06-1984	KEINE		

EP 0692137	A1	17-01-1996	AT	216122 T	15-04-2002
			CA	2158941 A1	03-08-1995
			DE	69526287 D1	16-05-2002
			DE	69526287 T2	31-10-2002
			EP	0692137 A1	17-01-1996
			JP	3057577 B2	26-06-2000
			JP	H08508610 A	10-09-1996
			KR	100389743 B1	04-10-2003
			NO	953809 A	26-09-1995
			US	5769996 A	23-06-1998
			US	6110399 A	29-08-2000
			WO	9520820 A1	03-08-1995

EP 2827096	A1	21-01-2015	CN	202522177 U	07-11-2012
			EP	2827096 A1	21-01-2015
			JP	2015515615 A	28-05-2015
			US	2015061716 A1	05-03-2015
			WO	2013139296 A1	26-09-2013
