

(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  
02. Januar 2020 (02.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/002220 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
G01R 33/00 (2006.01) G01R 33/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/066652

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Juni 2019 (24.06.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 210 735.1  
29. Juni 2018 (29.06.2018) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

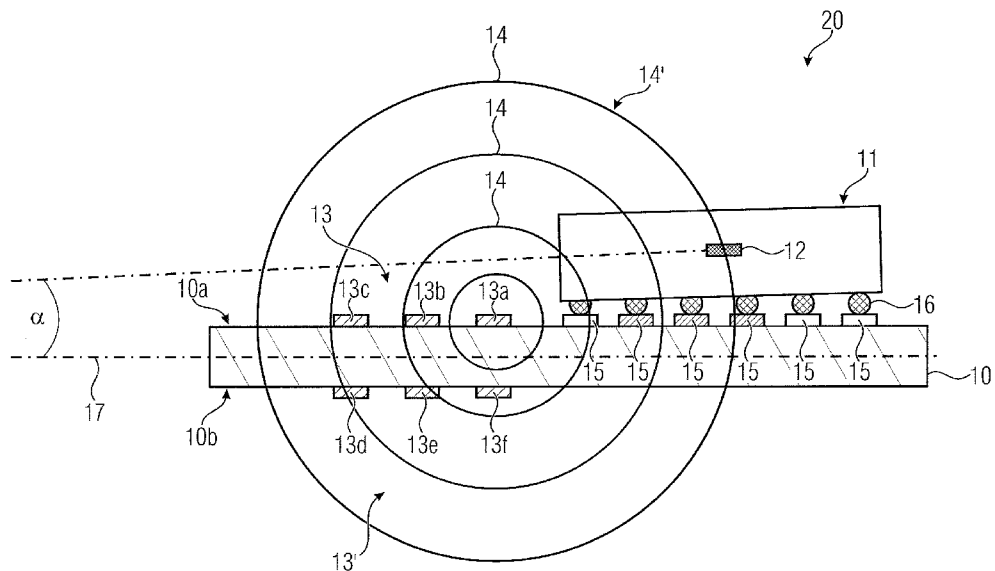
(72) Erfinder: **BERAN, Philip**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE).

(74) Anwalt: **STÖCKELER, Ferdinand** et al.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB, Radlkoferstr. 2, 81373 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, 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,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE POSITION OF A COMPONENT ARRANGED ON A SUBSTRATE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR LAGEBESTIMMUNG EINES AUF EINEM SUBSTRAT ANGEORDNETEN BAUTEILS



Figur 2

(57) Abstract: The invention relates to a device (20) and a method for determining the position of a component (11) arranged on a substrate (10). The method has the steps of providing a substrate (10) with at least one device (12) arranged thereon for detecting an electromagnetic field, generating a goal-oriented conductor path structure (13) on the substrate (10), said goal-oriented conductor path structure (13) being designed for the purpose of generating an electromagnetic field (14') with a known field distribution (14), applying an electric voltage to the goal-oriented conductor path structure (13) such that the goal-oriented conductor path structure (13) generates the electromagnetic field (14') with the known field distribution (14), and detecting the generated electromagnetic field (14) with the known field distribution (14) using the device (12) for detecting an electromagnetic field. According to the invention, the position of



WO 2020/002220 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

the component (11) relative to the substrate (10) is determined on the basis of the aforementioned detection of the electromagnetic field (14') with the known field distribution (14).

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (20) sowie ein Verfahren zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat (10) angeordneten Bauteils (11). Das Verfahren beinhaltet das Bereitstellen eines Substrats (10) mit mindestens einer daran angeordneten Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds, das Erzeugen einer zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10), wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) zum Zwecke des Erzeugens eines elektromagnetischen Felds (14') mit bekannter Feldverteilung (14) vorgesehen ist, das Anlegen einer elektrischen Spannung an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13), sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) das elektromagnetische Feld (14') mit der bekannten Feldverteilung (14) erzeugt, und das Erfassen des erzeugten elektromagnetischen Felds (14) mit der bekannten Feldverteilung (14) mittels der Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds. Erfindungsgemäß wird die Lage des Bauteils (11) relativ zu dem Substrat (10) basierend auf der zuvor genannten Erfassung des elektromagnetischen Felds (14') mit der bekannten Feldverteilung (14) bestimmt.

## VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR LAGEBESTIMMUNG EINES AUF EINEM SUBSTRAT ANGEORDNETEN BAUTEILS

### Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat angeordneten Bauteils, und insbesondere eine Leiterbahnanordnung zur Lagebestimmung von Magnetfeldsensoren, kapazitiven Sensoren und Antennen.

10

Beim Auflöten von Bauteilen auf Leiterplatten sind stets Ungenauigkeiten hinsichtlich der späteren Ausrichtung hinzunehmen. Dies kommt sowohl durch sogenanntes „Aufschwimmen“ beim Auflöten von Bauteilen (z.B. bei elektrischer Kontaktierung mittels Ball Grid Array) als auch durch maschinelle Toleranzen beim Bestücken der Leiterplatte zustande.

15

Gerade im Hinblick auf integrierte Schaltungen, wie beispielsweise Sensoren, ist zusätzlich die Lage des physikalischen Sensors im Halbleitermaterial (z.B. Silizium) als auch im Bauteil-Package selbst nicht exakt bekannt und immer mit Ungenauigkeiten behaftet. Dies wird zum einen durch das Sägen der einzelnen Dies aus einem Wafer verursacht, wo stets Toleranzen bei Sägebreite und Sägerichtung vorhanden sind. Zum anderen ist die Position des Dies beim Einbringen in ein Package ebenfalls mit Ungenauigkeiten behaftet.

20

Dies hat zur Folge, dass in Sensorik-Anwendungen weder der exakte Ort noch die vektorielle Orientierung der Messgröße bekannt sind und der Messwert darum nur als Absolutwert verwendet werden kann. Sobald aus dem Absolutwert relative Aussagen wie Abstand und Messrichtung abgeleitet werden sollen, ist dies nicht fehlerfrei möglich.

25

Bei Magnetfeldsensoren beispielsweise dient meist die Leiterplatte als Bezugsfläche für das Koordinatensystem bei einer Magnetfeldmessung. Allerdings haben Lage und Orientierung des Sensors relativ zur Leiterplatte einen erheblichen Einfluss auf das zu messende Magnetfeld. Gerade beim Aufbau von sogenannten Sensorarrays, innerhalb derer mehrere diskrete Sensoren dasselbe Magnetfeld messen sollen, sollten Lage und Orientierung der einzelnen Sensoren bekannt sein, um sie bei der Auswertung entsprechend berücksichtigen zu können. Dieses Problem betrifft auch jede andere Sensorikanwendung, bei der es wichtig ist, die exakte Lage und den Ort der Messung zu kennen.

30

Heutzutage lässt sich die Position eines Bauteils auf einer Leiterplatte mit den entsprechenden Toleranzen für die Leiterplattenfertigung, für die Fertigung des Sensors selbst (z.B. im Falle einer integrierten Schaltung), für die Platziergenauigkeit im Package und für die Genauigkeit während des Bestückens und Auflötens angeben. Für die meisten Anwendungen ist dies ausreichend, da entweder nur Absolutwerte benötigt werden oder die genannten Toleranzen durch Einmessen des Systems kompensiert werden können. Eine übliche optische Kontrolle nach der Bestückung liefert zwar die Position des Bauteils, aber nicht die Position des Sensors innerhalb des Bauteils und eine eventuelle Verkippung desselbigen innerhalb des Bauteils.

10 Weitere bekannte Ansätze zur Lösung dieses Problems beruhen auf optischer Vermessung von Leiterplatten und deren Bauteilen, wodurch auch die Position des Sensors bestimmt werden kann. Dies funktioniert aber nur bei Bauteilen, wo die Schaltungsseite sichtbar ist, was in der Praxis nahezu nie der Fall ist, da die Schaltung im Package verborgen ist oder durch sogenannte Flip-Chip Montage zur Leiterplatte zeigt und nicht sichtbar ist.

Auch durch Röntgen der Leiterplatte kann unter Umständen die Sensorposition gefunden werden, was in einem Produktionsprozess jedoch mit großem Aufwand verbunden ist. Der gravierende Nachteil bei den genannten Lösungen ist stets, dass der Aufwand immer größer wird, wenn die Sensorposition noch genauer bestimmt werden soll.

20 Es wäre demnach wünschenswert, ein Verfahren zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat angeordneten Bauteils bereitzustellen, welches mit geringem Aufwand durchführbar ist und gleichzeitig hochpräzise und kostengünstig in der Massenfertigung von elektrischen und elektronischen Bauteilen und Komponenten einsetzbar ist. Selbiges gilt analog für eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat angeordneten Bauteils.

Daher werden ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1, eine entsprechende Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 18, sowie ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 19 und eine entsprechende Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 20 vorgeschlagen. Ausführungsformen und weitere vorteilhafte Aspekte sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen genannt.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft demnach ein Verfahren zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat angeordneten Bauteils mittels Erfassung eines elektromagnetischen

Felds. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst ein Substrat bereitgestellt, wobei an dem Substrat mindestens eine Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds angeordnet ist. Die Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds kann selbst das Bauteil darstellen, dessen Lage relativ zu dem Substrat bestimmt werden soll. Es ist aber auch vorstellbar, dass die Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds in einem Bauteil verbaut bzw. integriert ist, wobei dann die Lage dieses Bauteils relativ zu dem Substrat bestimmt werden kann. Dies wäre insbesondere bei integrierten Schaltungen vorstellbar. Dabei kann beispielsweise die Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds in das Halbleitermaterial des Bauteils beziehungsweise der integrierten Schaltung mit integriert sein. Es ist auch denkbar, dass das Bauteil, dessen Lage bestimmt werden soll, in einem Package angeordnet ist, wobei die Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds ebenfalls in ebendiesem Package angeordnet sein kann. Das erfindungsgemäße Verfahren weist ferner einen Schritt des Erzeugens einer zweckgebundenen Leiterbahnstruktur auf dem Substrat auf. Die zweckgebundene Leiterbahnstruktur dient dabei zum Zwecke des Erzeugens eines elektromagnetischen Felds mit bekannter Feldverteilung. Das heißt, es wird nicht willkürlich irgend ein elektromagnetisches Feld erzeugt, sondern es wird bewusst ein elektromagnetisches Feld erzeugt, dessen Feldverteilung bekannt ist, beispielsweise indem die Feldverteilung mittels zuvor durchgeführter Modellberechnungen ermittelt wird. Die zweckgebundene Leiterbahnstruktur kann dabei eigens und exklusiv nur für die Erzeugung des elektromagnetischen Felds mit der bekannten Feldverteilung vorgesehen sein. Es ist aber auch denkbar, dass bereits vorhandene Leiterbahnstrukturen zum Zwecke der Erzeugung des elektromagnetischen Felds mit der bekannten Feldverteilung verwendet werden können. An die zweckgebundene Leiterbahnstruktur wird eine elektrische Spannung angelegt, sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur das elektromagnetische Feld mit der bekannten Feldverteilung erzeugt. Diese an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur angelegte Spannung kann im Vergleich zu der ansonsten auf dem Substrat verwendeten Spannung, die zur reinen Bauteilversorgung dient, deutlich größer sein. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, wenn, wie zuvor erwähnt, eine eigens und exklusiv nur für die Erzeugung des elektromagnetischen Felds mit der bekannten Feldverteilung vorgesehene zweckgebundene Leiterbahnstruktur vorgesehen ist. Die zweckgebundene Leiterbahnstruktur kann demnach zusätzlich zu den ansonsten vorhandenen, und zur Bauteilversorgung dienenden, Leiterbahnen vorgesehen sein. Aufgrund der zur Erzeugung des elektromagnetischen Felds nötigen höheren Spannung im Vergleich zur Versorgungsspannung zur Energieversorgung der Bauteile kann die zweckgebundene Leiterbahn-

struktur eine größere Ausdehnung auf dem Substrat aufweisen als die zur Bauteilversorgung dienenden Leiterbahnen. Erfindungsgemäß kann das mittels der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur erzeugte elektromagnetische Feld mit der Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds erfasst werden. Da dieses elektromagnetische Feld eine bekannte Feldverteilung aufweist, kann basierend auf der Erfassung des elektromagnetischen Felds, die Lage der Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds, und somit die Lage des Bauteils, relativ zu der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur und somit relativ zu dem Substrat bestimmt werden. Hierfür kann es sich bei der Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds beispielsweise um eine Antenne, insbesondere um eine Antenne mit bekannter Strahlungscharakteristik, oder um einen Magnetfeldsensor, und insbesondere um einen vektoriell messenden Magnetfeldsensor, handeln, wobei letzterer ausgestaltet ist, um die vektorielle Feldverteilung aller drei Raumachsen zu messen. Dementsprechend kann die vektorielle Orientierung der Messgröße, d.h. des elektromagnetischen Felds, bestimmt werden. Durch exakte Messung des Feldvektors des elektromagnetischen Felds lässt sich so auf die Position der Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds relativ zur Quelle des elektromagnetischen Felds, d.h. zu der Leiterbahnstruktur, schließen. Dies kann über diverse Ansätze berechnet werden, wie beispielsweise eine inverse Lösung der Maxwell-Gleichungen oder über eine Modellierung des elektromagnetischen Felds und die Optimierung des Messwertes an dieses Modell mittels geeigneter Algorithmen. Die in dieser Erfindung skizzierte Lösung kommt mit einfachen Mitteln aus und lässt sich mit wenig Zusatzaufwand sogar im Betrieb wiederholen.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat angeordneten Bauteils mittels Erfassung eines elektromagnetischen Felds. Bezüglich der Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung gegenüber dem Stand der Technik wird auf die oberen Absätze verwiesen.

Ein dritter Aspekt betrifft ein Verfahren zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat angeordneten Bauteils mittels Erfassung eines elektrostatischen Felds. Hierbei wird zunächst ein Substrat bereitgestellt, wobei auf dem Substrat mindestens ein kapazitiver Sensor zum Erfassen eines elektrostatischen Felds angeordnet ist. Außerdem wird eine zweckgebundene Leiterbahnstruktur auf dem Substrat erzeugt, wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur zum Zwecke des Erzeugens eines elektrostatischen Felds mit bekannter Feldverteilung vorgesehen ist. Beispielsweise kann die zweckgebundene Leiterbahnstruktur mindestens zwei Leiterbahnen aufweisen, die derart zueinander angeordnet

sind, dass sich zwischen den Leiterbahnen ein elektrostatisches Feld ausbildet. Alternativ kann die zweckgebundene Leiterbahnstruktur mindestens eine Leiterbahn aufweisen, wobei sich in diesem Falle zwischen der Leiterbahn und dem kapazitiven Sensor ein elektrostatisches Feld ausbilden kann. Ferner wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren eine elektrische Spannung an die zweckgebundenen Leiterbahnstruktur angelegt, sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur das soeben erwähnte elektrostatische Feld mit der bekannten Feldverteilung erzeugt. Das heißt, es wird nicht willkürlich irgend ein elektrostatisches Feld erzeugt, sondern es wird bewusst ein elektrostatisches Feld erzeugt, dessen Feldverteilung bekannt ist, beispielsweise indem die Feldverteilung mittels zuvor durchgeführter Modellberechnungen ermittelt wird. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das erzeugte elektrostatische Feld mit der bekannten Feldverteilung mittels des kapazitiven Sensors erfasst. Anschließend wird die Lage des Bauteils relativ zu dem Substrat bestimmt, und zwar basierend auf der vorangegangenen Erfassung des elektrostatischen Felds mit der bekannten Feldverteilung.

Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat angeordneten Bauteils mittels Erfassung eines elektrostatischen Felds. Bezüglich der Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung gegenüber dem Stand der Technik wird auf die oberen Absätze betreffend den dritten Aspekt der Erfindung verwiesen.

Einige Ausführungsbeispiele sind exemplarisch in der Zeichnung dargestellt und werden nachstehend erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A ein schematisches Blockdiagramm zur Darstellung einzelner Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 1B ein schematisches Blockdiagramm zur Darstellung einzelner Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer weiteren Ausführungsform,

Fig. 2 eine seitliche Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß eines Ausführungsbeispiels,

Fig. 3 eine Draufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung aus Figur 2,

Fig. 4 eine seitliche Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels,

- Fig. 5 eine Draufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung aus Figur 4,
- Fig. 6 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels,
- 5 Fig. 7 eine seitliche Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels, und
- Fig. 8 eine Draufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung aus Figur 7.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die Figuren näher beschrieben, wobei Elemente mit derselben oder ähnlichen Funktion mit denselben Bezugszeichen versehen sind.

10

Verfahrensschritte, die in einem Blockdiagramm dargestellt und mit Bezugnahme auf das selbige erläutert werden, können auch in einer anderen als der abgebildeten beziehungsweise beschriebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Außerdem sind Verfahrensschritte, die ein bestimmtes Merkmal einer Vorrichtung betreffen mit ebendiesem Merkmal der Vorrichtung austauschbar, was ebenso anders herum gilt.

15

Außerdem werden nachfolgend Magnetfeldsensoren, und insbesondere vektoriell messende Magnetfeldsensoren, als nicht-limitierende Beispiele für eine Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds beschrieben. Als weitere nicht-limitierende Beispiele für eine Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds sind Antennen, und insbesondere Richtantennen beziehungsweise Antennen mit bekannter Strahlungscharakteristik, beschrieben. Ferner wird ein Magnetfeld synonym zu dem Begriff eines elektromagnetischen Felds verwendet, das heißt, die Begriffe elektromagnetisches Feld, Elektromagnetfeld und Magnetfeld sind hierin untereinander austauschbar.

20

Figur 1A zeigt ein Blockdiagramm zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer Ausführungsform.

25

In Block 101A wird ein Substrat mit mindestens einer daran angeordneten Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds bereitgestellt.

In Block 102A wird eine zweckgebundene Leiterbahnstruktur auf dem Substrat erzeugt, wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur zum Zwecke des Erzeugens eines elektromagnetischen Felds mit bekannter Feldverteilung vorgesehen ist.

5 In Block 103A wird eine elektrische Spannung an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur angelegt, sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur das elektromagnetische Feld mit der bekannten Feldverteilung erzeugt.

10 In Block 104A wird das erzeugte elektromagnetische Feld mittels der Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds erfasst und die Lage des Bauteils relativ zu dem Substrat wird basierend auf der Erfassung des elektromagnetischen Felds mit der bekannten Feldverteilung bestimmt.

15 Wie eingangs bereits erwähnt wurde, kann die Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds selbst das Bauteil darstellen, dessen Lage relativ zu dem Substrat bestimmt werden soll. Alternativ kann die Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds in einem Bauteil, dessen Lage relativ zu dem Substrat bestimmt werden soll, integriert sein. Alternativ kann die Vorrichtung zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds an einem Bauteil, dessen Lage relativ zu dem Substrat bestimmt werden soll, angeordnet sein.

20 Das Verfahren kann ferner einen Schritt des Bestimmens der Feldverteilung des mittels der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur erzeugten elektromagnetischen Felds aufweisen. Somit ist die Feldverteilung des erzeugten elektromagnetischen Felds anschließend bekannt und das elektromagnetische Feld wird somit zu einem elektromagnetischen Feld mit bekannter Feldverteilung. Das Bestimmen der Feldverteilung wird vorteilhafter Weise vor dem Bestimmen der Lage des Bauteils durchgeführt.

25 Figur 1B zeigt ein Blockdiagramm zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer weiteren Ausführungsform. Anstelle eines elektromagnetischen Feldes, wie in Figur 1A beschrieben, wird hier in Figur 1B ein elektrostatisches Feld erzeugt.

In Block 101B wird ein Substrat mit mindestens einem daran angeordneten kapazitiven Sensor zum Erfassen eines elektrostatischen Felds bereitgestellt.

30 In Block 102B wird eine zweckgebundene Leiterbahnstruktur auf dem Substrat erzeugt, wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur zum Zwecke des Erzeugens eines elektrostatischen Felds mit bekannter Feldverteilung vorgesehen ist.

In Block 103B wird eine elektrische Spannung an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur angelegt, sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur das elektrostatische Feld mit der bekannten Feldverteilung erzeugt.

5 In Block 104B wird das erzeugte elektrostatische Feld mittels des kapazitiven Sensors erfasst, und die Lage des Bauteils relativ zu dem Substrat wird basierend auf der Erfassung des elektrostatischen Felds mit der bekannten Feldverteilung bestimmt.

Wie eingangs bereits erwähnt, kann der kapazitive Sensor selbst das Bauteil darstellen, dessen Lage relativ zu dem Substrat bestimmt werden soll. Alternativ kann der kapazitive Sensor in einem Bauteil, dessen Lage relativ zu dem Substrat bestimmt werden soll, integriert sein. Alternativ kann der kapazitive Sensor an einem Bauteil, dessen Lage relativ zu dem Substrat bestimmt werden soll, angeordnet sein.

Das Verfahren kann ferner einen Schritt des Bestimmens der Feldverteilung des zwischen den zweckgebundenen Leiterbahnstrukturen erzeugten elektrostatischen Felds aufweisen. Somit ist die Feldverteilung des erzeugten elektrostatischen Felds anschließend bekannt und das elektrostatische Feld wird somit zu einem elektrostatischen Feld mit bekannter Feldverteilung. Das Bestimmen der Feldverteilung wird vorteilhafter Weise vor dem Bestimmen der Lage des Bauteils durchgeführt.

Figur 2 zeigt eine schematische Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 20 gemäß einem Ausführungsbeispiel, anhand dessen nachfolgend auch das erfindungsgemäße Verfahren weiter beschrieben werden soll.

Die Vorrichtung 20 weist ein Substrat 10 auf. Auf dem Substrat 10 ist ein Bauteil 11 angeordnet, dessen Lage relativ zu dem Substrat 10 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bestimmt werden kann. Bei diesem Bauteil 11 kann es sich beispielsweise um eine integrierte Schaltung handeln, die eine Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds aufweist.

Bei der Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds kann es sich beispielsweise um eine Antenne handeln. Vorzugsweise kann es sich hierbei um eine Antenne mit bekannter Strahlungscharakteristik handeln.

Alternativ kann es sich bei der Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds um einen Magnetfeldsensor, und insbesondere um einen vektoriellen Magnetfeldsensor, handeln. Im Folgenden wird die Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromag-

netischen Felds am Beispiel eines solchen Magnetfeldsensors beschrieben, wobei alle Erläuterungen gleichsam auch für Antennen gelten.

Wie oben erwähnt kann das Bauteil 11, dessen Lage bestimmt werden soll, beispielsweise eine integrierte Schaltung aufweisen, wobei diese integrierte Schaltung wiederum einen Magnetfeldsensor 12 aufweisen kann. Demnach kann es sich bei dem Bauteil 11 selbst um den Magnetfeldsensor 12 handeln, dessen Lage relativ zu dem Substrat 10 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bestimmt werden kann.

Das Substrat 10 kann beispielsweise eine, auch als PCB (engl.: Printed Circuit Board) bezeichnete, Leiterplatte sein. Auf dem Substrat 10 können eine oder mehrere Leiterbahnen 15 vorhanden sein, die zur Energieversorgung eines oder mehrerer auf dem Substrat 10 angeordneter Bauteile vorgesehen sind.

Erfindungsgemäß ist auf dem Substrat 10 eine zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 vorgesehen. Die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 kann, wie hier exemplarisch abgebildet ist, mehrere Leiterbahnen 13a-13f aufweisen. Die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 kann aber auch lediglich eine einzelne Leiterbahn 13a aufweisen. Der Übersichtlichkeit wegen werden die erfindungsgemäße Vorrichtung 20 sowie das erfindungsgemäße Verfahren im Folgenden exemplarisch anhand einer einzelnen Leiterbahn 13a erläutert, wobei alle diesbezüglichen Erläuterungen gleichsam auch für optional vorhandene zusätzliche Leiterbahnen 13b-13f der Leiterbahnstruktur 13 gelten.

Wie außerdem in Figur 2 zu erkennen ist, kann die Leiterbahnstruktur 13 auf derselben Seite 10a des Substrats 10 angeordnet sein wie der Magnetfeldsensor 12. Dies gilt im vorliegenden Ausführungsbeispiel für die in Figur 2 abgebildete obere Leiterbahnstruktur 13, die die Leiterbahnen 13a, 13b, 13c aufweisen kann. Alternativ oder zusätzlich kann die Leiterbahnstruktur 13, beziehungsweise eine weitere Leiterbahnstruktur, auf der dem Magnetfeldsensor 12 gegenüberliegenden Seite 10b des Substrats 10 angeordnet sein. Dies gilt im vorliegenden Ausführungsbeispiel für die in Figur 2 abgebildete untere Leiterbahnstruktur 13', die die Leiterbahnen 13d, 13e, 13f aufweisen kann.

Weitere (hier nicht explizit abgebildete) Ausführungsbeispiele sehen vor, dass der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 auf dem Substrat 10 beinhaltet, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 als eine in das Substrat 10 integrierte vergrabene Leiterbahnstruktur ausgebildet wird. Das heißt, die Leiterbahnstruktur 13 kann eine oder mehrere Leiterbahnen 13a-13f aufweisen, wovon mindestens eine Leiter-

bahn 13a-13f in dem Substrat 10 integriert ist, beispielsweise in Form einer vergrabenen Leiterbahn. Außerdem könnte das Verfahren auch mit gedruckten Leiterbahnen (2D und 3D) realisiert werden.

Das hier exemplarisch abgebildete Bauteil 11, beziehungsweise der beispielhaft genannte  
5 Magnetfeldsensor 12, ist an den zur Bauteilversorgung dienenden Leiterbahnen 15 angeordnet bzw. angeschlossen. Eine Möglichkeit hierfür sind die hier lediglich beispielhaft abgebildeten Lotkugeln 16, die auch als Solder Balls bezeichnet werden. Wie zu erkennen ist, kann beim Anordnen des Bauteils 11 auf den Leiterbahnen 15 eine Verkipfung des Bauteils 11 bzw. des Magnetfeldsensors 12 erfolgen. In diesem Beispiel ist der Magnetfeldsensor 12 beispielsweise um einen Winkel  $\alpha$  gegenüber der Substratebene 17 verkippt. Dies kann sowohl durch sogenanntes „Aufschwimmen“ beim Auflöten des Bauteils 11 bzw. des Magnetfeldsensors 12 (z.B. bei elektrischer Kontaktierung mittels Ball Grid Array) als auch durch maschinelle Toleranzen beim Bestücken des Substrats 10 zustande kommen.

15 Alternativ oder zusätzlich können weitere (hier nicht explizit dargestellte) Verkipfungen des Magnetfeldsensors 12 relativ zu dem Substrat 10, beispielsweise bei der Integration des Magnetfeldsensors 12 in dessen Halbleitermaterial, auftreten. Außerdem können beim Anordnen des Magnetfeldsensors 12 neben einer Verkipfung weitere Lageänderungen gegenüber dem Substrat 10 auftreten, beispielsweise eine Verdrehung relativ zur  
20 Substratebene 17, wie dies beispielhaft in der in Figur 3 abgebildeten Draufsicht erkennbar ist. Hier ist der Magnetfeldsensor 12, alternativ oder zusätzlich zur Verkipfung um den Winkel  $\alpha$ , um einen Rotationswinkel  $\beta$  zu der Substratebene 17 verdreht.

Generell kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, beziehungsweise mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 20, die räumliche Orientierung bzw. die Lage des Magnetfeldsensors 12, und somit des Bauteils 11, relativ zu dem Substrat 10 in allen drei Raumrichtungen bestimmt werden.

Hierfür kann erfindungsgemäß an die eingangs erwähnte zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 eine elektrische Spannung angelegt werden, sodass ein entsprechender Strom durch die Leiterbahnstruktur 13 fließt, der wiederum ein Magnetfeld 14' erzeugt. In den Figuren 2 und 3 sind schematisch mehrere Feldlinien 14 eingezeichnet, die das von der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 erzeugte Magnetfeld 14' repräsentieren.

5 Sofern die Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds als eine Antenne ausgebildet ist, kann eine hochfrequente Wechselspannung an die Leiterbahnstruktur 13 angelegt werden, sodass ein Wechselstrom durch die Leiterbahnstruktur 13 fließt, der wiederum ein elektromagnetisches Wechselfeld 14' erzeugt, von dem sich elektromagnetische Freiraumwellen ablösen können, die wiederum mit der Antenne 12 erfasst bzw. empfangen werden können. Die Leiterbahnstruktur 13 würde demnach eine Sendeantenne darstellen, und die Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds würde demnach eine Empfangsantenne darstellen.

10 Sofern die Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds als ein Magnetfeldsensor ausgebildet ist, kann eine Gleichspannung oder eine ausreichend niederfrequente Wechselspannung an die Leiterbahnstruktur 13 angelegt werden, sodass ein statisches bzw. quasistatisches Elektromagnetfeld erzeugt wird, das wiederum mit dem Magnetfeldsensor 12 erfasst werden kann.

15 In den vorliegenden Ausführungsbeispielen kann die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 derart ausgestaltet sein, dass mindestens eine Leiterbahn 13a als eine Gerade ausgestaltet ist. Hierbei kann die mindestens eine Leiterbahn 13a zumindest in einem Abschnitt, in dem die Leiterbahn 13a seitlich an dem Magnetfeldsensor 12 entlang vorbeiläuft, als eine Gerade ausgestaltet sein. Es ist aber auch vorstellbar, dass die mindestens eine Leiterbahn 13a über das gesamte Substrat 10 hinweg in Form einer Geraden verläuft.

20 Eine solche, als Gerade ausgestaltete, Leiterbahn 13a erzeugt ein Magnetfeld 14' mit einer homogenen Feldverteilung. Das heißt die hierbei entstehende Feldverteilung ist bekannt, beziehungsweise kann mit einfachen Mitteln bestimmt werden. Die magnetischen Feldlinien 14 können sich hierbei als Äquipotentiallinien konzentrisch um die gerade Leiterbahn 13a herum ausbreiten.

25 Alternativ oder zusätzlich ist es denkbar, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 als eine Spulenstruktur mit mindestens zwei parallel zueinander angeordneten Leiterbahnen ausgestaltet ist.

30 Unabhängig von der konkreten geometrischen Ausgestaltung der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 ist es vorteilhaft, wenn die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 möglichst nahe neben dem Magnetfeldsensor 12 entlang verläuft. Gemäß Ausführungsbeispielen ist es denkbar, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 nur eine geringe Beabstandung im Bereich von wenigen Millimetern zu dem Magnetfeldsensor 12

beziehungsweise zu dem Bauteil 11 aufweist. Vorteilhafter Weise verläuft die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 direkt bzw. unmittelbar neben dem Bauteil 11 entlang, das heißt ohne weitere dazwischen angeordnete Leiterbahnen oder anderen Strukturen und/oder Bauteilen.

- 5 Aufgrund der geometrischen Nähe zwischen der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 und dem Magnetfeldsensor 12 kann es bereits ausreichend sein, lediglich eine geringe Spannung von wenigen Volt an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 anzulegen, um ein dementsprechend kleines Magnetfeld 14' zu erzeugen, welches jedoch zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausreichend stark ist.
- 10 Um nun die Lage des Magnetfeldsensors 12 im Raum beziehungsweise relativ zu dem Substrat 10 zu bestimmen, ist es vorteilhaft, wenn der Magnetfeldsensor 12 von vornherein mit ausreichender Genauigkeit kalibriert ist und einen möglichst geringen Messfehler aufweist. Kalibriert bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Messfehler des Magnetfeldsensors 12 hinreichend bekannt sind und somit kompensiert werden können.
- 15 Der Magnetfeldsensor 12 ist vorzugsweise ein sogenannter vektoriell messender Magnetfeldsensor, der ausgestaltet ist, um die Orientierung des Feldvektors einer zu messenden Magnetfeldlinie zu bestimmen.

Durch exakte Messung des Feldvektors des mittels der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 erzeugten elektromagnetischen Felds 14' lässt sich so auf die Lage des Magnetfeldsensors 12 relativ zur Magnetfeldquelle, d.h. relativ zur zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13, schließen. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Form des erzeugten Magnetfelds 14' sehr genau bekannt ist, um einen Rückschluss zuzulassen. Dies kann über diverse Ansätze berechnet werden, wie beispielsweise eine inverse Lösung des Satzes von Biot-Savart, oder der Maxwell-Gleichungen, oder über eine Modellierung des Magnetfelds 14' und die Optimierung des Messwertes an dieses Modell mittels geeigneter Algorithmen.

20

25

Somit kann also erfindungsgemäß mittels des Magnetfeldsensors 12 eine Messung des erzeugten Magnetfelds 14' durchgeführt und die Raumlage des Magnetfeldsensors 12 relativ zu dem Substrat 10 bestimmt werden, und zwar basierend auf der vorangegangenen Messung des Magnetfelds 14', wobei dessen Feldverteilung bekannt ist.

30

Selbiges gilt auch, wenn anstatt eines Magnetfeldsensors eine Antenne als Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds verwendet wird. Auch hier kann über die gemessene Feldverteilung auf die Lage der Antenne 12, und somit des Bauteils 11, relativ zu dem Substrat 10 rückgeschlossen werden, da die Feldverteilung 14 des elektromagnetischen Felds 14' erfindungsgemäß ja bekannt ist.

Das elektromagnetische Feld 14' kann vorzugsweise mittels der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 erzeugt werden. Dabei kann die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 ausschließlich zum Zwecke des Erzeugens des elektromagnetischen Felds 14', das zur Bestimmung der Lage der Vorrichtung 12 zum Erfassen des elektromagnetischen Felds, und somit des Bauteils 11, relativ zu dem Substrat 10 genutzt wird, auf dem Substrat 10 vorgesehen sein. In diesem Fall würde die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 nicht dazu dienen, die auf dem Substrat 10 angeordneten Bauteile mit Energie zu versorgen.

Alternativ oder zusätzlich kann auch an den ein oder mehreren Leiterbahnen 15, die eigentlich zur Energieversorgung von auf dem Substrat 10 angeordneten Bauteilen vorgesehen sind, eine Spannung angelegt werden, um ein elektromagnetisches Feld 14' zur Bestimmung der Lage des Magnetfeldsensors 12, bzw. des Bauteils 11, relativ zu dem Substrat 10 zu erzeugen. Da die zur Energieversorgung vorgesehenen Leiterbahnen 15 jedoch in der Regel einen un stetigen und teils komplizierten Verlauf auf dem Substrat 10 aufweisen, ist die Feldverteilung meist schwierig zu bestimmen. Das Vorsehen der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 kann daher der Nutzung von bereits vorhandenen Leiterbahnen 15 zur Energieversorgung vorzuziehen sein.

Abgesehen davon kann an den zur Energieversorgung vorgesehenen Leiterbahnen 15 meist keine ausreichend hohe Spannung angelegt werden, um ein zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausreichend starkes elektromagnetisches Feld zu erzeugen. Beispielsweise wird bei vielen elektrischen bzw. elektronischen Schaltungen nicht mehr als 6 Volt an den zur Energieversorgung vorgesehenen Leiterbahnen 15 angelegt, um die daran angeschlossenen Bauteile nicht zu beschädigen. Dementsprechend sind die Dimensionen der zur Energieversorgung vorgesehenen Leiterbahnen 15 nicht auf wesentlich größere Spannungen und Ströme ausgelegt.

Die ein oder mehreren Leiterbahnen 13a-13f der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 hingegen können beispielsweise eine größere Breite aufweisen als die zur Energieversor-

gung vorgesehenen Leiterbahnen 15, um somit größere Ströme leiten und dementsprechend ein stärkeres elektromagnetisches Feld erzeugen zu können.

Die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 kann beispielsweise mittels gängiger Strukturierungsverfahren in das Substrat 10 strukturiert werden. Beispielsweise kann die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 mittels eines Fotolithografieverfahrens in das Substrat 10 strukturiert werden. Ein Vorteil der Erfindung liegt hierbei darin, dass insbesondere Fotolithografieverfahren eine sehr hohe Präzision bei der Herstellung der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 erlauben. Dies kommt insbesondere der Bestimmung der Feldverteilung des mittels der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 erzeugbaren elektromagnetischen Felds 14' zugute. Durch die hohe Präzision bei der Herstellung der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 kann nämlich die Feldverteilung sehr nachvollziehbar beziehungsweise sehr homogen ausfallen, sodass eine Lagebestimmung des Magnetfeldsensors 12, bzw. des Bauteils 11, basierend auf der Feldverteilung des elektromagnetischen Felds 14' ebenfalls sehr präzise wird.

In anderen Worten kann also aufgrund der Herstellungsweise von z.B. Leiterplatten mittels optischer Belichtung eine sehr hohe Fertigungsgenauigkeit erreicht, die den Anforderungen an die Kenntnis der Form des elektromagnetischen Felds 14' genügen.

Gemäß einem weiteren denkbaren Ausführungsbeispiel kann eine differentielle Messung von zwei elektromagnetischen Feldern mit unterschiedlichen Feldstärken erfolgen, um beispielsweise Störfelder, und insbesondere statische Störfelder wie das Erdmagnetfeld, zu bestimmen und zu kompensieren. In diesem Falle wird die Lage des Bauteils 11 basierend auf dem differentiellen Wert bestimmt.

Gemäß einer solchen Ausführungsform kann der Schritt des Anlegens der elektrischen Spannung beinhalten, dass in einem ersten Schritt eine elektrische Spannung mit einem ersten Spannungsbetrag (1. Amplitude) angelegt wird, sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 das elektromagnetische Feld 14' mit der bekannten Feldverteilung 14 erzeugt. Das erzeugte elektromagnetische Feld 14' mit der bekannten Feldverteilung 14 kann dann mittels der Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds 14' erfasst werden. In einem darauffolgenden zweiten Schritt kann eine elektrische Spannung mit einem zweiten Spannungsbetrag (2. Amplitude) angelegt werden, sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 ein zweites elektromagnetisches Feld mit einer ebenfalls bekannten Feldverteilung erzeugt. Der erste und der zweite Spannungsbetrag, das

heißt die erste und die zweite Amplitude, sollten sich dabei unterscheiden. Das erzeugte zweite elektromagnetische Feld kann dann ebenfalls mittels der Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds 14' erfasst werden. Anschließend kann dann eine Differenz zwischen der Feldstärke des ersten elektromagnetischen Felds 14' und der  
5 Feldstärke des zweiten elektromagnetischen Felds bestimmt werden. Letztlich kann die Lage des Bauteils 11 relativ zu dem Substrat 10 bestimmt werden, und zwar basierend auf der Differenz zwischen dem elektromagnetischen Feld 14' und dem zweiten elektromagnetischen Feld.

Anstatt des Erzeugens des zweiten elektromagnetischen Felds mittels der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 kann auch eine zweite Leiterbahnstruktur 13' vorgesehen  
10 sein mittels derer das zweite elektromagnetische Feld erzeugt werden kann.

In einem solchen Ausführungsbeispiel könnte das erfindungsgemäße Verfahren einen Schritt des Erzeugens von mindestens einer zweiten zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13' auf dem Substrat 10 zum Zwecke des Erzeugens eines zweiten elektromagnetischen Felds mit bekannter Feldverteilung aufweisen. Das erzeugte zweite elektromagnetische Feld kann mittels der Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen  
15 Felds erfasst werden. Die Lage des Bauteils 11 relativ zu dem Substrat 10 kann dann basierend auf der Erfassung des elektromagnetischen Felds 14' mit der bekannten Feldverteilung 14 und der Erfassung des zweiten elektromagnetischen Felds mit der bekannten Feldverteilung erfolgen. Auch hierbei kann wieder eine differenzielle Messung der  
20 jeweiligen Feldstärke der beiden elektromagnetischen Felder erfolgen.

Es kann ebenso denkbar sein, dass die elektrische Spannung zumindest einmal umgepolt wird. Das heißt die Spannung wird zumindest einmal wechselseitig angelegt, sodass der Strom zumindest einmal in die entgegengesetzte Richtung fließt und zusätzlich zu dem  
25 elektromagnetischen Feld 14' mit bekannter Feldverteilung 14 ein entgegengesetzt gerichtetes elektromagnetisches Feld mit bekannter Feldverteilung erzeugt. Auch hierbei kann eine differenzielle Messung der Feldstärken der beiden elektromagnetischen Felder erfolgen.

Gemäß einem solchen Ausführungsbeispiel kann der Schritt des Anlegens der elektrischen Spannung an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 beinhalten, dass die elektrische Spannung zumindest einmal wechselseitig angelegt wird, sodass der Strom  
30 zumindest einmal in die entgegengesetzte Richtung fließt und ein entgegengesetztes

elektromagnetisches Feld mit bekannter Feldverteilung erzeugt. Das erzeugte entgegengesetzte elektromagnetische Feld kann mittels der Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds 14' erfasst werden, und eine Differenz zwischen dem erzeugten elektromagnetischen Feld 14' und dem erzeugten entgegengesetzten elektromagnetischen Feld kann bestimmt werden.

In anderen Worten kann mittels der Vorrichtung 12 zum Erfassen des elektromagnetischen Felds das erzeugte entgegengesetzte elektromagnetische Feld gemessen werden, und anschließend kann eine Differenz zwischen dem erzeugten elektromagnetischen Feld 14' und dem erzeugten entgegengesetzten elektromagnetischen Feld bestimmt werden, wobei basierend auf dieser Differenz die Lage des Bauteils 11 relativ zu dem Substrat 10 bestimmt werden kann.

Das entgegengesetzte elektromagnetische Feld kann dabei entweder mit derselben zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 erzeugt werden, mit der auch das erste elektromagnetische Feld 14' mit der bekannten Feldverteilung erzeugt wird, oder mit einer weiteren zusätzlichen zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13'.

Durch die oben genannten Beispiele von differenziellen Messungen wird es möglich, Störfelder und insbesondere homogene Störfelder, wie zum Beispiel das Erdmagnetfeld, zu bestimmen und zu kompensieren.

Eine Umpolung ist dabei nicht unbedingt erforderlich. Es ist jedoch anzumerken, dass das differentielle Signal weiterverarbeitet wird. Bei Wechselfeldern ist immer ein Wechselfeld vorhanden und diese Bedingung ist somit stets erfüllt

Die Figuren 4 und 5 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat 10 angeordneten Bauteils 11. Allerdings wird hier die Lagebestimmung nicht mittels eines elektromagnetischen Felds sondern mittels eines elektrostatischen Felds durchgeführt. Anhand der Figuren 4 und 5 wird außerdem das erfindungsgemäße Verfahren zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat 10 angeordneten Bauteils 11 mittels eines elektrostatischen Felds beschrieben.

Dieses Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem mit Bezug auf die Figuren 2 und 3 diskutierten Ausführungsbeispiel, weshalb Elemente mit gleicher Funktion mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Jedoch wird anstelle eines elektromagnetischen

Felds ein elektrostatisches Feld betrachtet, und anstelle der Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds ist ein kapazitiver Sensor 12 vorgesehen.

An dem Substrat 10 ist ein Bauteil 11 angeordnet, dessen Lage relativ zu dem Substrat 10 bestimmt werden soll. In dem Bauteil 11 kann ein kapazitiver Sensor 12 integriert sein,  
5 sodass der kapazitive Sensor 12 selbst das Bauteil 11 darstellt, dessen Lage bestimmt werden soll. Alternativ kann der kapazitive Sensor 12 an dem Bauteil 11 angeordnet, oder zusammen mit dem Bauteil 11 in einem Package angeordnet sein. Dann kann anhand der Lagebestimmung des kapazitiven Sensors 12 auf die Lage des Bauteils 11 relativ zu dem Substrat 10 rückgeschlossen werden.

10 Auf dem Substrat 10 ist ferner eine zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 vorgesehen. Die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 weist in diesem nicht limitierenden Beispiel zwei Leiterbahnen 13a, 13b auf, die derart zueinander angeordnet sind, dass sich beim Anlegen einer elektrischen Spannung ein elektrostatisches Feld 14 zwischen den mindestens zwei Leiterbahnen 13a, 13b ausbildet.

15 Alternativ kann die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 lediglich eine Leiterbahn 13a aufweisen, wobei sich zwischen dieser einen Leiterbahn 13a und dem kapazitiven Sensor 12 ein elektrostatisches Feld ausbilden kann.

Mindestens eine der zwei beispielhaft abgebildeten Leiterbahnen 13a, 13b kann auf derselben Seite 10a des Substrats 10 angeordnet sein wie das Bauteil 11, dessen Lage relativ zu dem Substrat 10 bestimmt werden soll. Alternativ oder zusätzlich kann mindestens  
20 eine weitere Leiterbahn 13c, 13d auf der dem Bauteil 11 gegenüberliegenden Seite 10b des Substrats 10 angeordnet sein.

Zwischen den beiden Leiterbahnen 13a, 13b bildet sich, beim Anlegen einer elektrischen Spannung, ein elektrostatisches Feld 14' zwischen den beiden Leiterbahnen 13a, 13b  
25 aus. Das elektrostatische Feld 14' weist mehrere Feldlinien 14 auf, die zusammen die Feldverteilung des elektrostatischen Felds 14' darstellen.

Das Bauteil 11 ist vorteilhafter Weise räumlich zwischen den mindestens zwei Leiterbahnen 13a, 13b angeordnet. Somit verlaufen die Feldlinien 14, zumindest teilweise, durch das Bauteil 11, und insbesondere durch den kapazitiven Sensor 12 hindurch. Da die  
30 Feldverteilung des elektrostatischen Felds 14' bekannt ist, kann hierüber ein Rückschluss

auf die räumliche Lage des Bauteils 11, bzw. des kapazitiven Sensors 12, relativ zu dem Substrat 10 erfolgen.

Figur 6 zeigt ein weiteres denkbares Ausführungsbeispiel, das sowohl für elektromagnetische Felder als auch für elektrostatische Felder, und somit für Vorrichtungen 12 zum Erfassen von elektromagnetischen Feldern sowie für kapazitive Sensoren 12 gilt.

Wie in Figur 6 zu sehen ist, können weitere zweckgebundene Leiterbahnstrukturen 13 auf dem Substrat 10 vorgesehen sein. Genauer gesagt ist auf dem Substrat 10 die oben beschriebene zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13 angeordnet, die mindestens eine Leiterbahn 13a, 13b, 13c aufweist. Ferner kann mindestens eine weitere zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13' auf dem Substrat 10 vorgesehen sein, die ebenfalls mindestens eine Leiterbahn 13g, 13h aufweist. Ferner kann eine weitere zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13'' auf dem Substrat 10 vorgesehen sein, die ihrerseits mindestens eine Leiterbahn 13j, 13k aufweist.

Wie in Figur 6 außerdem zu erkennen ist, kann die mindestens eine weitere zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13' beispielsweise auf einer der ersten zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 gegenüberliegenden Seite der Vorrichtung 12, bzw. des kapazitiven Sensors 12, angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich kann die mindestens eine weitere zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13'' entlang einer (im Vergleich zur ersten zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13) anderen Seite der Vorrichtung 12, bzw. des kapazitiven Sensors 12, angeordnet sein.

Wie außerdem in Figur 6 zu erkennen ist, kann die mindestens eine weitere zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13' mindestens eine Leiterbahn 13g, 13h aufweisen, die parallel zu der mindestens einen Leiterbahn 13a, 13b, 13c der ersten zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 verläuft. Alternativ oder zusätzlich kann die mindestens eine weitere zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13'' mindestens eine Leiterbahn 13j, 13k aufweisen, die schräg, und insbesondere orthogonal, zu der mindestens einen Leiterbahn 13a, 13b, 13c der ersten zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13 verläuft.

An diese mindestens eine weitere zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13', 13'' kann nun ebenfalls eine Spannung angelegt werden, sodass der durch die Leiterbahnen 13g, 13h, 13j, 13k der mindestens einen weiteren zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13', 13'' fließende Strom mindestens ein weiteres elektromagnetisches bzw. elektrostatisches

Feld erzeugt. Vorteilhafter Weise ist die Feldverteilung des mindestens einen weiteren elektromagnetischen bzw. elektrostatischen Feld ebenfalls bekannt.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel können also mehrere Leiterbahnstrukturen 13, 13', 13'' zur Erzeugung von verschiedenen elektromagnetischen bzw. elektrostatischen Fel-  
5 dern verwendet werden, um beispielsweise mehrere Freiheitsgrade der Lage des Bauteils 11 zu bestimmen.

Richtig durchgeführt ist es mit einer solchen Mehrfachmessung zudem möglich, sowohl die Dicke als auch die Ausdehnung der Leiterbahnstrukturen 13, 13', 13'' auf der Leiter-  
platte 10 zu messen, was eine Berücksichtigung dieser weiteren Fertigungstoleranzen  
10 ermöglicht.

Figur 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 20. Dieses Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem mit Bezug auf die Figuren 2 bis 6 diskutierten Ausführungsbeispielen, weshalb Elemente mit gleicher Funktion mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Dieses in Figur 7 gezeigte Ausführungsbeispiel  
15 unterscheidet sich jedoch zu den in den Figuren 2 bis 6 gezeigten Ausführungsbeispielen unter anderem dadurch, dass die eingangs erwähnte Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds, bzw. der kapazitive Sensor 12, zusammen mit dem Bauteil 11 in einem Package 21 angeordnet ist.

Lediglich beispielhaft wird nachfolgend ein Magnetfeldsensor 12 als ein Beispiel für eine  
20 Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds beschrieben. Die nachfolgende Beschreibung gilt aber gleichsam ebenso für ein elektrostatisches Feld und einen kapazitiven Sensor 12 zum Erfassen des elektrostatischen Felds.

Wie in Figur 7 zu sehen ist, kann der Magnetfeldsensor 12 hier in dem Bauteil 11, dessen Lage relativ zu dem Substrat 10 unter Zuhilfenahme des Magnetfeldsensors 12 bestimmt  
25 werden soll, angeordnet bzw. integriert sein. Dieses Bauteil 11 kann wiederum in einem Package 21 angeordnet sein.

Mit dem erfindungsgemäßen Konzept lässt sich die Lage der Vorrichtung 12, bzw. des kapazitiven Sensors 12, und somit des Bauteils 11 relativ zu der Leiterbahnstruktur 13 und relativ zu dem Substrat 10 bestimmen. Dies kann auch dann geschehen, wenn das  
30 Bauteil 11 innerhalb eines Packages 21 verkippt bzw. verdreht angeordnet sein sollte. Das heißt, es spielt lediglich eine untergeordnete Rolle wie das Package 21 selbst in Re-

lation zu dem Substrat 10 angeordnet ist, da in der Regel lediglich die relative Lage des Bauteils 11 zu dem Substrat 10 von Interesse ist.

Außerdem ist hier in Figur 7 eine weitere Möglichkeit der Befestigung des Bauteils 11 an dem Substrat 10 gezeigt. Anstatt der zuvor genannten Lotkugeln 16 sind hier Pins 26 ab-  
5 gebildet. Auch bei der Anordnung des Bauteils 11 auf dem Substrat 10 mittels Pins 26 kann es zu den zuvor erwähnten Verkippungen und/oder Verdrehungen des Bauteils 11 relativ zu dem Substrat 10 kommen.

Wie in Figur 7 zu erkennen ist, kann beispielsweise der Magnetfeldsensor 12 innerhalb des Packages 21 verkippt sein. Das heißt, obwohl das Package 21 zentriert auf dem Sub-  
10 strat 10 aufliegt, ist der Magnetfeldsensor 12 aufgrund seiner Verkippung innerhalb des Packages 21 auch relativ zum Substrat 10 verkippt, was zu ungenauen Messungen führen kann. Da das Package 21 in der Regel undurchsichtig ist, kann die verkippte Ausrichtung des Magnetfeldsensors 12 innerhalb des Packages 21 mit optischen Mitteln nicht erkannt werden. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 20, beziehungsweise mit dem  
15 erfindungsgemäßen Verfahren ist es hingegen möglich, diese Verkippung auf einfache Weise festzustellen.

Figur 8 zeigt eine Draufsicht auf das Ausführungsbeispiel mit Chip-Package 21. Dieses Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen den mit Bezug auf die Figuren 3 und 5 diskutierten Ausführungsbeispielen, weshalb Elemente mit gleicher Funktion mit den glei-  
20 chen Bezugszeichen versehen sind.

Auch hier ist zu erkennen, dass der Magnetfeldsensor 12 innerhalb des Packages 21 verdreht sein kann. Das heißt, obwohl das Package 21 zentriert auf dem Substrat 10 aufliegt, ist der Magnetfeldsensor 12 aufgrund seiner Verdrehung innerhalb des Packages 21 auch  
25 relativ zum Substrat 10 verdreht, was zu ungenauen Messungen führen kann. Da das Package 21 in der Regel undurchsichtig ist, kann die verdrehte Ausrichtung des Magnetfeldsensors 12 innerhalb des Packages 21 mit optischen Mitteln nicht erkannt werden. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 20, beziehungsweise mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es hingegen möglich, diese Verdrehung auf einfache Weise festzustellen.

Bezüglich der weiteren funktionellen sowie strukturellen Beschreibung des in den Figuren  
30 7 und 8 gezeigten Ausführungsbeispiels wird auf die obige Diskussion zu dem in den Figuren 2 bis 6 gezeigten Ausführungsbeispielen verwiesen.

Mit hinreichend kalibrierten Magnetfeldsensoren 12 lässt sich also mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens die Lage der Magnetfeldsensoren 12 relativ zu den Leiterbahnstrukturen 13, 13', 13'' und damit relativ zur Leiterplatte, d.h. zum Substrat 10, selbst rekonstruieren. Die Lage der Platine, bzw. des Substrats 10, in einer späteren Anwendung kann  
5 dann optisch oder mechanisch referenziert werden. Dieses Messprinzip kann auch elektrostatisch oder elektromagnetisch erfolgen, wenn anstelle von Magnetfeldsensoren 12 geeignete kapazitive Sensoren oder Antennen verwendet werden.

Nachfolgend soll die Erfindung nochmals in anderen Worten zusammengefasst werden, wobei anstelle des beispielhaft erwähnten Magnetfeldsensors 12 auch eine Antenne oder  
10 ein kapazitiver Sensor, und anstelle des elektromagnetischen Felds (bzw. des Magnetfelds) ein elektrostatisches Feld vorgesehen sein kann:

Um die Position eines Bauteils 11, wie zum Beispiel eines Magnetfeldsensors 12, im Raum mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens bestimmen zu können, ist es vorteilhaft, wenn erfindungsgemäße Magnetfeldsensoren 12 mit ausreichender Genauigkeit kalibriert  
15 sind und einen möglichst geringen Messfehler aufweisen. Durch exakte Messung des Feldvektors eines extern angelegten Magnetfeldes 14' lässt sich so auf die Position des Magnetfeldsensors 12 relativ zur Magnetfeldquelle (zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13, 13', 13'') schließen.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Form des erzeugten Magnetfeldes 14' sehr genau bekannt ist, um einen Rückschluss zuzulassen. Dies kann über diverse Ansätze berechnet  
20 werden, wie beispielsweise eine inverse Lösung des Satzes von Biot-Savart oder über eine Modellierung des Magnetfeldes 14' und die Optimierung des Messwertes an dieses Modell mittels geeigneter Algorithmen.

Das Magnetfeld 14' zur Bestimmung der Lage des Bauteils 11 kann erfindungsgemäß  
25 beispielsweise mittels einer in dem Substrat 10, zum Beispiel einer Leiterplatte, integrierten zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13', 13', 13'' generiert werden, welche sich bestromen lässt. Die zweckgebundene Leiterbahnstruktur 13', 13', 13'' kann eine oder mehrere Leiterbahnen 13a-13k aufweisen, die beispielsweise als einfache Geraden oder auch als Spulenstrukturen mit mehreren parallelen Wicklungen ausgestaltet sein können.

Aufgrund der Herstellungsweise von Leiterplatten mittels optischer Belichtung kann eine  
30 sehr hohe Fertigungsgenauigkeit erreicht, welche den Anforderungen an die Kenntnis der Form des Magnetfeldes 14' genügen. Hierbei ist es von Vorteil, wenn der Strom, der ein

Magnetfeld 14' erzeugt, nicht nur an- und abgestellt werden kann, sondern bei entgegengesetzter Stromrichtung ein entgegengesetztes Magnetfeld erzeugt, wodurch eine differenzielle Messung zur Kompensierung von homogenen Störfeldern (z.B. das Erdmagnetfeld) möglich ist.

5 Befinden sich nun einer oder mehrere vektorielle Magnetfeldsensoren 12 in messbarer Nähe der Magnetfeldquelle 13', 13', 13'', lässt sich deren Lage relativ zu der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13', 13', 13'' durch das magnetische Vektorfeld eindeutig bestimmen. Durch die hohe Fertigungsgenauigkeit der Leiterplatte 10 lässt sich somit ein eindeutiger Rückschluss auf die Lage des Magnetfeldsensors 12 relativ zur zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13', 13', 13'' beziehungsweise relativ zur Leiterplatte 10 ziehen.

Hierzu kann es vorteilhaft sein, mehrere zweckgebundenen Leiterbahnstrukturen 13', 13', 13'' zur Erzeugung von verschiedenen Magnetfeldern zu verwenden, um dementsprechend mehrere Freiheitsgrade der Lage des Magnetfeldsensors 12 zu bestimmen. Richtig durchgeführt ist es mit einer solchen Mehrfachmessung zudem möglich, sowohl die Dicke  
15 als auch die Ausdehnung der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13', 13', 13'' auf der Leiterplatte 10 zu messen, was eine Berücksichtigung dieser weiteren Fertigungstoleranzen ermöglicht.

Mit kalibrierten und hinreichend genau messenden Magnetfeldsensoren 12 lässt sich so die Lage der Magnetfeldsensoren 12 relativ zu der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur  
20 13', 13', 13'' und damit zur Leiterplatte 10 selbst rekonstruieren. Die Lage der Platine 10 in einer späteren Anwendung kann dann optisch oder mechanisch referenziert werden. Dieses Messprinzip kann auch elektrostatisch oder elektromagnetisch erfolgen, wenn anstelle von Magnetfeldsensoren 12 geeignete kapazitive Sensoren oder Antennen verwendet werden.

25 Integrierte Magnetfeldsensoren 12 lassen sich mittlerweile durch geeignete Methoden magnetisch kalibrieren, ohne dass Sie in ein externes Referenzfeld gebracht werden müssen. Mittels einer erfindungsgemäß in der Leiterplatte 10 integrierten zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13', 13', 13'' zur Felderzeugung ist es nun möglich, auch die letzten unbekannt Parameter für die Position des auf der Leiterplatte 10 angeordneten  
30 Bauteils 11 zu bestimmen, ohne dass ein bekanntes externes Magnetfeld angelegt werden muss (z.B. durch 3D Helmholtzspule) oder andere aufwändige Verfahren angewendet werden müssen.

Dadurch entfällt ein kostspieliger magnetischer oder optischer Endtest von Bauteilen und sowohl magnetische Einzelsensoren als auch Sensormodule aus mehreren Magnetfeldsensoren lassen sich so ohne großen Aufwand voll kalibrieren. Zudem ist es möglich, Sensoren oder Sensormodule nachträglich während des Betriebs nachzukalibrieren, um  
5 Alterungseffekte von Sensoren und Leiterplatte zu erkennen und zu kompensieren.

Darüber hinaus lässt sich die Fertigungsqualität des PCB 10 beurteilen, indem die Ausdehnung der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13', 13', 13'' gemessen werden kann (verursacht durch Skalierungsfehler bei optischer Belichtung) als auch die Dicke der Leiterplatte 10 bzw. die Struktur des Lagenaufbaus bestimmt werden kann, wenn auf allen  
10 Lagen der Leiterplatte 10 derartige zweckgebundene Leiterbahnstrukturen 13', 13', 13'' vorhanden sind. Sobald die exakte Sensorposition relativ zur zweckgebundenen Leiterbahnstruktur 13', 13', 13'' und damit zum restlichen PCB 10 bekannt ist, kann der Ort der Magnetfeldmessung eindeutig bestimmt werden, was für Sensorik-Anwendungen essentiell ist.

15 Anstelle von zweckgebundenen Leiterbahnstrukturen 13', 13', 13'' könnten andere Bauteile zur Erzeugung eines Magnetfeldes verwendet werden. Durch diskreten Aufbau einer solchen Anordnung mit beispielweise Drähten oder Spulen kann ein vergleichbares System aufgebaut werden. Sobald die Magnetfeldquelle aber nicht die Leiterplatte 10 selbst ist, verliert man den Vorteil der hohen Fertigungsgenauigkeit der Leiterplatte 10 und muss  
20 die Bauteilposition auf eine andere Weise feststellen.

Sobald sich auf einer Leiterplatte 10, auf der sich Magnetfeldsensoren 12 befinden, zusätzlich Leiterbahnstrukturen 13', 13', 13'' vorhanden sind, die keinem anderen Zweck dienen, als elektrischen Strom zur Erzeugung eines Magnetfeldes 14' zu führen (z.B. extern eingespeist oder durch interne Stromquelle), ist davon auszugehen, dass sie zur  
25 erfindungsgemäßen magnetischen Kalibrierung verwendet werden. Zu Gunsten eines hohen Signal-Rausch-Verhältnisses ist es vorteilhaft, wenn sich die Leiterbahnstruktur 13', 13', 13'' während der Messung so nahe wie möglich an den Magnetfeldsensoren 12 befindet. Außerdem wäre es denkbar, die Leiterbahnstrukturen 13', 13', 13'' im Lagenaufbau der Platine 10 zu verbergen.

30 Das Anwendungsgebiet wäre hauptsächlich in der Magnetfeldsensorik zu finden. So könnte das Prinzip sowohl bei der reinen Magnetfeldmessung als auch bei weiterführenden Anwendungen wie Positions- oder Inertialsensorik zum Einsatz kommen. Gerade

auch Anwendungen, bei denen mehrere Magnetfeldsensoren 12 genutzt werden, können durch das erfindungsgemäße Prinzip verbessert werden, wie beispielsweise bei Magnetfeldkameras und anderen magnetischen Prüfmitteln. Außerdem wäre es denkbar, dass ein oder mehrere magnetische Sensoren 12 als „Lagesensoren“ mit im Halbleitermaterial (z.B. Silizium) von anderen Halbleiterschaltungen integriert werden, um die Lage des Halbleitermaterials relativ zur Leiterplatte 10 zu messen. Beispiele hierfür wären etwa Bildsensoren oder Empfängerschaltungen zur drahtlosen Kommunikation.

Alle Aspekte, die mit Bezug auf ein elektromagnetisches Feld 14' sowie auf eine Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds 14' hierin beschrieben sind, gelten gleichsam auch für ein elektrostatisches Feld 14' sowie für einen kapazitiven Sensor 12. Außerdem sind alle mit Bezug auf ein elektromagnetisches Feld 14' sowie auf eine Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds 14' hierin beschriebenen Merkmale, mit Ausführungsformen kombinierbar, die ein elektrostatisches Feld 14' sowie einen kapazitiven Sensor 12 aufweisen. Insbesondere sind alle Merkmale, die in den Ansprüchen 1 bis 18 mit Bezug auf ein elektromagnetisches Feld 14' sowie auf eine Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds 14' erwähnt sind, mit den in den Ansprüchen 19 und 20 genannten Ausführungsformen kombinierbar, insbesondere indem anstelle des elektromagnetischen Felds ein elektrostatisches Feld und anstelle der Vorrichtung 12 zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds ein kapazitiver Sensor verwendet werden.

Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar.

Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder einer elektronischen Schaltung durchgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software oder zumindest teilweise in Hardware oder zumindest teilweise in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer BluRay Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM, eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist. Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist. Der Datenträger oder das digitale Speichermedium oder das computerlesbare Medium sind typischerweise greifbar und/oder nicht flüchtig.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Ein-

zelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele herein präsentiert wurden, beschränkt sei.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat (10) angeordneten Bauteils (11), wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
  - 5           Bereitstellen eines Substrats (10) mit mindestens einer daran angeordneten Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds (14'),  
  
              Erzeugen einer zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10), wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) zum Zwecke des Erzeugens eines elektromagnetischen Felds (14') mit bekannter Feldverteilung  
10           (14) vorgesehen ist,  
  
              Anlegen einer elektrischen Spannung an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13), sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) das elektromagnetische Feld (14') mit der bekannten Feldverteilung (14) erzeugt,  
  
              Erfassen des erzeugten elektromagnetischen Felds (14') mit der bekannten  
15           Feldverteilung (14) mittels der Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds (14') und Bestimmen der Lage des Bauteils (11) relativ zu dem Substrat (10) basierend auf der Erfassung des elektromagnetischen Felds (14') mit der bekannten Feldverteilung (14).
- 20           2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Anlegens der elektrischen Spannung beinhaltet, dass eine Gleichspannung angelegt wird, wobei die Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds (14') einen Magnetfeldsensor aufweist.
- 25           3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Anlegens der elektrischen Spannung beinhaltet, dass eine Wechselspannung angelegt wird, wobei die Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds (14') eine Antenne aufweist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) angelegte elektrische Spannung größer ist als eine zur

Energieversorgung von auf dem Substrat (10) angeordneten Bauteilen verwendete elektrische Spannung.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) derart erzeugt wird, dass sie eine einzelne Leiterbahn (13a) aufweist.  
5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) derart erzeugt wird, dass sie zwei oder mehr Leiterbahnen (13a, 13b, 13c) aufweist.  
10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, wobei der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet, dass mindestens eine Leiterbahn (13a) der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) derart erzeugt wird, dass sie als eine auf dem Substrat (10) verlaufende Gerade ausgestaltet ist.  
15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) derart erzeugt wird, dass sie als eine Spulenstruktur mit mehreren parallelen Wicklungen ausgestaltet ist.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) derart erzeugt wird, dass sie unmittelbar neben der Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds entlang verläuft.
- 25 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) mittels Fotolithografie in das Substrat (10) strukturiert wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Schritt des Anlegens der elektrischen Spannung beinhaltet, dass in einem ersten Schritt eine elektrische Spannung mit einem ersten Spannungsbetrag angelegt wird, sodass die zweckge-

- 5 bundene Leiterbahnstruktur (13) das elektromagnetische Feld (14') mit der be-  
kannten Feldverteilung (14) erzeugt, und dass in einem darauffolgenden zweiten  
Schritt eine elektrische Spannung mit einem zweiten Spannungsbetrag angelegt  
wird, sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) ein weiteres elektro-  
magnetisches Feld mit einer ebenfalls bekannten Feldverteilung erzeugt, Erfassen  
des erzeugten weiteren elektromagnetischen Felds mittels der Vorrichtung (12)  
zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds (14'), und Bestimmen der Lage  
des Bauteils (11) relativ zu dem Substrat (10) basierend auf einer Ermittlung der  
Differenz zwischen dem elektromagnetischen Feld (14') und dem weiteren elekt-  
romagnetischen Feld.
- 10
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, aufweisend einen Schritt des Er-  
zeugens von mindestens einer zweiten zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13')  
auf dem Substrat (10) zum Zwecke des Erzeugens eines zweiten elektromagneti-  
schen Felds mit bekannter Feldverteilung, Erfassen des erzeugten zweiten elekt-  
romagnetischen Felds mittels der Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektro-  
magnetischen Felds, und Bestimmen der Lage des Bauteils (11) relativ zu dem  
Substrat (10) basierend auf der Erfassung des elektromagnetischen Felds (14') mit  
der bekannten Feldverteilung (14) und der Erfassung des zweiten elektromagneti-  
schen Felds mit der bekannten Feldverteilung.
- 15
- 20 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Schritt des Anlegens der  
elektrischen Spannung an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) beinhaltet,  
dass die elektrische Spannung zumindest einmal wechselseitig angelegt wird, so-  
dass der Strom zumindest einmal in die entgegengesetzte Richtung fließt und ein  
entgegengesetztes elektromagnetisches Feld mit bekannter Feldverteilung er-  
zeugt, Erfassen des erzeugten entgegengesetzten elektromagnetischen Felds mit-  
tels der Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds (14'), und  
Ermitteln einer Differenz zwischen dem erzeugten elektromagnetischen Feld (14')  
und dem erzeugten entgegengesetzten elektromagnetischen Feld.
- 25
- 30 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Schritt des Erzeugens  
der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet,  
dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) auf derselben Seite (10a) des  
Substrats (10) erzeugt wird, auf der auch der Magnetfeldsensor (12) angeordnet  
ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) auf der dem Magnetfeldsensor (12) gegenüberliegenden Seite (10b) des Substrats (10) erzeugt wird.
- 5 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet, dass ein erster Abschnitt (13a, 13b, 13c) der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf derselben Seite (10a) des Substrats (10) erzeugt wird, auf der auch der Magnetfeldsensor (12) angeordnet ist, und dass ein zweiter Abschnitt (13d, 13e, 10 13f) der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf der dem Magnetfeldsensor (12) gegenüberliegenden Seite (10b) des Substrats (10) erzeugt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei der Schritt des Erzeugens der zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10) beinhaltet, dass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) als eine in das Substrat (10) integrierte vergrabene Leiterbahnstruktur ausgebildet wird. 15
18. Vorrichtung (20) zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat (10) angeordneten Bauteils (11), wobei die Vorrichtung (20) aufweist:
- ein Substrat (10) mit mindestens einer daran angeordneten Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds (14'),
- 20 eine auf dem Substrat (10) ausgebildete zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13), wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) zum Zwecke des Erzeugens eines elektromagnetischen Felds (14') mit bekannter Feldverteilung (14) vorgesehen ist,
- wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) ausgestaltet ist, um 25 beim Anlegen einer elektrischen Spannung das elektromagnetische Feld (14') mit der bekannten Feldverteilung (14) zu erzeugen, und
- eine Auswertevorrichtung, die ausgestaltet ist, um das erzeugte elektro- 30 magnetische Feld (14') mittels der Vorrichtung (12) zum Erfassen eines elektromagnetischen Felds (14') zu erfassen und die Lage des Bauteils (11) relativ zu dem Substrat (10) basierend auf der Erfassung des elektromagnetischen Felds (14') mit bekannter Feldverteilung (14) zu bestimmen.

19. Verfahren zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat (10) angeordneten Bauteils (11), wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Bereitstellen eines Substrats (10) mit mindestens einem daran angeordneten kapazitiven Sensor (12) zum Erfassen eines elektrostatischen Felds (14'),

- 5 Erzeugen einer zweckgebundenen Leiterbahnstruktur (13) auf dem Substrat (10), wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) zum Zwecke des Erzeugens eines elektrostatischen Felds (14') mit bekannter Feldverteilung (14) vorgesehen ist,

- 10 Anlegen einer elektrischen Spannung an die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13), sodass die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) das elektrostatische Feld (14') mit der bekannten Feldverteilung (14) erzeugt,

- 15 Erfassen des erzeugten elektrostatischen Felds (14') mit der bekannten Feldverteilung (14) mittels des kapazitiven Sensors (12) und Bestimmen der Lage des Bauteils (11) relativ zu dem Substrat (10) basierend auf der Erfassung des elektrostatischen Felds (14') mit der bekannten Feldverteilung (14).

20. Vorrichtung (20) zur Lagebestimmung eines auf einem Substrat (10) angeordneten Bauteils (11), wobei die Vorrichtung (20) aufweist:

ein Substrat (10) mit mindestens einem daran angeordneten kapazitiven Sensor (12) zum Erfassen eines elektrostatischen Felds (14'),

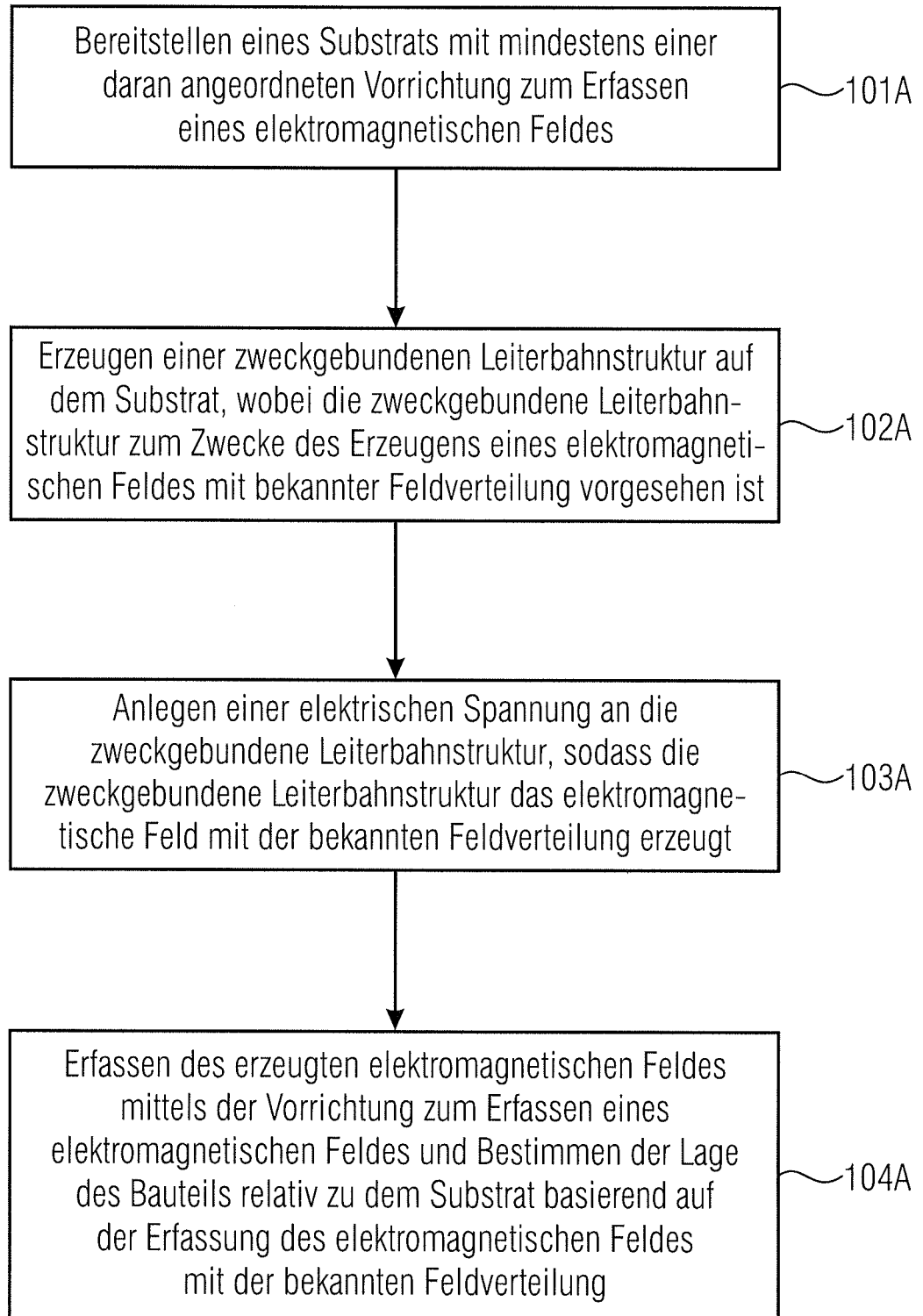
- 20 eine auf dem Substrat (10) ausgebildete zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13), wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) zum Zwecke des Erzeugens eines elektrostatischen Felds (14') mit bekannter Feldverteilung (14) vorgesehen ist,

- 25 wobei die zweckgebundene Leiterbahnstruktur (13) ausgestaltet ist, um beim Anlegen einer elektrischen Spannung das elektrostatische Feld (14') mit der bekannten Feldverteilung (14) zu erzeugen,

wobei der kapazitive Sensor (12) ausgestaltet ist, um das erzeugte elektrostatische Feld (14) mit der bekannten Feldverteilung (14') zu erfassen, und

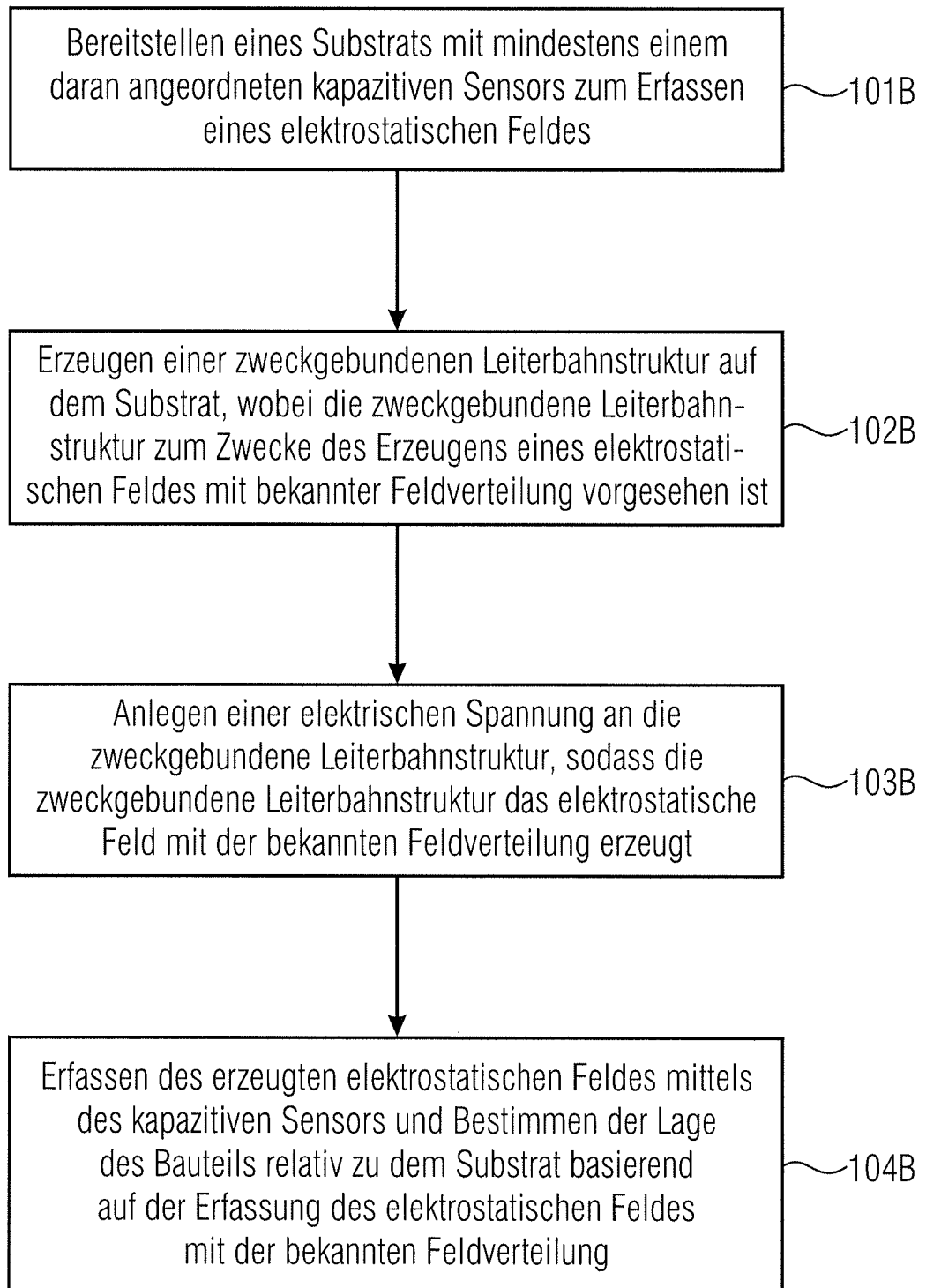
5 eine Auswertevorrichtung, die ausgestaltet ist, um das mittels des kapazitiven Sensors (12) erfasste elektrostatische Feld (14') mit der bekannten Feldverteilung (14) zu messen und die Lage des Bauteils (11) relativ zu dem Substrat (10) basierend auf der Messung des elektrostatischen Felds (14') mit der bekannten Feldverteilung (14) zu bestimmen.

1/9

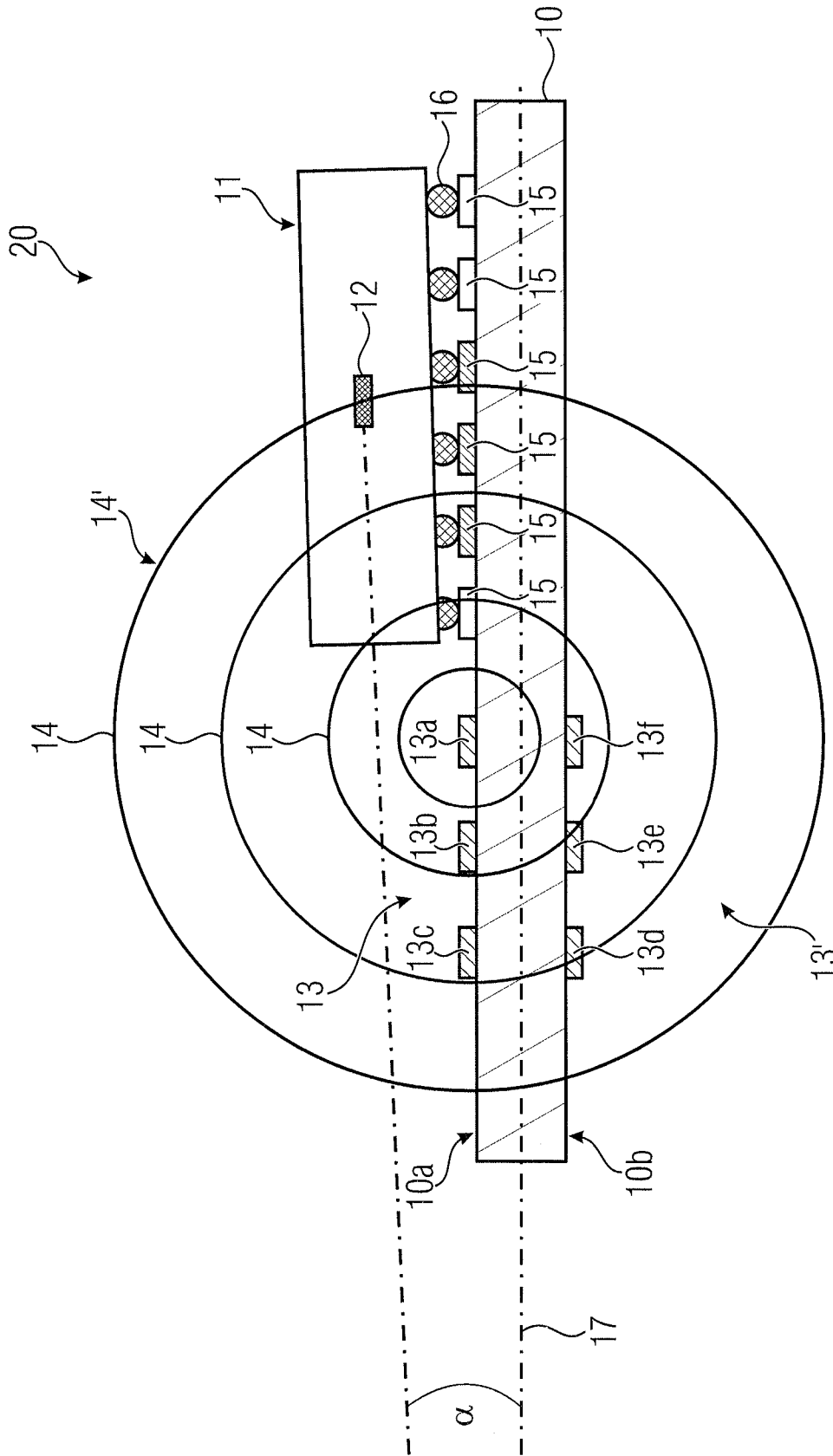


Figur 1A

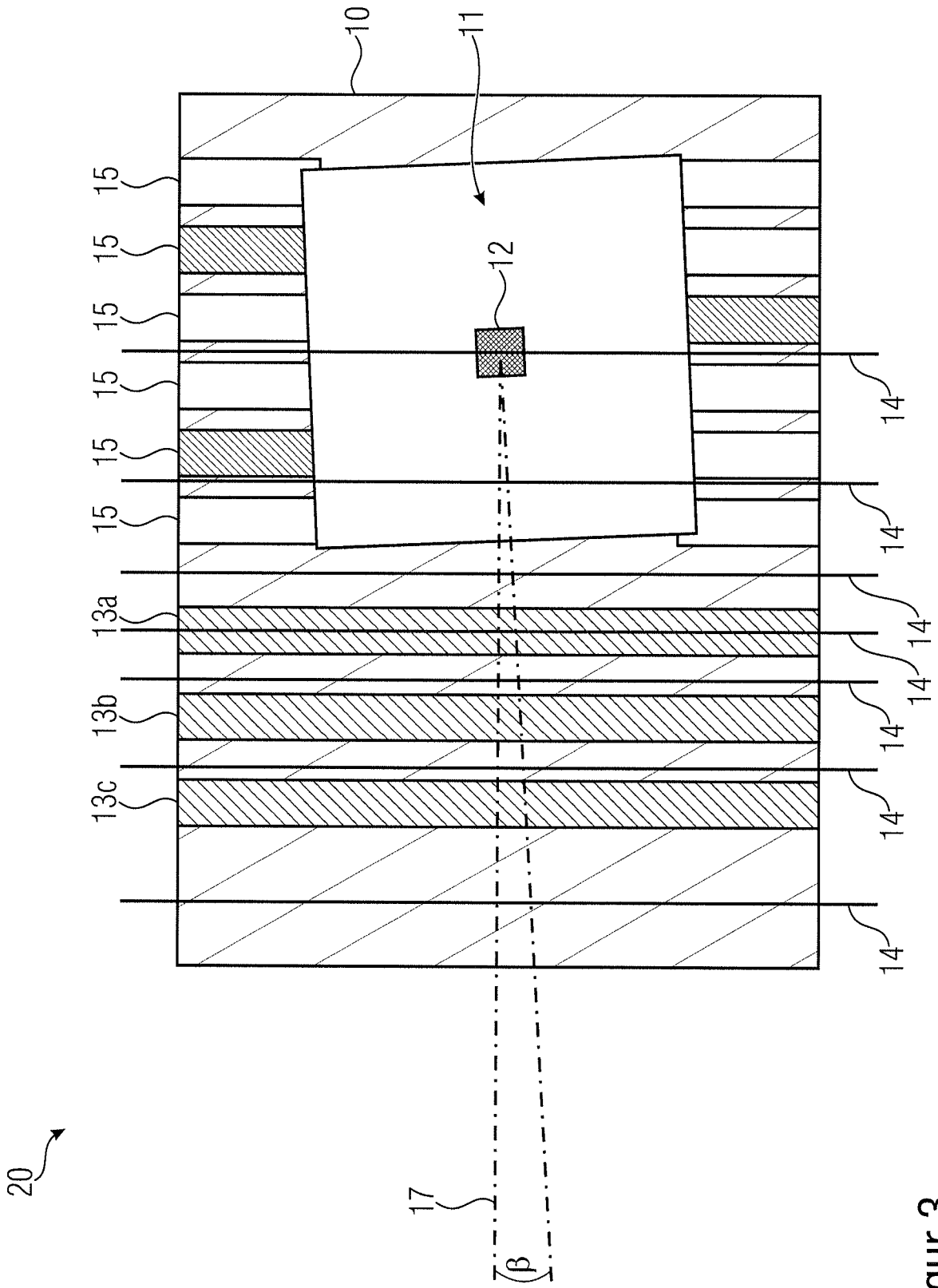
2/9



Figur 1B



Figur 2



Figur 3

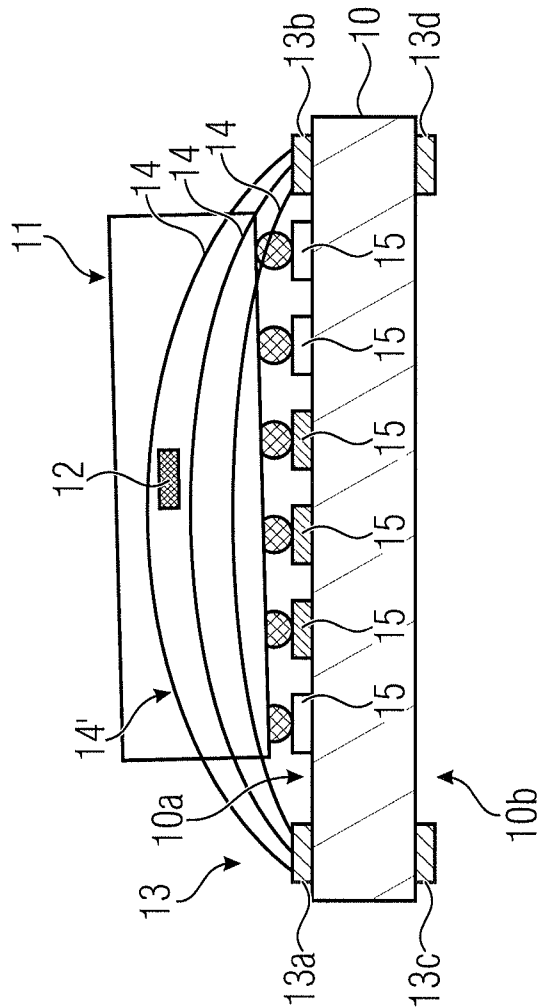
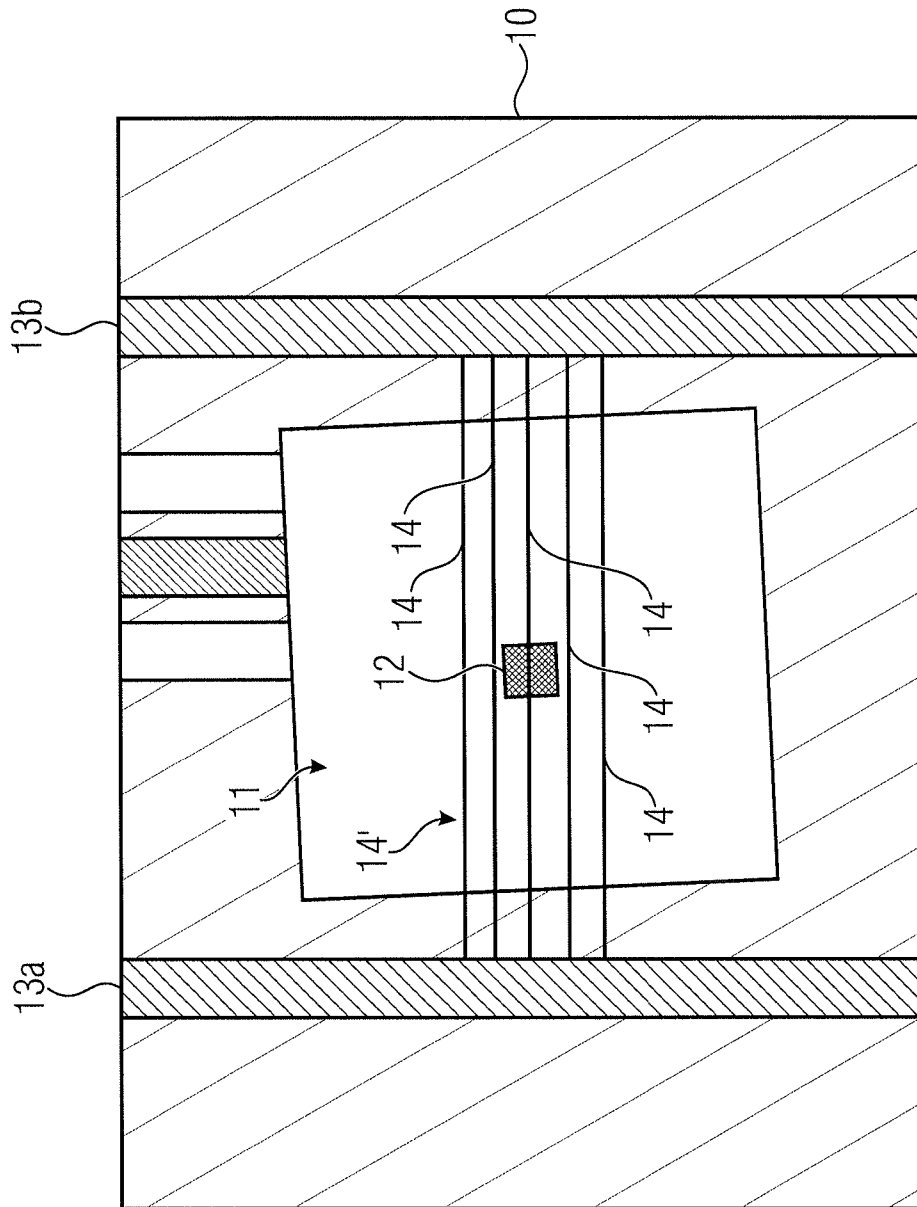
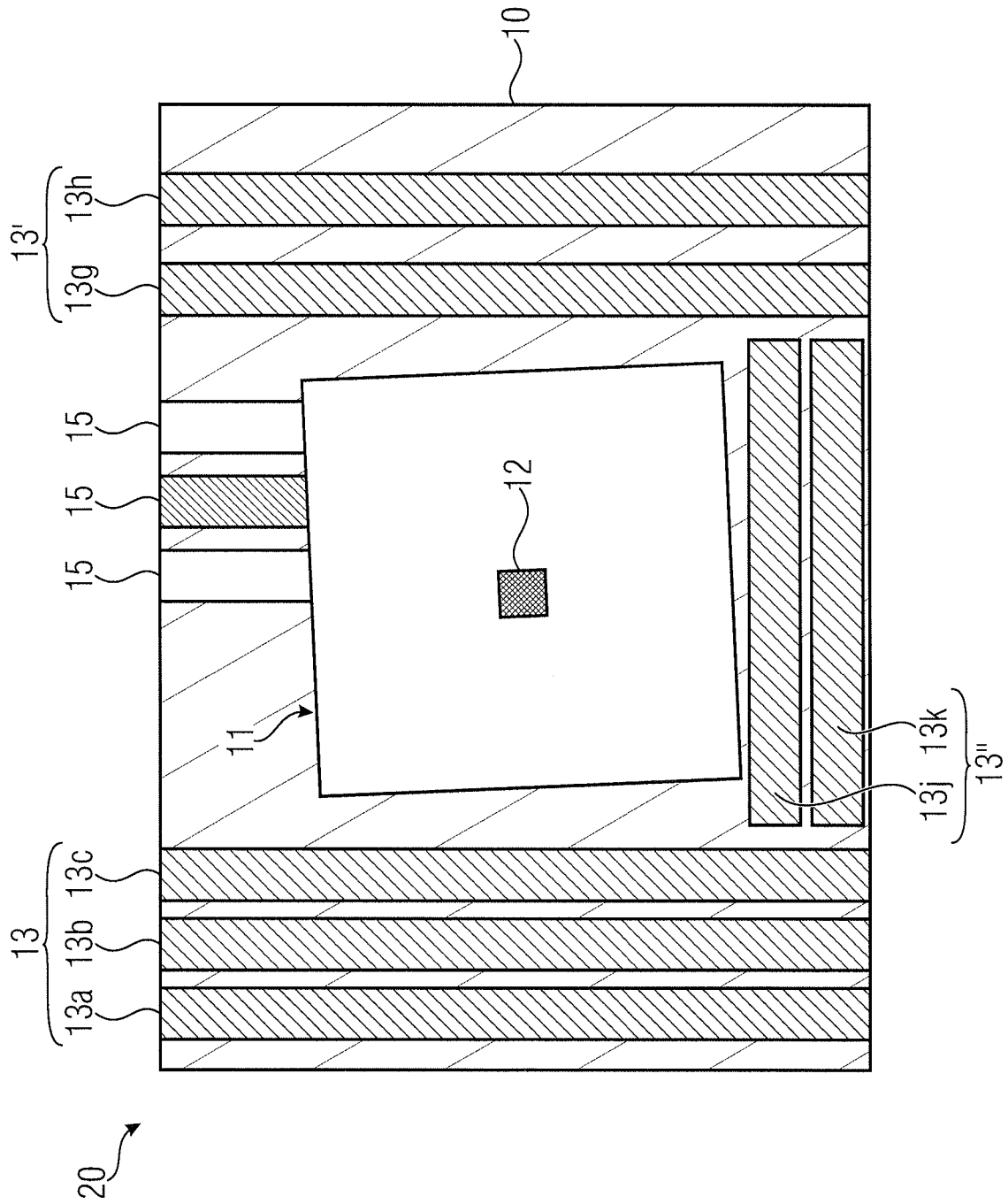


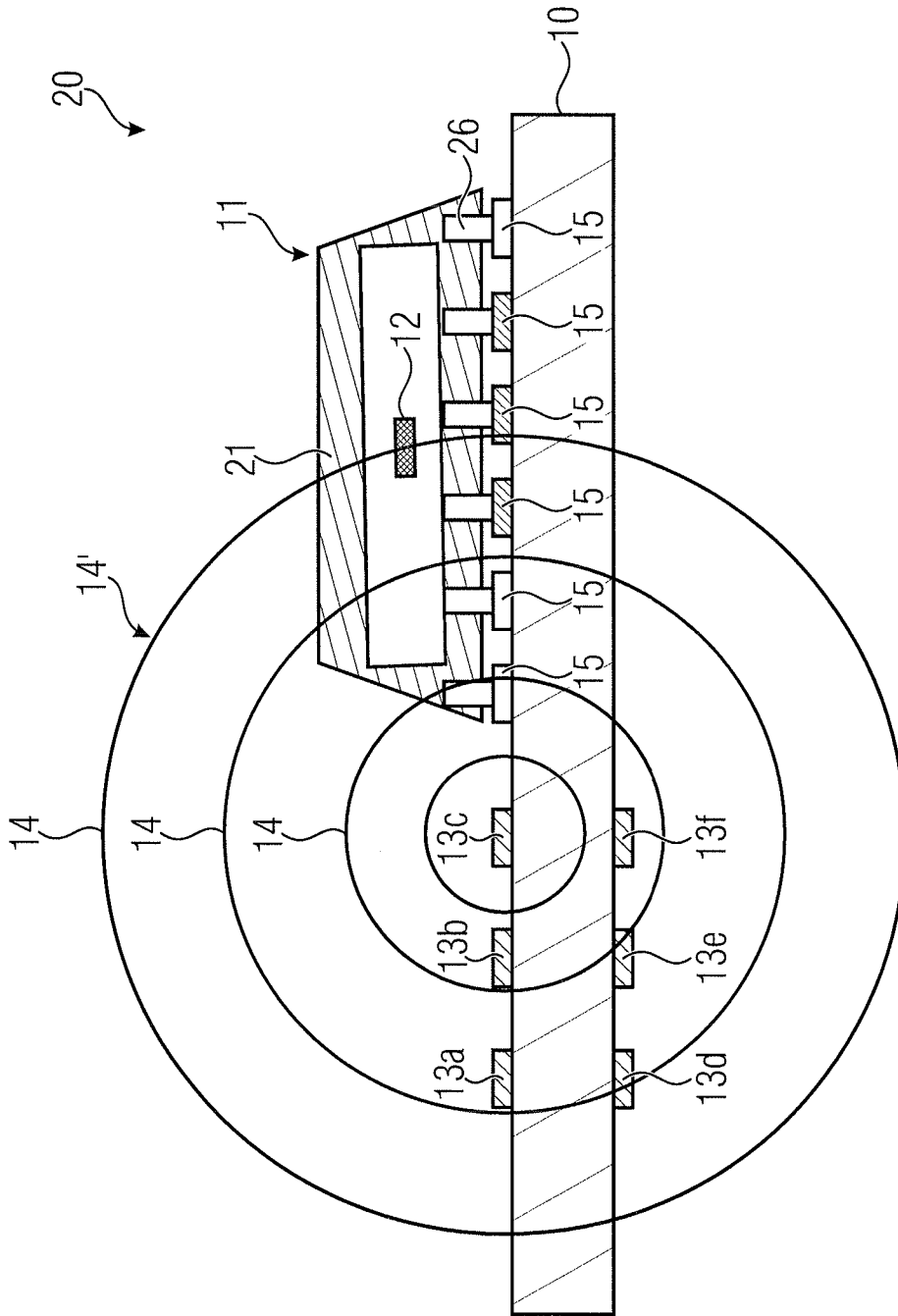
Figure 4



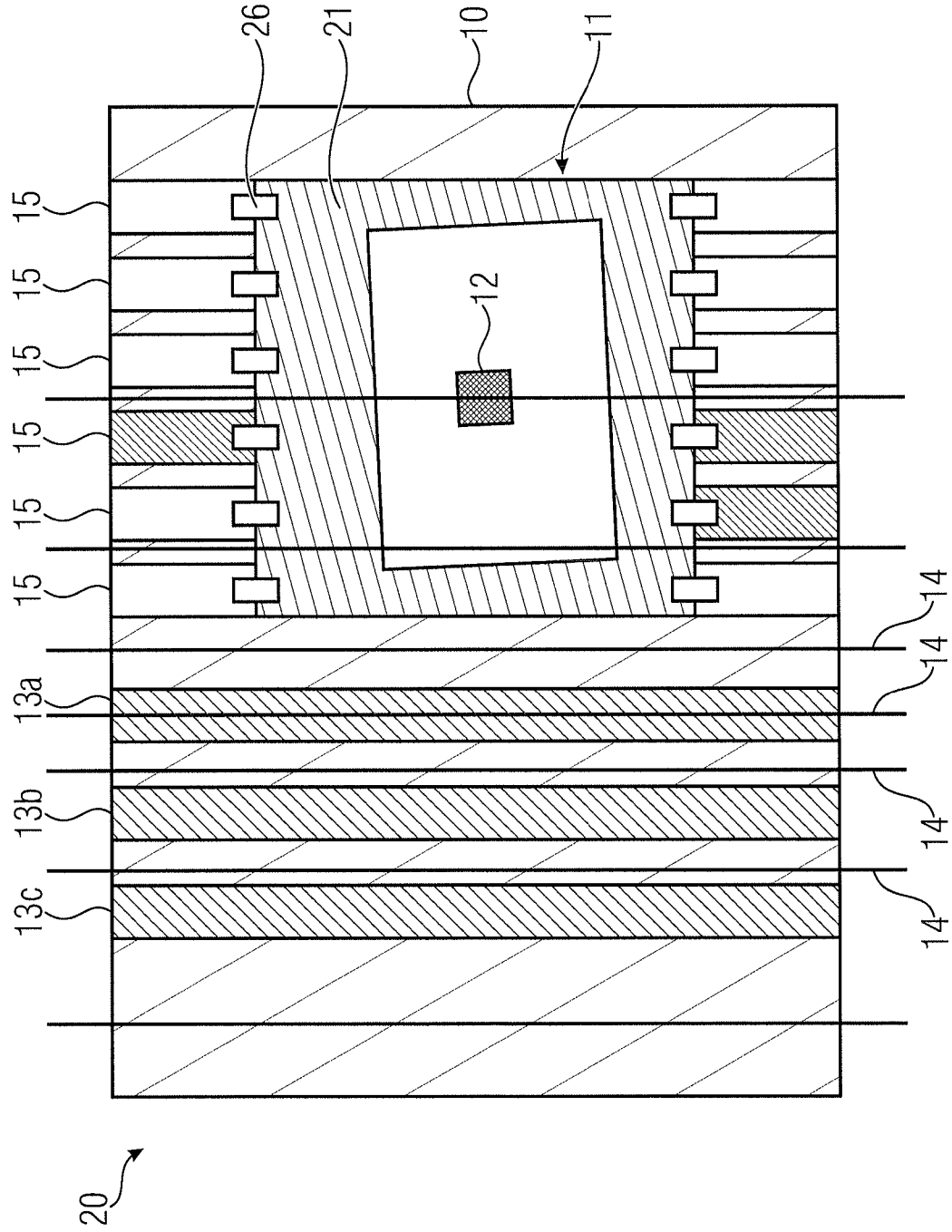
Figur 5



Figur 6



Figur 7



Figur 8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/066652**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>G01R 33/00</i> (2006.01)i; <i>G01R 33/02</i> (2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R; G01D; H01L  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014159766 A1 (FUJITA SUGURU [JP] ET AL) 12 June 2014 (2014-06-12)	1,3-5,7,9,10, 13-15,17,18
Y	paragraphs [0006], [0034] - [0053], [0070] - [0107]; figures 1, 6-10	19,20
A		11,16
X	DE 102010028390 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 03 November 2011 (2011-11-03)	1-4,6,7,9,10, 12,14,15,17,18
Y	paragraphs [0020] - [0031], [0052]; figures 1-5	19,20
A		11,16
X	US 2013255381 A1 (RICOTTI GIULIO [IT] ET AL) 03 October 2013 (2013-10-03)	1,4,5,8-10,13-15,17,18
Y	paragraphs [0029] - [0047], [0058] - [0059]; figures 1-6	19,20
Y	JP 2010147048 A (ADWELDS KK; UNIV FUKUOKA; FUKUOKA PREF GOV SANGYO KAGAKU) 01 July 2010 (2010-07-01)	19,20
	paragraphs [0055] - [0074]; figures 5-8	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>24 September 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>08 October 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Philipp, Peter</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/066652**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2014159766	A1	12 June 2014	CN	103620754	A	05 March 2014
				JP	2013051379	A	14 March 2013
				TW	201319586	A	16 May 2013
				US	2014159766	A1	12 June 2014
				WO	2013031146	A1	07 March 2013
-----							
DE	102010028390	A1	03 November 2011	CA	2797574	A1	03 November 2011
				DE	102010028390	A1	03 November 2011
				EP	2564225	A1	06 March 2013
				JP	5715687	B2	13 May 2015
				JP	2013539195	A	17 October 2013
				US	2013057256	A1	07 March 2013
-----							
US	2013255381	A1	03 October 2013	US	2013255381	A1	03 October 2013
				US	2016209440	A1	21 July 2016
-----							
JP	2010147048	A	01 July 2010	JP	5417655	B2	19 February 2014
				JP	2010147048	A	01 July 2010
-----							

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G01R33/00 G01R33/02  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G01R G01D H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2014/159766 A1 (FUJITA SUGURU [JP] ET AL) 12. Juni 2014 (2014-06-12)	1,3-5,7, 9,10, 13-15, 17,18
Y A	Absätze [0006], [0034] - [0053], [0070] - [0107]; Abbildungen 1, 6-10 -----	19,20 11,16
X	DE 10 2010 028390 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 3. November 2011 (2011-11-03)	1-4,6,7, 9,10,12, 14,15, 17,18
Y A	Absätze [0020] - [0031], [0052]; Abbildungen 1-5 ----- -/--	19,20 11,16



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

24. September 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/10/2019

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

Philipp, Peter

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2013/255381 A1 (RICOTTI GIULIO [IT] ET AL) 3. Oktober 2013 (2013-10-03)	1,4,5, 8-10, 13-15, 17,18
Y	Absätze [0029] - [0047], [0058] - [0059]; Abbildungen 1-6	19,20
Y	----- JP 2010 147048 A (ADWELDS KK; UNIV FUKUOKA; FUKUOKA PREF GOV SANGYO KAGAKU) 1. Juli 2010 (2010-07-01) Absätze [0055] - [0074]; Abbildungen 5-8 -----	19,20

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/066652

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014159766 A1	12-06-2014	CN 103620754 A	05-03-2014
		JP 2013051379 A	14-03-2013
		TW 201319586 A	16-05-2013
		US 2014159766 A1	12-06-2014
		WO 2013031146 A1	07-03-2013
-----			
DE 102010028390 A1	03-11-2011	CA 2797574 A1	03-11-2011
		DE 102010028390 A1	03-11-2011
		EP 2564225 A1	06-03-2013
		JP 5715687 B2	13-05-2015
		JP 2013539195 A	17-10-2013
		US 2013057256 A1	07-03-2013
		WO 2011134748 A1	03-11-2011
-----			
US 2013255381 A1	03-10-2013	US 2013255381 A1	03-10-2013
		US 2016209440 A1	21-07-2016
-----			
JP 2010147048 A	01-07-2010	JP 5417655 B2	19-02-2014
		JP 2010147048 A	01-07-2010
-----			