



(10) **DE 10 2013 100 975 B3** 2014.05.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 100 975.1**
(22) Anmeldetag: **31.01.2013**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.05.2014**

(51) Int Cl.: **B23Q 17/22** (2006.01)
B23Q 17/00 (2006.01)
G01B 15/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Ott-Jakob Spanntechnik GmbH, 87663,
Lengenwang, DE**

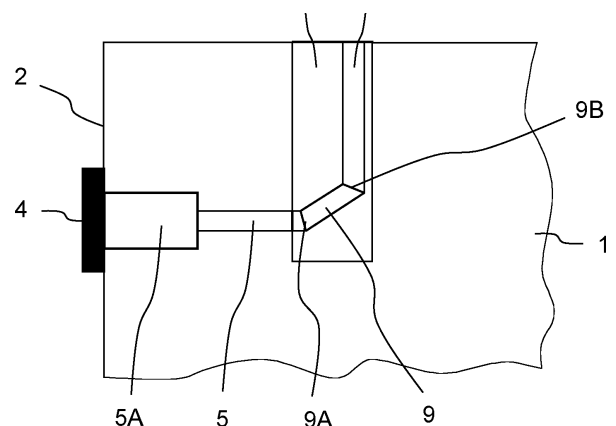
(72) Erfinder:
**Bonerz, Stefan, Dr., 87616, Marktobendorf, DE;
Greif, Josef, 87654, Friesenried, DE**

(74) Vertreter:
**PATENTANWÄLTE CHARRIER RAPP & LIEBAU,
86150, Augsburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 10 2009 005 745 A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Überwachung der Lage eines Werkzeugs oder Werkzeugträgers an einer Arbeitsspindel**

(57) Zusammenfassung: Bei einer Vorrichtung zur Überwachung der Lage eines Werkzeugs oder Werkzeugträgers an einer Arbeitsspindel, insbesondere in einer Bearbeitungsmaschine, wobei die Arbeitsspindel mindestens einen von einer äußeren Oberfläche der Arbeitsspindel zu dem Werkzeug oder Werkzeugträger führenden Kanal aufweist, der einen Pfad für die Ausbreitung eines elektromagnetischen Signals bildet, und wobei außerhalb der Arbeitsspindel eine Messeinrichtung angeordnet ist, welche eine Sendeeinheit zur Einkopplung eines elektromagnetischen Signals in den Kanal, eine Empfangseinheit zum Empfang eines aus dem Kanal reflektierten Signals und eine Signalverarbeitungseinrichtung zur Ermittlung eines Maßes für die Lage des Werkzeugs oder Werkzeugträgers in Bezug auf die Arbeitsspindel anhand des reflektierten Signals enthält, ist an mindestens einem der zwei Enden des Kanals in der Arbeitsspindel ein Einsatz angeordnet, welcher die Form eines Abschnitts des Kanals definiert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung der Lage eines Werkzeugs oder Werkzeugträgers an einer Arbeitsspindel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Während der von modernen numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen vollzogenen Bearbeitungsvorgänge sind häufige schnelle, im Allgemeinen automatisch durchgeführte Werkzeugwechsel notwendig. Die hierfür eingesetzten Spannvorrichtungen sind meistens modular zweiteilig ausgeführt und weisen zueinander korrespondierende Plananlagen auf, die, unterstützt von sehr großen Spannkraften, für einen präzisen und steifen Sitz der Werkzeuge sorgen. Allerdings existiert bei der Kontaktierung der zueinander komplementären Plananlagen ein wesentlicher Störfaktor, der sich notwendigerweise aus den Betriebsbedingungen von spanabhebend bearbeitenden Werkzeugmaschinen ergibt. Sofern das in Form von mitunter sehr feinen Spänen vorhandene abgetragene Material aus dem Wirkungsbereich der Maschinen nicht vollständig entfernt werden kann, besteht in Zusammenwirken mit den hierfür verwendeten Mitteln, z.B. Bohr- und Schneidemulsionen, die Möglichkeit der Anhaftung von Spänen auf den Plananlagen. Hierdurch ist in den meisten Fällen eine Fehlausrichtung des Werkzeugs und unzureichende Steifigkeit der Einspannung zu erwarten. Sehr feine Späne führen zu kaum bemerkbaren Fehleinspannungen, die aber trotzdem ein unzureichendes Bearbeitungsergebnis zur Folge haben.

[0003] Aus der DE 10 2009 005 745 A1 ist eine Überwachungs Vorrichtung zur Erkennung solcher Fehleinspannungen bekannt. Die Funktion dieser Überwachungs Vorrichtung basiert auf der Ausbreitung eines Radarsignals in einem innerhalb der Arbeitsspindel durch mehrere Bohrungen gebildeten Kanal, der im Betrieb unmittelbar durch eine Plananlagefläche des Werkzeugs oder Werkzeugträgers abgeschlossen wird, wobei der Endbereich des Kanals als Hohlraumresonator ausgebildet ist. Eine fehlerhafte Anlage des Werkzeugs oder Werkzeugträgers an der Werkzeugspannvorrichtung kann anhand eines Radarsignals detektiert werden, das in den Kanal von einem außerhalb der Arbeitsspindel angeordneten Sender eingestrahlt, an dem Werkzeug oder Werkzeugträger reflektiert und durch den Kanal zu dem Sender zurückgeleitet wird. Die Erzielung einer hohen Messgenauigkeit erfordert aber bei dieser Vorrichtung sehr präzise Abmessungen des gesamten Kanals, was einen hohen Fertigungsaufwand verursacht.

[0004] Die Aufgabe der Erfindung ist es, die aus der vorausgehend genannten Schrift bekannte Überwachungs Vorrichtung so zu verbessern, dass sie ohne

Abstriche an der Messgenauigkeit einfacher und kostengünstiger herstellbar ist.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0006] Erfindungsgemäß ist bei einer gattungsgemäßen Überwachungs Vorrichtung an mindestens einem der zwei Enden eines von einer äußeren Oberfläche der Arbeitsspindel zu dem Werkzeug oder Werkzeugträger führenden Kanals, der einen Pfad für die Ausbreitung eines elektromagnetischen Signals bildet, ein Einsatz angeordnet, welcher die Form eines Abschnitts des Kanals definiert. Hierdurch wird die Herstellung eines solchen Kanals in der Arbeitsspindel erheblich vereinfacht, indem die Abschnitte des Kanals nicht ausschließlich durch hochpräzise materialabtragende Bearbeitungen in der Arbeitsspindel selbst erzeugt werden müssen, sondern von der Arbeitsspindel separate Teile mit entsprechender Genauigkeit hergestellt und dann in die Arbeitsspindel eingefügt werden können.

[0007] Der Kanal kann hierbei wahlweise als Hohlwellenleiter ausgeführt sein, wozu der Einsatz aus leitfähigem Material bestehen oder zumindest eine leitfähige innere Oberfläche, welche die Oberfläche des von ihm definierten Abschnitts des Kanals bildet, aufweisen muss, oder er kann zur Aufnahme eines Wellenleiters in Form einer Koaxialleitung vorgesehen sein und entlang eines überwiegenden Teils seiner Länge lediglich als Halterung für die Koaxialleitung dienen, ohne selbst die Wellenausbreitung elektromagnetisch zu führen.

[0008] Besonders vorteilhaft ist im Fall der Notwendigkeit einer Richtungsänderung des Kanals in seinem Verlauf die Ausführung desjenigen Abschnitts, in dem die Richtungsänderung erfolgt, in einem Einsatz, da eine Richtungsänderung in einem elektromagnetischen Wellenleiter eine Reflexionen verursachende Störung darstellt und eine reflexionsminimierende Gestaltung eines Kanalabschnitts mit einer Richtungsänderung an einem separaten Teil wesentlich leichter ausführbar ist als durch eine materialabtragende Bearbeitung in Inneren der Arbeitsspindel.

[0009] Eine bevorzugte Ausführungsform eines Einsatzes, insbesondere eines solchen, der einen Abschnitt des Kanals mit einer Richtungsänderung enthält, besteht aus zwei Segmenten, die sich in einer Ebene in flächigem Kontakt miteinander befinden und zueinander symmetrische Nuten enthalten, welche nach der Zusammenfügung der Segmente zusammen den Kanalabschnitt in dem Einsatz bilden. Die Richtungsänderung kann in diesem Fall durch eine entsprechende Richtungsänderung der beiden Nuten, die jeweils an einer Oberfläche eines Segments

aus diesem herausgearbeitet, insbesondere herausgefräst werden können, mit hoher Genauigkeit ausgeführt werden.

[0010] Alternativ kann ein Einsatz, insbesondere ein solcher, der einen Abschnitt des Kanals mit einer Richtungsänderung enthält, aus einem Hauptteil mit zwei sich schneidenden Durchgangsbohrungen unterschiedlicher Richtungen, die jeweils Kanalabschnitte bilden und deren Schnittbereich sich zumindest teilweise außerhalb des Hauptteils erstreckt, und einem Abschlussteil bestehen, welches den Schnittbereich der Durchgangsbohrungen nach außen abschließt und dadurch den dritten Kanalabschnitt mit der Richtungsänderung vervollständigt. Besonders vorteilhaft ist diese Ausführungsform, wenn in dem Kanal eine Koaxialleitung angeordnet werden soll, weil das Abschlussteil in diesem Fall einen Winkelstecker enthalten oder insgesamt durch einen Winkelstecker gebildet werden kann, der zwei Abschnitte verschiedener Richtungen dieser Koaxialleitung miteinander verbindet. Bei Verwendung eines Koaxialkabels als Wellenleiter in dem Kanal kann somit bei dieser Ausführungsform zur Realisierung einer Richtungsänderung auf verfügbare fertige Komponenten zurückgegriffen werden.

[0011] Auch ein sich bis zu dem Werkzeug oder Werkzeugträger erstreckender Endabschnitt des Kanals, welcher zusammen mit einer Oberfläche des Werkzeugs oder Werkzeugträgers einen Mikrowellenresonator mit einer vom Abstand der Oberfläche des Werkzeugs oder Werkzeugträgers vom Ende des Endabschnitts abhängigen Resonanzfrequenz bildet, kann in einem Einsatz ausgebildet sein, um die Herstellung eines solchen Resonators mit präzisen Abmessungen zu vereinfachen. In diesem Fall ist der Einsatz bevorzugt ein becherförmiger Körper, dessen Rand dem Werkzeug oder Werkzeugträger zugewandt ist und dessen Boden eine Öffnung aufweist, durch welche die Einkopplung eines Mikrowellensignals in den Resonator ermöglicht wird. Indem der Außendurchmesser dieses Körpers größer ist als der Durchmesser des sich an die Öffnung in dem Boden anschließenden Abschnitts des Kanals, ergibt sich ein Anschlag, der eine mechanische Belastung des Einsatzes in axialer Richtung durch das an der gegenüberliegenden Seite anliegende Werkzeug aufnimmt und eine Belastung anderer Komponenten wie insbesondere einer an den Mikrowellenresonator angeschlossenen Koaxialleitung verhindert.

[0012] Vorteilhafte elektrische Ankopplungen einer Koaxialleitung an einen durch einen erfindungsgemäßen Einsatz ausgebildeten Mikrowellenresonator sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

[0013] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In diesen zeigt

[0014] Fig. 1 eine Vorderansicht einer Arbeitsspindel,

[0015] Fig. 2 eine schematische Schnittansicht einer fehlerhaften Werkzeugspannung,

[0016] Fig. 3 eine schematische Längsschnittansicht einer Vorrichtung zur Überwachung der Werkzeugplananlage,

[0017] Fig. 4 eine Detailansicht eines Ausschnitts aus Fig. 3 mit einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Einsatzes,

[0018] Fig. 5 eine Ansicht eines Ausschnitts aus Fig. 4 von oben gesehen,

[0019] Fig. 6 eine Detailansicht einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Einsatzes,

[0020] Fig. 7 eine Ansicht eines Ausschnitts aus Fig. 4 mit einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Einsatzes

[0021] Fig. 8 eine erste Art der Ankopplung einer Koaxialleitung an die dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Einsatzes

[0022] Fig. 9 eine zweite Art der Ankopplung einer Koaxialleitung an die dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Einsatzes.

[0023] Fig. 1 zeigt die Vorderansicht einer Arbeitsspindel **1**, die Bestandteil einer nicht dargestellten Bearbeitungsmaschine, insbesondere einer Werkzeugmaschine ist. Die Arbeitsspindel **1** weist an ihrer Stirnseite eine oder mehrere ebene Anlageflächen **2** auf, an denen ein Werkzeug oder ein Werkzeugträger im gespannten Zustand plan anliegen soll. Im Falle mehrerer separater Anlageflächen **2** liegen diese genau planparallel zueinander in einer einzigen Ebene. Zur Verwendung an der Arbeitsspindel **1** bestimmte Werkzeuge oder Werkzeugträger, wobei letztere ihrerseits verschiedene Werkzeuge aufnehmen können, weisen an ihrer Rückseite ebenfalls entsprechende stirnseitige Anlageflächen auf. Bei einer planen Anlage der werkzeugseitigen bzw. werkzeugträgerseitigen Anlageflächen an der spindelseitigen Anlagefläche **2** verläuft die Längsachse des Werkzeugs bzw. Werkzeugträgers genau parallel zur Längsachse der Arbeitsspindel **1**. Die Zentrierung des Werkzeugs bzw. Werkzeugträgers bezüglich der Arbeitsspindel **1** erfolgt durch kegelförmige Auflageflächen im Inneren der Arbeitsspindel **1**.

[0024] Im Fall einer Verschmutzung einer Anlagefläche **2** ist keine plane Anlage des Werkzeugs oder Werkzeugträgers an der Arbeitsspindel **1** mehr möglich. Insbesondere kann eine solche Verschmutzung durch bei der Bearbeitung eines Werkstücks anfal-

lende Späne erfolgen. Schematisch ist eine solche Situation in **Fig. 2** dargestellt. Auf dem rechten Teil der Anlagefläche **2** liegt ein Span **3**, der beim Spannen des Werkzeugs **4** an der Arbeitsspindel **1** zwischen dieser und dem Werkzeug **4** eingeklemmt wird und dafür sorgt, dass ein keilförmiger Spalt zwischen beiden besteht. Bei der Bearbeitung eines Werkstücks mit einem solchermaßen schräg stehenden Werkzeug **4** ist kein maßhaltiges Ergebnis, sondern Ausschuss zu erwarten.

[0025] An der Anlagefläche **2** sind mehrere, im gezeigten Beispiel drei in Axialrichtung der Arbeitsspindel **1** verlaufende Kanalabschnitte **5** in Form von Bohrungen vorgesehen, von denen in **Fig. 1** jeweils der stirnseitige Austritt aus der Arbeitsspindel **1** sichtbar ist. **Fig. 3** zeigt eine schematische Längsschnittansicht eines Ausschnitts der Arbeitsspindel **1** und eines Stators **6**, in dem die Arbeitsspindel **1** an einer in **Fig. 3** nicht sichtbaren Stelle drehbar gelagert ist, und von dem sie in dem in **Fig. 3** sichtbaren Bereich durch einen dünnen Luftspalt **7** getrennt ist. Dort ist nur der obere der drei axialen Kanalabschnitte **5** von **Fig. 1** zu sehen. Dieser trifft im Inneren der Arbeitsspindel **1** auf einen in Radialrichtung der Arbeitsspindel **1** verlaufenden Kanalabschnitt **8**, wodurch ein dritter Kanalabschnitt **9** definiert wird, in dem der durch die einzelnen Abschnitte **5**, **8** und **9** gebildete, durchgehende Kanal seine Richtung um 90° ändert. In gleicher Weise trifft auch jeder der beiden anderen, in **Fig. 3** nicht sichtbaren axialen Kanalabschnitte **5** jeweils auf einen zugeordnete radiale Kanalabschnitt **8** in der Arbeitsspindel **1**. In der in **Fig. 3** gezeigten Winkelstellung der Arbeitsspindel **1** fluchtet der radiale Kanalabschnitt **8** in der Arbeitsspindel **1** mit einem radialen Kanalabschnitt **10** in dem Stator **6**.

[0026] In einem sich von außen in den Stator **6** erstreckenden Hohlraum ist eine elektronische Messeinrichtung **11** in Form eines Radarsystems, das einen Sender, einen Empfänger und eine Antenne umfasst, angeordnet. Die Antenne ist auf den Kanalabschnitt **10** in dem Stator **6** ausgerichtet, um die Einstrahlung eines Radarsignals in den Kanalabschnitt **10** und den Empfang eines Radarsignals aus dem Kanalabschnitt **10** zu ermöglichen. Der Kanalabschnitt **10** fungiert ebenso wie die Kanalabschnitte **5**, **8** und **9** für eine in sie eingestrahlte elektromagnetische Welle als Hohlleiter, wie aus der Radartechnik hinreichend bekannt ist.

[0027] In der in **Fig. 3** gezeigten Winkelposition der Arbeitsspindel **1** besteht somit insgesamt ein als Hohlleiter wirksamer Kanal **5**, **8**, **9**, **10** zwischen der Messeinrichtung **11** und der rückwärtigen Auflagefläche des Werkzeugs **4**, mit dem dieses auf der Auflagefläche **2** der Arbeitsspindel **1** aufliegt. Ein von der Messeinrichtung **11** in den Kanalabschnitt **10** eingestrahltes Radarsignal breitet sich über den Kanalabschnitt **10**, den damit fluchtenden Kanalabschnitt **8**

und die Kanalabschnitte **9** und **5** bis zu der rückwärtigen Auflagefläche des Werkzeugs **4** aus, wobei es in dem Kanalabschnitt **9** um 90° umgelenkt wird. Dabei führt der Kanal **5**, **8**, **9**, **10** die sich in ihm ausbreitende elektromagnetische Welle im Sinne eines Hohlleiters. An der rückwärtigen Auflagefläche des Werkzeugs **4** wird das Radarsignal reflektiert und läuft in dem Kanal **5**, **8**, **9**, **10** in entgegengesetzter Richtung bis zu der Messeinrichtung **11** zurück, wo es empfangen und verarbeitet wird, um die exakte Lage des Werkzeugs **4** bezüglich der Auflagefläche **2** der Arbeitsspindel **1** zu ermitteln.

[0028] Falls der Kanal **5**, **8**, **9**, **10** mit einem Dielektrikum gefüllt ist, ändert sich die Grenzfrequenz, ab welcher der Kanal **5**, **8**, **9**, **10** als Hohlleiter wirksam ist. Es ist äußerst zweckmäßig, den Kanal **5**, **8**, **9**, **10** zumindest im Bereich des werkzeugseitigen Abschnitts **5** mit einem Dielektrikum zu füllen, um ein Eindringen von Schmutz und Spänen, welches die Wellenausbreitung offensichtlich stören würde, zu verhindern. Zur Schaffung homogener Ausbreitungseigenschaften ist es jedoch bevorzugt, den gesamten Kanal **5**, **8**, **9**, **10** mit einem Dielektrikum zu füllen. Geeignet ist hierfür beispielsweise eine Vergussmasse auf Polyurethanbasis.

[0029] Zur Erhöhung der Empfindlichkeit ist es zweckmäßig, den Abschnitt **5** so zu gestalten, dass eine möglichst ausgeprägte Resonanz auftritt, was in **Fig. 3** durch eine Erweiterung am werkzeugseitigen Ende zu einer Kammer **5A**, die zusammen mit der rückwärtigen Oberfläche des Werkzeugs **4** einen Mikrowellenresonator bildet, schematisch dargestellt ist. Hierdurch kann ein Resonator hoher Güte realisiert werden, dessen Resonanzfrequenz von der Lage der rückwärtigen Auflagefläche des Werkzeugs **4** bezüglich der Arbeitsspindel **1** abhängt. Ein solcher Mikrowellenresonator wird bereits bei einer geringfügigen Abweichung der Lage des Werkzeugs **4** von einer perfekten Plananlage an der Auflagefläche **2** der Arbeitsspindel **1** verstimmt, was anhand einer Messung des Reflexionskoeffizienten bei einer Variation der Frequenz des eingestrahlten Signals durch eine in dem Radarsystem **11** enthaltene Signalverarbeitungseinrichtung detektiert werden kann.

[0030] Beim Entwurf dieses Mikrowellenresonators muss außer dem Kanal **5**, **8**, **9**, **10** und der Kammer **5A** auch der Einfluss des zwischen dem Stator **6** und der rotierenden Arbeitsspindel **1** vorhandenen Luftspalts **7**, an dem die Kanalabschnitte **8** und **10** miteinander fluchtend enden, berücksichtigt werden. Bei einer Realisierung der Kanalabschnitte **5**, **8** und **10** als Bohrungen entspricht die vorausgehend beschriebene Vorrichtung dem aus der zuvor genannten DE 10 2009 005 745 A1 bekannten Stand der Technik. Wie diese Vorrichtung erfindungsgemäß verbessert werden kann, wird nachfolgend anhand der weiteren **Fig. 4** bis **Fig. 9** erläutert.

[0031] Fig. 4 zeigt eine Detailansicht eines Ausschnitts aus Fig. 3 mit einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Einsatzes **12**. In einer als axiale Bohrung von der Anlagefläche **2** in der Arbeitsspindel **1** ausgebildeten Kammer **5A** ist ein aus keramischem Material bestehender Körper eingefügt, welcher durch den Übergang zu einem ebenfalls als axiale Bohrung in der Arbeitsspindel **1** ausgebildeten Kanalabschnitt **5** mit geringerem Durchmesser in axialer Richtung mechanisch abgestützt wird. Gleichzeitig wird hierdurch die Ankopplung des Mikrowellenresonators an den Wellenleiter eingestellt, über welchen dem Resonator Mikrowellenleistung variabler Frequenz zugeführt und reflektierte Mikrowellenleistung abgeführt wird. Bei diesem Wellenleiter handelt es sich um den sich an die Kammer **5A** anschließenden axialen Kanalabschnitt **5**, der ebenfalls mit einem Dielektrikum aus vorzugsweise keramischem Material gefüllt ist.

[0032] Die den axialen Kanalabschnitt **5** bildende Bohrung trifft im Inneren der Arbeitsspindel **1** auf eine radiale Bohrung in der Arbeitsspindel **1** mit wesentlich größerem Durchmesser, in der ein Einsatz **12** aufgenommen ist. Innerhalb dieses Einsatzes **12** sind ein radialer Kanalabschnitt **8** und ein Kanalabschnitt **9** mit einer Richtungsänderung von 90° , welcher den axialen Kanalabschnitt **5** mit dem radialen Kanalabschnitt **8** verbindet, ausgebildet, wobei das Ende des Kanalabschnitts **9** an der Oberfläche des Einsatzes **12** mit dem Ende des axialen Kanalabschnitts **5** an der Oberfläche der Bohrung, in die der Einsatz **12** eingeführt ist, fluchtet. Die Kanalabschnitte **8** und **9** brauchen somit nicht durch Ausführung von Bohrungen unmittelbar in der Arbeitsspindel **1** realisiert zu werden, sondern sie können in dem Einsatz **12** hergestellt werden, welcher dann zur Vervollständigung eines von der Werkzeuganlagefläche **2** bis zur Mantelfläche der Arbeitsspindel **1** reichenden Kanals nur noch in eine entsprechend große radiale Bohrung in der Arbeitsspindel **1** eingeführt und dort fixiert zu werden braucht.

[0033] Wie die Draufsicht von Fig. 5 auf einen Ausschnitt der Mantelfläche der Arbeitsspindel **1** zeigt, besteht der Einsatz **12** aus zwei zueinander spiegelsymmetrischen Segmenten **12A** und **12B**, die jeweils die Form eines Halbzylinders und daher in Fig. 5 eine im wesentlichen halbkreisförmige Kontur haben. In jedem der beiden Segmente **12A** und **12B** sind symmetrisch zueinander liegende halbkreisförmige Nuten ausgebildet, so dass sich bei einer Zusammenfügung der beiden Segmente **12A** und **12B** an ihrer Symmetrieebene zu einem ganzen Zylinder in dem Einsatz **12** die Kanalabschnitte **8** und **9** mit jeweils kreisförmigem Querschnitt ergeben, von denen in Fig. 5 nur das Ende des radialen Abschnitts **8** sichtbar ist.

[0034] Beide Segmente **12A** und **12B** werden durch Schrauben **13** bzw. **14** in der Bohrung in der Arbeitsspindel **1** fixiert, wozu entsprechende Bohrungen in jedem Segment **12A** und **12B** sowie mit diesen fluchtende Gewinde in der Arbeitsspindel **1**, die in den Figuren nicht dargestellt sind, erforderlich sind. Auch die innerhalb des Einsatzes **12** liegenden Kanalabschnitte **8** und **9** sind mit einem Dielektrikum aus vorzugsweise keramischem Material ausgefüllt.

[0035] Der Übergang des als Wellenleiter wirksamen Kanals **5**, **8**, **9** zwischen der Axialrichtung und der Radialrichtung der Arbeitsspindel **1** in dem Abschnitt **9** erfolgt bei dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel über zwei Richtungsänderungen von jeweils 45° an zwei Knickstellen **9A** und **9B**. Diese Knickstellen **9A** und **9B** stellen für die sich im Kanal fortpflanzenden Mikrowellen Störungen dar, die zur Reflexion eines Teils der Mikrowellenleistung führen. Um diese Reflexionen zu minimieren, ist die Änderung der Ausbreitungsrichtung der Mikrowellen im Wellenleiter auf zwei Knickstellen **9A** und **9B** verteilt und deren gegenseitiger Abstand als ungeradzahliges Vielfaches eines Viertels der Wellenlänge des sich innerhalb des Kanalabschnitts **9** ausbreitenden Signals festgelegt. Hierdurch kommt es zu einer destruktiven Interferenz der an den beiden Knickstellen **9A** und **9B** reflektierten Anteile der im Wellenleiter geführten Mikrowellenleistung.

[0036] Bei der hier vorliegenden Wellenleiterstruktur können aber auch andere Lösungen zur Minimierung von Rückstreuungen bei Änderungen der Ausbreitungsrichtung von sich in einem Wellenleiter fortpflanzenden Wellen angewandt werden. Eine solche Lösung ist die Einfügung einer leitenden Ebene an der Außenseite einer Knickstelle, deren Normalenvektor parallel zur Winkelhalbierenden des von beiden in der Knickstelle verbundenen Wellenleiterabschnitten gebildeten Knickwinkels ist. Eine andere Lösung ist die Ausführung der Richtungsänderung in Form eines Kreisbogens, dessen Radius den Durchmesser des Wellenleiters wesentlich übersteigt.

[0037] Der Wellenleiter ist in Fig. 4 und Fig. 5 als Hohlleiter dargestellt, was voraussetzt, dass der Einsatz **12** ebenso wie die Arbeitsspindel **1** aus leitfähigem Material wie Metall besteht oder zumindest die in dem Einsatz **12** verlaufenden Kanalabschnitte **8** und **9** an ihrer Oberfläche mit einer leitfähigen Beschichtung versehen sind. Alternativ kann der Wellenleiter aber auch als TEM-Leitung ausgeführt werden. Eine gängige Form einer TEM-Leitung ist ein Koaxialkabel, das in dem Kanal **5**, **8**, **9** verlegt werden kann. In diesem Fall bietet sich die Ausführung der Richtungsänderung in dem Kanalabschnitt **9** in Form eines Kreisbogens an, um die Verlegung des Kabels in dem Kanal **5**, **8**, **9** zu erleichtern. Bei Verwendung eines Koaxialkabels braucht die Oberfläche der Kanalabschnitte **8** und **9** nicht leitfähig zu sein, da der

Einsatz **12** dann nur als mechanische Halterung für das Koaxialkabel fungiert.

[0038] Aufgrund des in solchen Anwendungen geringen Durchmessers eines Koaxialkabels und insbesondere dessen Innenleiters besteht in diesem Fall ein Problem in der verlust- und reflexionsarmen Überwindung des Luftspaltes **7** zwischen der Arbeitsspindel **1** und dem Stator **6**. Eine sehr verlustarme Möglichkeit der Überbrückung dieses Luftspaltes **7** besteht in der Platzierung jeweils einer an die zu übertragende Wellenlänge angepassten Schlitzantenne auf der Arbeitsspindel **1** und an dem Stator **6**, d.h. an den jeweiligen Enden der Kanalabschnitte **8** und **10** an dem Luftspalt. Die Schmalseiten dieser Schlitzantennen verlaufen in diesem Fall in Axialrichtung der Arbeitsspindel **1**, die Langseiten in Umfangsrichtung. Somit besteht für einen größtmöglichen Rotationswinkelbereich die bestmögliche Überlappung der gegenüberliegenden Antennen. Schlitzantennen sind in Fachkreisen als solche bekannt und bedürfen daher hier keiner Erläuterung.

[0039] Eine in **Fig. 6** schematisch dargestellte alternative Ausführungsform eines Einsatzes **112** besteht aus einem Hauptteil **112A** mit zwei zueinander senkrechten, sich im Bereich einer Oberfläche des Hauptteils **112A** schneidenden Bohrungen **108** und **109** und einem mit dem Hauptteil **112A** fest verbundenen Abschlussteil **112B**, welches besagten Bereich des Schnittpunktes der Bohrungen **108** und **109** nach außen abschließt. Die Bohrung **108** stellt einen Kanalabschnitt dar, der dem radialen Kanalabschnitt **8** der ersten Ausführungsform entspricht und die Bohrung **109** stellt einen Kanalabschnitt dar, der dem Kanalabschnitt **9** der ersten Ausführungsform entspricht und eine Richtungsänderung bewirkt. Erst durch die Hinzufügung des Abschlussteils **112B**, das im einfachsten Fall gemäß **Fig. 6** die Form einer Platte haben und an dem Hauptteil **112A** mittels Schrauben **113** und **114** befestigt werden kann, wird bei dieser Ausführungsform Fall ein geschlossener Kanalabschnitt **109** mit einer Richtungsänderung von 90° gebildet, der sich an den radialen Kanalabschnitt **108** anschließt.

[0040] Es versteht sich, dass das Hauptteil **112A** eine spezielle Form haben muss, um zu gewährleisten, dass der Schnittbereich der beiden Bohrungen **108** und **109** zumindest teilweise außerhalb des Hauptteils **112A** liegt, wobei die in **Fig. 6** gezeigte Abschrägung nicht die einzige Möglichkeit ist, sondern beispielsweise auch eine Ausnehmung mit einer konkaven Oberfläche vorgesehen sein könnte. Wenn die Kanalabschnitte **108** und **109** als Hohlwellenleiter fungieren, dann muss zumindest die innere Oberfläche des Abschlussteils **112B** leitfähig sein, um als Reflexionsfläche zur Umlenkung von sich in den Kanalabschnitten **108** und **109** ausbreitenden elektromagnetischen Wellen zu wirken.

[0041] Vor der Montage des Abschlussteils **112B** besteht über die dann noch vorhandene Öffnung in dem Bereich, in dem die beiden Bohrungen **108** und **109** aus dem Hauptteil **112A** austreten, die Möglichkeit zur Platzierung von Körpern aus dielektrischem Material in den Bohrungen **108** und **109**. Insbesondere aber besteht bei Verwendung einer Koaxialleitung als Wellenleiter die Möglichkeit, zwei Leitungsabschnitte in den Bohrungen **108** und **109** im Bereich der Öffnung durch einen Winkelstecker miteinander zu verbinden, um auf diese Weise für eine Umlenkung der Wellenausbreitung um 90° zu sorgen.

[0042] Wie **Fig. 7** zeigt, ist auch am anderen Ende des Kanals **5, 8, 9** in der Arbeitsspindel **1**, nämlich zur Realisierung der Kammer **5A**, die zusammen mit dem Werkzeug **4** einen Mikrowellenresonator bildet, die Verwendung eines Einsatzes **15** von Vorteil. Der Einsatz **15** besteht aus leitfähigem Material, vorzugsweise Metall und hat die Form eines Bechers mit einer Öffnung **16** im Boden. Der die Kammer **5A** bildende Innenraum des Einsatzes **15** ist wie der gesamte Kanal **5, 8, 9** in der Arbeitsspindel **1** mit einem Dielektrikum ausgefüllt. Der Einsatz **15** ist bündig mit der Werkzeuganlagefläche **2** in eine in der Arbeitsspindel **1** eingepasst, deren Durchmesser größer ist als der Durchmesser des sich unmittelbar anschließenden axialen Kanalabschnitts **5**. Der Boden des Einsatzes **15** liegt an dem am Übergang von der größeren Bohrung zu dem Kanalabschnitt **5** vorhandenen Absatz an. Hierdurch ist die Ableitung einer beim Kontakt des Einsatzes **15** mit dem Werkzeug **4** in Axialrichtung auf den Einsatz **15** wirkenden Kraft auf die Arbeitsspindel **1** und die Vermeidung einer Belastung eines in dem Kanalabschnitt **5** angeordneten Dielektrikums oder einer dortigen Koaxialleitung gewährleistet.

[0043] **Fig. 8** zeigt die Ankopplung des durch den Einsatz **15**, das in der Kammer **5A** vorhandene Dielektrikum und das Werkzeug **4** gebildeten Mikrowellenresonators an eine Koaxialleitung **17**. Ein über das Ende der Koaxialleitung **17** hinausragendes kurzes Segment **18A** des Innenleiters **18** erstreckt sich in eine mittige axiale Bohrung in dem Dielektrikum in der Kammer **5A**, wodurch der Mikrowellenresonator im Betrieb lateral im E01-Mode angeregt wird. Der Außenleiter der Koaxialleitung **17** liegt im Bereich der Öffnung **16** am Boden des becherförmigen Einsatzes **15** an und kontaktiert ihn elektrisch.

[0044] Eine Anregung des Mikrowellenresonators im H11-Mode ist ebenfalls möglich. Hierzu weist das Dielektrikum in der Kammer **5A** eine von seiner Oberfläche aus radial bis zum Ende der mittigen axialen Bohrung reichende weitere Bohrung auf, in der sich ein mit dem Innenleitersegment **18A** elektrisch leitend verbundenes weiteres Leitersegment **18B** befindet, das in **Fig. 8** gestrichelt dargestellt ist. Das radiale Leitersegment **18B** kann auch einstückig mit dem axialen Innenleitersegment **18A** ausgebildet sein.

[0045] Eine alternative Realisierungsmöglichkeit besteht in der Ausbildung des radialen Leitersegments **18B** als Leiterbahn auf einer am Boden des Einsatzes in radialer Richtung angeordneten Leiterplatte. Die Verbindung mit dem axialen Innenleitersegment **18A** erfolgt in diesem Fall durch Verlöten des Innenleitersegments **18A** mit einer Durchkontaktierung, welche zu dem radialen Leitersegment **18B** auf der anderen Seite der Leiterplatte führt. In diesem Fall liegt das radiale Leitersegment **18B** nicht innerhalb eines einzigen dielektrischen Körpers, sondern das Dielektrikum in der Kammer **5A** ist zweiteilig und besteht aus dem dielektrischen Substrat besagter Leiterplatte und einem zweiten Körper, der den Raum zwischen der Leiterplatte und dem durch das Werkzeug **4** abgeschlossenen Ende der Kammer **5A** ausfüllt. Die axiale Position des radialen Leitersegments **18B** in der Kammer **5A** wird folglich durch die Dicke der Leiterplatte bestimmt. Dieser Aufbau ist einfacher herstellbar als die Anordnung eines radialen Leitersegments **18B** innerhalb eines einzigen dielektrischen Körpers.

[0046] In Fig. 9 ist eine weitere mögliche Variante der Ankopplung einer Koaxialleitung **17** an den Mikrowellenresonator dargestellt. In der Öffnung **16** am Boden **15A** des Einsatzes **15** ist ein metallischer Halter **19** in Form eines Zylindersegments angeordnet, der den Außenleiter der Koaxialleitung **17** mit dem Einsatz **15** sowohl mechanisch, als auch elektrisch verbindet, wozu der Boden **15A** des Einsatzes **15** eine größere Dicke als dessen Seitenwand **15B** hat. Auf der ebenen Oberfläche an der Oberseite des Halters **19**, ist ein plattenförmiges dielektrisches Substrat **20** angeordnet, auf dessen dem Halter **19** abgewandter Oberseite sich eine Mikrostreifenleitung befindet, zu der die Oberfläche des Halters **19** eine Massefläche bildet.

[0047] Das Ende des Innenleiters **18** der Koaxialleitung **17** ist mit der Mikrostreifenleitung auf dem Substrat **20** verbunden. Am Übergang der Öffnung **16** des Einsatzes **15** zu der Kammer **5A** im Inneren des Einsatzes **15** ist eine elektrisch leitfähige Blende **21** angeordnet, in die mittig ein Schlitz eingeschnitten ist, dessen Rand mit der Leiterbahn auf der Oberseite des Substrates **20** verbunden ist. Auch mit dieser Anordnung kann ein Mikrowellensignal von der Koaxialleitung **17** in den Mikrowellenresonator eingekoppelt und ein Reflexionssignal in die Koaxialleitung **17** zurückgekoppelt werden.

[0048] Auf die Funktionsweise der Messeinrichtung **11** wurde in der vorausgehenden Beschreibung nicht im einzelnen eingegangen, da hierzu in der eingangs genannten DE 10 2009 005 745 A1 detaillierte Angaben vorhanden sind, auf die hiermit verwiesen wird. Diese Angaben beziehen sich zwar auf den Einsatz eines Radarsystems als Messeinrichtung **11** und setzen daher eine Wirkung des Kanals **5, 8, 9, 10** als Hohlwellenleiter für ein Radarsignal voraus. Wenn in

dem Kanal **5, 8, 9, 10** stattdessen als Wellenleiter eine Koaxialleitung verlegt ist, ändert sich lediglich die Ankopplung der Messeinrichtung **11** an den Wellenleiter, für die in diesem Fall keine Antenne mehr benötigt wird, während das Funktionsprinzip der Reflexionsmessung aber dasselbe bleibt. Der korrekte Anschluss einer Koaxialleitung an eine Reflexionsmess-einrichtung ist in Fachkreisen bekannt und bedarf daher an dieser Stelle keiner Erläuterung.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung der Lage eines Werkzeugs (**4**) oder Werkzeugträgers an einer Arbeitsspindel (**1**), insbesondere in einer Bearbeitungsmaschine, wobei die Arbeitsspindel (**1**) mindestens einen von einer äußeren Oberfläche der Arbeitsspindel (**1**) zu dem Werkzeug (**4**) oder Werkzeugträger führenden Kanal (**5, 8, 9**) aufweist, der einen Pfad für die Ausbreitung eines elektromagnetischen Signals bildet, und wobei außerhalb der Arbeitsspindel (**1**) eine Messeinrichtung (**11**) angeordnet ist, welche eine Sendeeinheit zur Einkopplung eines elektromagnetischen Signals in den Kanal (**5, 8, 9**), eine Empfangseinheit zum Empfang eines aus dem Kanal (**5, 8, 9**) reflektierten Signals und eine Signalverarbeitungseinrichtung zur Ermittlung eines Maßes für die Lage des Werkzeugs (**4**) oder Werkzeughalters in Bezug auf die Arbeitsspindel (**1**) anhand des reflektierten Signals enthält, **dadurch gekennzeichnet**, dass an mindestens einem der zwei Enden des Kanals (**5, 8, 9**) in der Arbeitsspindel (**1**) ein Einsatz (**12; 112; 15**) angeordnet ist, welcher die Form eines Abschnitts (**8, 9; 108, 109; 5A**) des Kanals (**5, 8, 9**) definiert.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einsatz (**12; 112; 15**) aus leitfähigem Material besteht oder zumindest eine leitfähige innere Oberfläche, welche die Oberfläche des von ihm definierten Abschnitts des Kanals (**5, 8, 9**) bildet, aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kanal (**5, 8, 9**) einen an der äußeren Oberfläche der Arbeitsspindel (**1**) endenden ersten Abschnitt (**8; 108**) mit einer radialen Richtungskomponente bezüglich der Achse der Arbeitsspindel (**1**), einen an dem Werkzeug (**4**) oder Werkzeugträger endenden zweiten Abschnitt (**5**) mit einer axialen Richtungskomponente bezüglich der Achse der Arbeitsspindel (**1**) und einen zwischen dem ersten und dem zweiten Abschnitt liegenden dritten Abschnitt (**9; 109**) mit einer Richtungsänderung aufweist, und dass der erste Abschnitt (**8; 108**) und der dritte Abschnitt (**9; 109**) in dem Einsatz (**12; 112**) ausgebildet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Richtungsänderung in dem dritten Abschnitt (**9; 109**) in Form einer oder meh-

rerer abrupter Richtungsänderungen (**9A**, **9B**) oder in Form einer kontinuierlichen Richtungsänderung, deren Krümmungsradius wesentlich größer als der Durchmesser des Kanalabschnitts (**9**; **109**) ist, erfolgt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Einsatz (**12**) aus zwei Segmenten (**12A**, **12B**) besteht, die sich in einer Ebene in flächigem Kontakt miteinander befinden, und dass der Abschnitt (**8**, **9**) des Kanals in dem Einsatz (**12**) durch zueinander symmetrische Nuten in den beiden Segmenten gebildet wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einsatz (**112**) ein Hauptteil (**112A**) mit zwei sich schneidenden Durchgangsbohrungen (**108**, **109**) unterschiedlicher Richtungen, die jeweils Abschnitte (**108**, **109**) des Kanals (**5**, **8**, **9**) bilden und deren Schnittbereich sich zumindest teilweise außerhalb des Hauptteils (**112A**) erstreckt, und ein Abschlussteil (**112B**), welches den Schnittbereich der Durchgangsbohrungen (**108**, **109**) nach außen abschließt und dadurch den dritten Abschnitt (**109**) des Kanals (**5**, **8**, **9**) mit der Richtungsänderung vervollständigt, aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Kanal (**5**, **8**, **9**) eine Koaxialleitung angeordnet ist, und dass das Abschlussteil (**112B**) einen Winkelstecker enthält, der zwei Abschnitte verschiedener Richtungen dieser Koaxialleitung (**17**) miteinander verbindet.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein sich bis zu dem Werkzeug (**4**) oder Werkzeugträger erstreckender Endabschnitt (**5A**) des Kanals (**5**, **8**, **9**), welcher zusammen mit einer Oberfläche des Werkzeugs (**4**) oder Werkzeugträgers einen Mikrowellenresonator mit einer vom Abstand der Oberfläche des Werkzeugs (**4**) oder Werkzeugträgers vom Ende des Endabschnitts (**5A**) abhängigen Resonanzfrequenz bildet, in einem Einsatz (**15**) ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einsatz (**15**) ein leitfähiger becherförmiger Körper ist, dessen Rand dem Werkzeug (**4**) oder Werkzeugträger zugewandt ist, dessen Boden eine Öffnung (**16**) aufweist und dessen Außendurchmesser größer ist als der Durchmesser des sich an die Öffnung (**16**) in dem Boden anschließenden Abschnitts (**5**) des Kanals (**5**, **8**, **9**).

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der in dem Einsatz (**15**) ausgebildete Endabschnitt (**5A**) des Kanals (**5**, **8**, **9**) durch mindestens ein Dielektrikum ausgefüllt ist, und dass in dem sich an den Einsatz (**15**) anschließenden Abschnitt (**5**) des Kanals (**5**, **8**, **9**) eine Koaxialleitung

(**17**) angeordnet ist, deren Außenleiter mit dem Einsatz (**15**) verbunden ist und dessen Innenleiter (**18**) ein Segment (**18A**) aufweist, welches sich um ein vorbestimmtes Ausmaß axial in den Endabschnitt (**5A**) hinein erstreckt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Ende des sich axial in den Endabschnitt (**5A**) des Kanals (**5**, **8**, **9**) erstreckenden Innenleitersegments (**18A**) ein sich in radialer Richtung erstreckendes Leitersegment (**18B**) vorgesehen ist, welches mit dem sich axial erstreckenden Innenleitersegment (**18A**) elektrisch verbunden oder einstückig mit diesem ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das sich in radialer Richtung erstreckende Leitersegment (**18B**) durch eine Leiterbahn auf einer Leiterplatte gebildet wird und über eine Durchkontaktierung mit dem sich axial erstreckenden Innenleitersegment (**18A**) elektrisch verbunden ist, und dass das Dielektrikum in dem Endabschnitt (**5A**) aus dem dielektrischen Substrat der Leiterplatte und einem zweiten dielektrischen Körper besteht.

13. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dem sich an den Einsatz (**15**) anschließenden Abschnitt (**5**) des Kanals (**5**, **8**, **9**) zugewandte Seite des Einsatzes (**15**) durch eine Blende (**20**) aus leitfähigem Material mit einem Schlitz abgeschlossen ist, die über eine Mikrostreifenleitung mit dem Innenleiter (**18**) einer in dem sich an den Einsatz (**15**) anschließenden Abschnitt (**5**) des Kanals (**5**, **8**, **9**) angeordneten Koaxialleitung (**17**) verbunden ist, deren Außenleiter der Massefläche der Mikrostreifenleitung und mit dem Einsatz (**15**) verbunden ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

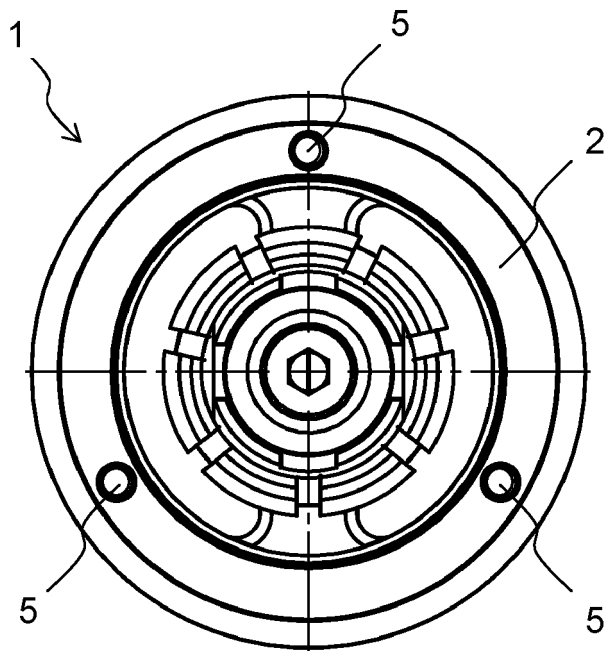


Fig. 1

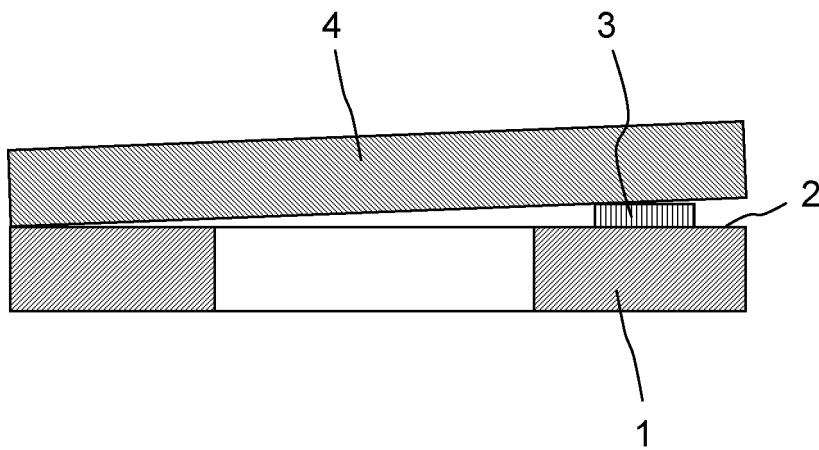


Fig. 2

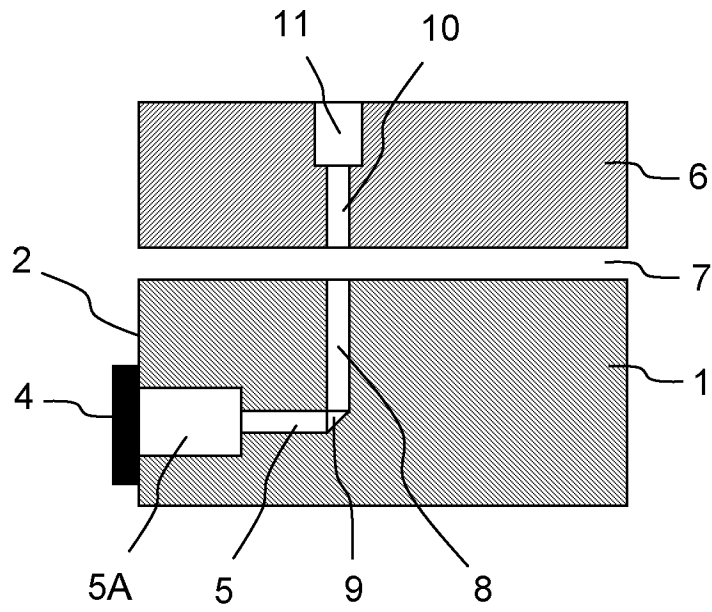


Fig. 3

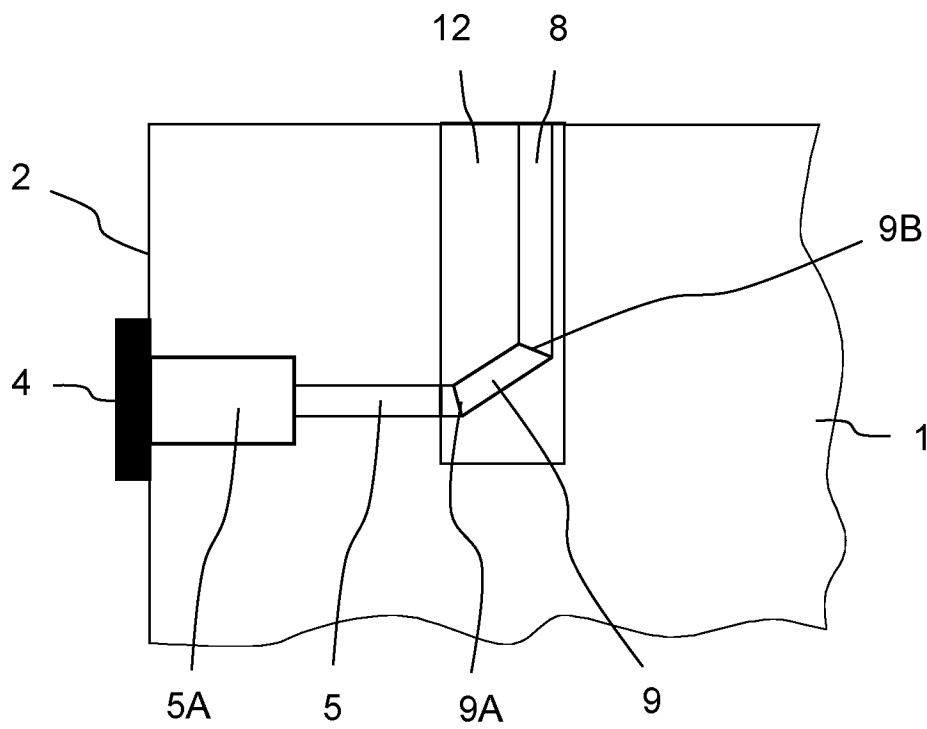


Fig. 4

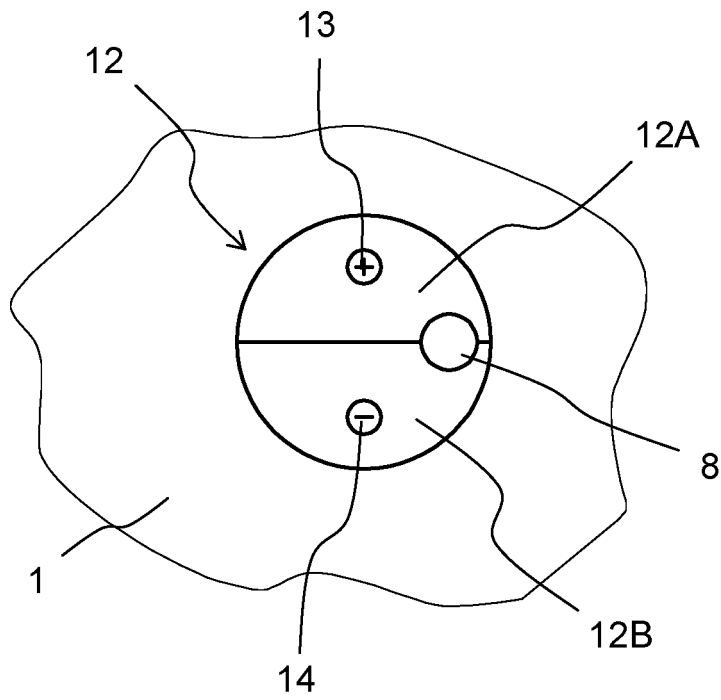


Fig. 5

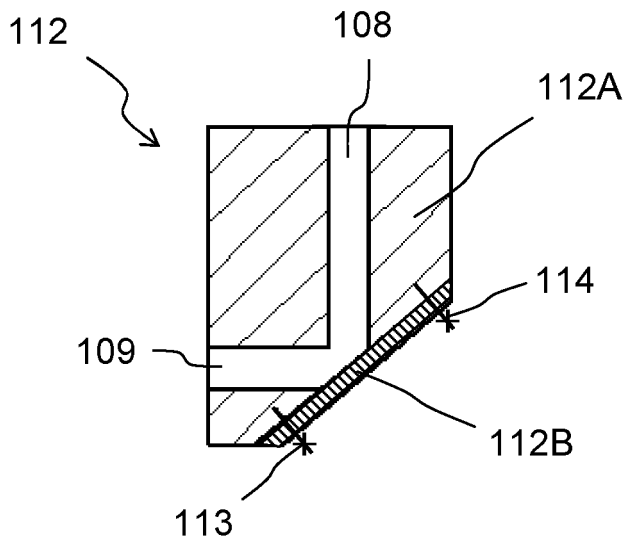


Fig. 6

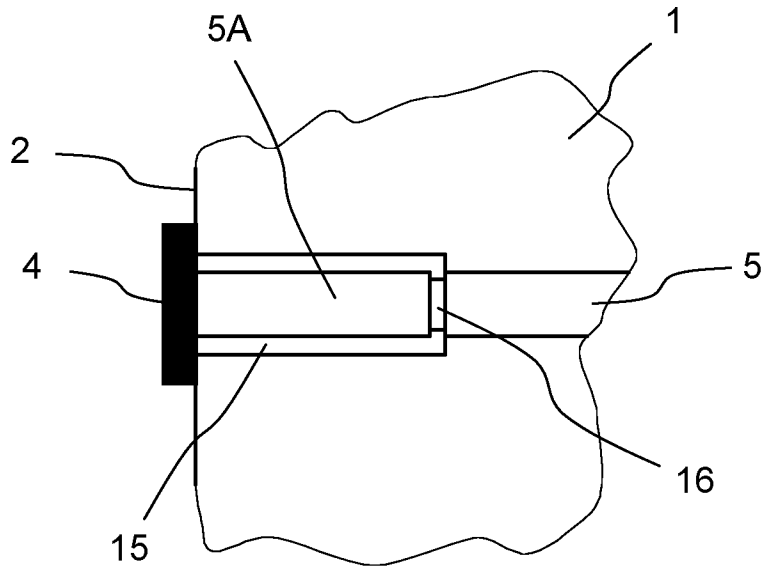


Fig. 7

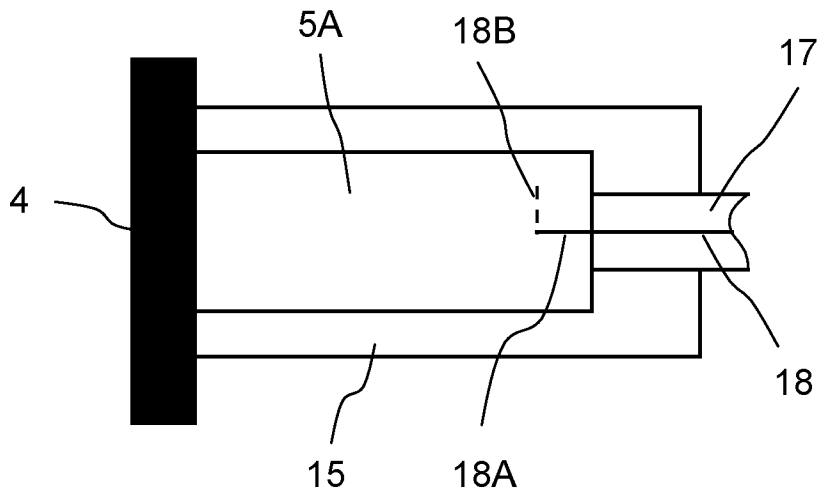


Fig. 8

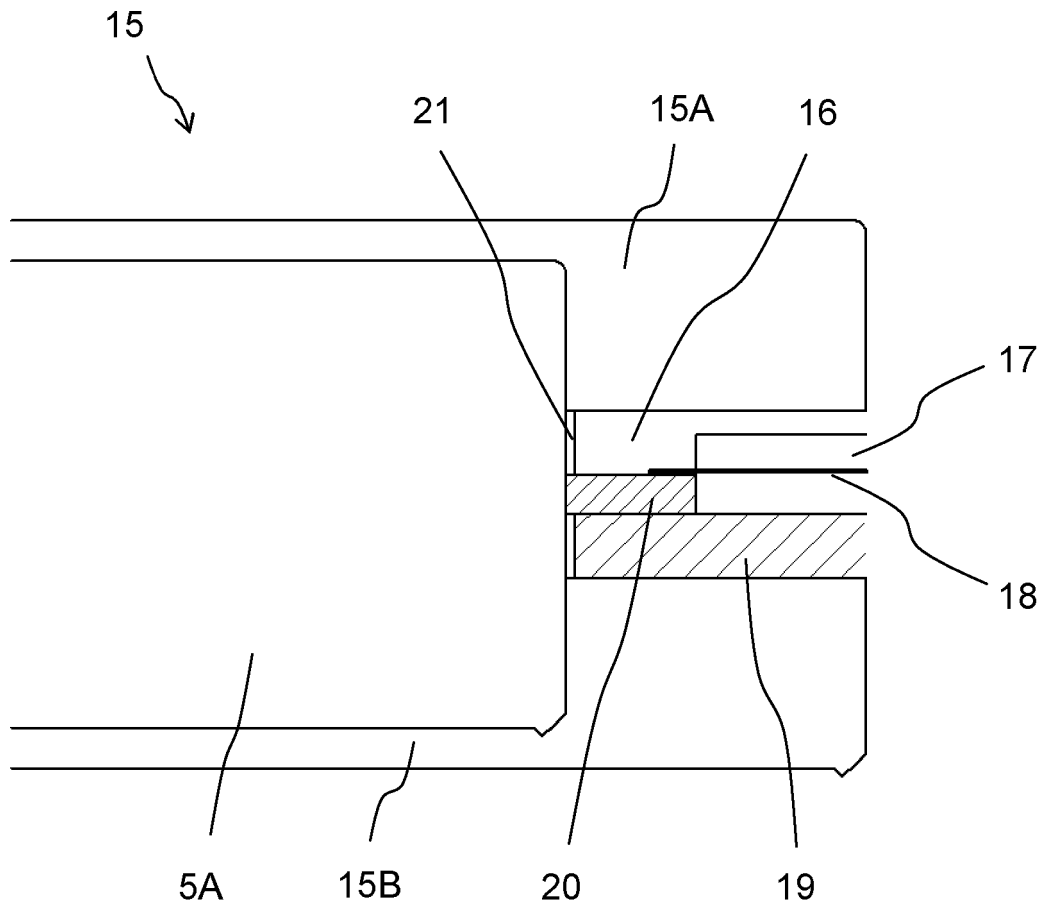


Fig. 9