



(10) **DE 10 2018 108 475 B3** 2019.10.10

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 108 475.7**  
(22) Anmeldetag: **10.04.2018**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **10.10.2019**

(51) Int Cl.: **H01R 13/622** (2006.01)  
**H01R 24/40** (2011.01)  
**H01R 24/54** (2011.01)  
**G01R 29/00** (2006.01)  
**H04B 17/00** (2015.01)  
**H01P 5/00** (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:  
**Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, dieses vertreten durch den Präsidenten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, DE; Rosenberger Hochfrequenztechnik GmbH & Co. KG, 83413 Fridolfing, DE**

(72) Erfinder:  
**Peinelt, Wolfgang, 38302 Wolfenbüttel, DE; Baron, Thomas, 38116 Braunschweig, DE; Kuhlmann, Karsten, Dr., 38116 Braunschweig, DE; Panicke, Marcel, 01896 Ohorn, DE**

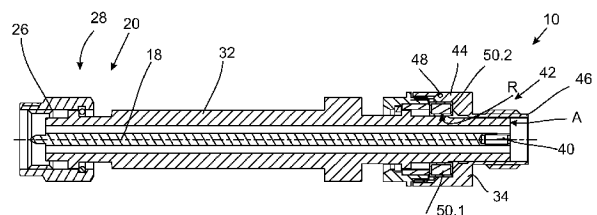
(74) Vertreter:  
**Gramm, Lins & Partner Patent- und Rechtsanwälte PartGmbH, 38122 Braunschweig, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>4 967 173</b>	<b>A</b>
<b>EP</b>	<b>0 323 153</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Stützenlose koaxiale Luftleitung und vektorieller Netzwerkanalysator**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine stützenlose koaxiale Luftleitung (10) mit (a) einem ersten Steckanschluss (20), (b) wobei der erste Steckanschluss (20) eine Schraubhülse (26) hat, und (c) einem zweiten Steckanschluss (42), der dem ersten Steckanschluss (20) gegenüberliegt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass (d) der zweite Steckanschluss (42) eine Verbinderhülse (34) aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine stützenlose koaxiale Luftleitung mit (a) einem ersten Steckanschluss, wobei (b) der erste Steckanschluss eine, vorzugsweise verschiebbare, Schraubhülse hat, und (c) einem zweiten Steckanschluss, der dem ersten Steckanschluss gegenüberliegt.

**[0002]** In der US 4 967 173 A wird eine gattungsgemäße stützenlose koaxiale Luftleitung beschrieben, mittels der ein vektorieller Netzwerkanalysator rückführbar kalibriert werden kann.

**[0003]** Die stützenlosen koaxialen Luftleitungen werden deshalb zum Kalibrieren von vektoriellen Netzwerkanalysatoren verwendet, weil ihre Wellenwiderstände allein auf die geometrischen Abmessungen des Innenleiters sowie des Außenleiters zugeführt werden können. Sind diese geometrischen Abmaße mit hoher Genauigkeit bekannt, so kann daraus der Wellenwiderstand berechnet werden. Damit ist eine Rückführung auf die SI-Basiseinheiten möglich. Bei stützenlosen koaxialen Luftleitungen existiert keine Verbindung zwischen dem Innenleiter und dem Außenleiter. Der Innenleiter wird daher nur vom Stecker bzw. dem Sockel derjenigen Komponenten gehalten, an der der Luftleiter befestigt ist.

**[0004]** Da es sich bei den zu kalibrierenden vektoriellen Netzwerkanalysatoren in der Regel um Präzisionsmessgeräte handelt, ist es notwendig, den Innenleiter und den Außenleiter der stützenlosen Luftleitung nicht plastisch zu verformen, um zu gewährleisten, dass die geometrischen Abmessungen stets diejenigen sind, von denen bei der Berechnung des Wellenwiderstandes ausgegangen wurde.

**[0005]** Um eine bekannte stützenlose koaxiale Luftleitung mit einem zu kalibrierenden vektoriellen Netzwerkanalysator zu verbinden, wird zunächst der Innenleiter der Luftleitung mit dem Innenleiter des Geräte-Steckanschlusses einer Koaxialleitung des Netzwerkanalysators verbunden. In einem zweiten Schritt wird der zweite Steckanschluss der Luftleitung mit dem Innenleiter einer zweiten Geräte-Koaxialleitung verbunden. Dieser Schritt ist fehleranfällig, da die Position des Innenleiters der Luftleitung nicht genau bekannt ist. Insbesondere ist es möglich, dass der Innenleiter durchhängt, so dass er nicht mit dem Innenleiter des Geräte-Steckanschlusses fluchtet. Um eine plastische Verformung zu vermeiden, ist Übung und Fingerspitzengefühl notwendig. Dennoch besteht das Risiko, die Luftleitung plastisch zu verformen und damit unbrauchbar zu machen.

**[0006]** In der EP 0 323 153 A1 ist ein System beschrieben, mit dem dieses Problem gelöst werden kann. Gemäß der dortigen Lösung besitzt die Luftleitung einen in axialer Richtung verschiebblichen Innen-

leiter, sodass das Koppeln des Innenleiters der Luftleitung mit der Koaxialleitung des Netzwerkanalysators erleichtert wird.

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Montage einer Luftleitung mit einfachen Mitteln zu verbessern.

**[0008]** Die Erfindung löst das Problem durch eine gattungsgemäße Luftleitung, bei der der zweite Steckanschluss eine Verbinderhülse aufweist.

**[0009]** Gemäß einem zweiten Aspekt löst die Erfindung das Problem durch einen vektoriellen Netzwerkanalysator mit (a) einer ersten Geräte-Koaxialleitung und (b) einer zweiten Geräte-Koaxialleitung, die einen zweiten Geräte-Steckanschluss hat, wobei (c) zumindest ein Geräte-Steckanschluss eine Geräte-Verbinderhülse aufweist.

**[0010]** Es ist günstig, nicht aber notwendig, dass beide Geräte-Steckanschlüsse jeweils eine Geräte-Verbinderhülse, insbesondere eine verschiebbare Geräte-Schraubhülse, aufweisen.

**[0011]** Vorteilhaft an der Erfindung ist, dass das Verbinden der Luftleitung mit dem vektoriellen Netzwerkanalysator besonders einfach möglich ist. Anders als bei bekannten stützenlosen Luftleitungen ermöglicht es eine erfindungsgemäße Luftleitung nämlich, beim Herstellen der zweiten Verbindung zwischen dem Innenleiter der Luftleitung und dem Innenleiter der Geräte-Koaxialleitung des Netzwerkanalysators den Vorgang des Verbindens mit dem Auge zu beobachten. Hängt beispielsweise der Innenleiter durch, so kann dies gesehen und darauf reagiert werden. Das verhindert, dass die beiden Innenleiter bei dem Versuch, diese miteinander zu verbinden, plastisch verformt werden, sodass sich der Wellenwiderstand auf unkontrollierte Weise ändert und die stützenlose koaxiale Luftleitung nicht mehr zum Kalibrieren geeignet ist.

**[0012]** Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird unter dem vektorieller Netzwerkanalysator insbesondere ein Messgerät zum Messen von Streuparametern verstanden, also die Wellengröße der Reflexion und Transmission an elektrischen Toren, als Funktion der Frequenz. Der Netzwerkanalysator kann Anschlusskabel und/oder Adapter zum Anschließen der Luftleitung umfassen. Der Netzwerkanalysator kann ein Tor, zwei Tore oder mehr Tore haben.

**[0013]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist der zweite Steckanschluss weiblich, ist also als Buchse ausgebildet, und hat eine Stecker-Anlagefläche, in die ein Loch eingelassen ist, wobei die Schraubhülse eine Stirnfläche hat und wobei die zweite verschiebbare Schraubhülse so weit auf den

ersten Steckanschluss zu verschiebbar ist, dass die Stecker-Anlagefläche und die Stirnfläche miteinander fluchten. Hierunter ist insbesondere zu verstehen, dass ein Winkel zwischen der Stecker-Anlagefläche einerseits und einer Geraden zwischen der Kante des Lochs und der Stirnfläche andererseits höchstens 30° beträgt. In diesem Fall kann das Einführen des männlichen Steckanschlusses, also einen Stecker, in das Loch besonders gut mit dem Auge überwacht werden.

**[0014]** Vorzugsweise handelt es sich bei der Luftleitung um ein Normal. Ein Normal umfasst eine Maßverkörperung und einen zugehörigen Kalibrierschein, in dem die relevanten Größen, für die Darstellung der verkörperten Größe maßgeblich sind, aufgeführt sind. Eine Luftleitung in Form eines Normals unterscheidet sich daher dadurch von einer Luftleitung, die kein Normal ist, dass der Wellenwiderstand mit einer hohen Genauigkeit bekannt ist. Vorzugsweise ist der Wellenwiderstand auf vier signifikante Stellen oder besser bekannt.

**[0015]** Günstig ist es, wenn die Geräte-Verbinderhülse mittels eines Wälzlagers drehbar gelagert ist. Das erleichtert das Zusammenführen der Luftleitung mit einer Koaxialleitung eines Netzwerkanalysators. Hat der Netzwerkanalysator zwei Geräte-Koaxialleitungen, so ist es vorteilhaft, wenn beide mittels Wälzlager drehbar gelagert sind.

**[0016]** Es ist günstig, wenn das zunächst eine Wälzlager Wälzkörper aufweist, die aus einem anderen Material gefertigt sind als der Körper, an dem die Oberfläche ausgebildet ist, auf der die Wälzkörper abrollen. Das kann dazu führen, dass ein geringerer Verschleiß entsteht. Ein geringer Verschleiß ist deshalb von Vorteil, da es sich bei stützenlosen koaxialen Luftleitungen, die als Normale ausgebildet sind, um hochpreisige Produkte handelt, für die die Lebensdauer hohe Relevanz hat.

**[0017]** Durch Wälzlager werden zudem Kaltverschweißungen in aller Regel vermieden. Besonders günstig ist es, wenn der Verbinderhülse spielfrei mittels des Wälzlagers gelagert ist.

**[0018]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Luftleitung hat der zweite Steckanschluss ein einem ersten Geschlechts des ersten Steckanschlusses entgegengesetztes, zweites Geschlecht. Alternativ sind beide Geräte-Steckanschlüsse als Buchsen, das heißt als weibliche Steckanschlüsse, ausgebildet. In diesem Fall bedingt die Erfindung einen besonders guten Vorteil, da das Einführen des entsprechenden Steckers, also des männlichen Steckanschlusses, dadurch besser überwacht werden kann als bei Luftleitungen gemäß dem Stand der Technik.

**[0019]** Es sei darauf hingewiesen, dass der erste Geräte-Steckanschluss sowohl männlich als auch weiblich ausgebildet sein kann. Zudem kann der zweite Steckanschluss sowohl männlich als auch weiblich ausgebildet werden. Es ist damit insbesondere möglich, dass beide Geräte-Steckanschlüsse entweder männlich oder beide Geräte-Steckanschlüsse weiblich sind.

**[0020]** Vorzugsweise ist der erste Steckanschluss ein Stecker, also ein männlicher Steckanschluss, und besitzt eine unverschiebbliche Schraubhülse. Der zweite Steckanschluss ist eine Buchse, also ein weiblicher Steckanschluss, und besitzt eine verschiebbliche Schraubhülse

**[0021]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt

**Fig. 1** in den **Fig. 1a** und **Fig. 1b** eine herkömmliche stützenlose koaxiale Luftleitung beim Anschließen an einen herkömmlichen Netzwerkanalysator,

**Fig. 2** in den **Fig. 2a** und **Fig. 2b** eine erfindungsgemäße stützenlose koaxiale Luftleitung, wobei in **Fig. 2a** die Verbinderhülse in dem Zustand gezeigt ist, in dem sie mit einem Netzwerkanalysator verbunden ist, und wobei **Fig. 2b** die der Montagestellung zeigt.

**Fig. 3** zeigt in der **Fig. 3a** eine Teil-Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen vektoriellen Netzwerkanalysators im unverbundenen Zustand und in **Fig. 3b** in verbundenem Zustand.

**[0022]** **Fig. 1a** zeigt eine stützenlose koaxiale Luftleitung **10** nach dem Stand der Technik, die mit einem Netzwerkanalysator **12** verbunden werden soll, vom dem der Übersichtlichkeit halber lediglich eine erste Geräte-Koaxialleitung **14** und eine zweite, schematisch eingezeichnete Geräte-Koaxialleitung **16** eingezeichnet sind.

**[0023]** Zum Kalibrieren des Netzwerkanalysators **12** wird zunächst ein Innenleiter **18** eines ersten Steckanschlusses **20** der Luftleitungen **10** mit einem ersten Geräte-Innenleiter **22** eines ersten Geräte-Steckanschlusses **24** der ersten Koaxialleitung **14** verbunden. Danach wird eine verschiebbare Schraubhülse **26** eines ersten Steckanschlusses **28** der Luftleitung **10** mit einem Außengewinde des ersten Geräte-Steckanschlusses **24** verschraubt, sodass auch ein erster Geräte-Außenleiter **30** mit einem Außenleiter **32** der Luftleitung **10** elektrisch verbunden ist. Die Reihenfolge des Anschließens kann auch umgekehrt sein.

**[0024]** Nachfolgend wird eine Verbinderhülse **34** in Form einer Geräte-Schraubhülse eines zweiten Geräte-Steckanschlusses **36** und der zweiten Koaxialleitung **16** zurückgeschoben. Dadurch liegt ein zweiter Geräte-Innenleiter **38** der zweiten Geräte-Koaxi-

alleitung 16 frei zugänglich. Während der erste Geräte-Innenleiter **22** als Buchse ausgebildet ist, ist der zweite Geräte-Innenleiter **38** als Stecker ausgebildet.

[0025] Der zweite Geräte-Innenleiter **38** muss in ein Loch **40** im Innenleiter **18** der Luftleitung **10** eingeführt werden. Dabei muss sichergestellt werden, dass es zu keinerlei mechanischen Deformationen am Innenleiter **18** kommt. Das erfordert eine hohe Konzentration und Erfahrung.

[0026] Fig. 1b zeigt die Luftleitung **10**, die mit dem teilweise eingezeichneten Netzwerkanalysator **12** verbunden ist.

[0027] Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße koaxiale Luftleitung **10** mit dem ersten Steckanschluss **28**, der die unverschiebbare Schraubhülse **26** aufweist.

[0028] Die Luftleitung **10** besitzt einen zweiten Steckanschluss **42**, der eine Verbinderhülse in Form einer zweiten verschiebbaren Schraubhülse **44** aufweist.

[0029] Der zweite Steckanschluss **42** ist weiblich, das heißt als Buchse, ausgebildet und besitzt eine Stecker-Anlagefläche **A**, in die das Loch **40** eingelassen ist. Die Schraubhülse besitzt eine Stirnfläche **46** und ist, wie in Fig. 2b gezeigt, so weit auf den ersten Steckanschluss **20** zu verschiebbar, dass eine Gerade **G** zwischen der Kante Lochs **40** und der Stirnfläche **46** mit der Stirnfläche einen kleinen Winkel einschließt, der im vorliegenden Fall  $0^\circ$  beträgt.

[0030] Es ist zu erkennen, dass die Geräte-Verbinderhülse in Form der zweiten verschiebbaren Geräte-Schraubhülse **44** mittels eines Wälzlagers **48** drehbar relativ zum Außenleiter **32** gelagert ist. Das Wälzlager besitzt mehrere Wälzkörper **50.1**, **50.2**, ..., die vorzugsweise aus einem anderen Material gefertigt sind als ihre Abrollfläche **R**. Es ist zudem günstig, wenn das Material, aus dem Wälzkörper **50** bestehen, ein anderes ist als die verschiebbare Schraubhülse **44**.

[0031] Fig. 2b zeigt die zweite verschiebbare Geräte-Schraubhülse **44** im zurückgeschobenen Zustand. Das Loch **40** ist gut einsehbar, sodass der Innenleiter **38** (vgl. Fig. 1a) sicher eingeführt werden kann, ohne dass es zu plastischen Deformationen kommt. Nach dem Einführen wird die zweite verschiebbliche Schraubhülse **44** nach axial außen verschoben und ein Gewinde **52** mit einem entsprechenden Gegen-gewinde des Netzwerkanalysators verschraubt.

[0032] Fig. 3 zeigt schematisch einen Teil eines erfindungsgemäßen Netzwerkanalysators **12**, bei dem lediglich die erste Geräte-Koaxialleitung **14** eingezeichnet ist. Der erste Geräte-Steckanschluss **24** weist die Verbinderhülse in Form der verschiebbaren Schraubhülse **44** auf.

## Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Luftleitung
<b>12</b>	Netzwerkanalysator
<b>14</b>	erste Geräte-Koaxialleitung
<b>16</b>	zweite Geräte-Koaxialleitung
<b>18</b>	Innenleiter
<b>20</b>	erster Steckanschluss
<b>22</b>	zweiter Steckanschluss
<b>24</b>	erster Geräte-Steckanschluss
<b>26</b>	Schraubhülse
<b>28</b>	erster Steckanschluss
<b>30</b>	erster Geräte-Außenleiter
<b>32</b>	Außenleiter
<b>34</b>	Verbinderhülse
<b>35</b>	Geräte-Schraubhülse
<b>36</b>	zweiter Geräte-Steckanschluss
<b>38</b>	zweiter Geräte-Innenleiter
<b>40</b>	Loch
<b>42</b>	zweiter Steckanschluss
<b>44</b>	zweite verschiebbare Schraubhülse
<b>46</b>	Stirnfläche
<b>48</b>	Wälzlager
<b>50</b>	Wälzlager
<b>52</b>	Gewinde
<b>A</b>	Stecker-Anlagefläche
<b>G</b>	Gerade
<b>R</b>	Abrollfläche

## Patentansprüche

1. Stützenlose koaxiale Luftleitung (10) mit  
 (a) einem ersten Steckanschluss (20),  
 (b) wobei der erste Steckanschluss (20) eine Schraubhülse (26) hat, und  
 (c) einem zweiten Steckanschluss (42), der dem ersten Steckanschluss (20) gegenüberliegt,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
 (d) der zweite Steckanschluss (42) eine Verbinderhülse (34) aufweist.

2. Stützenlose koaxiale Luftleitung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
 (a) der zweite Steckanschluss (42) weiblich ist und eine Stecker-Anlagefläche (A) hat, in die ein Loch (40) eingelassen ist,

(b) die Verbinderhülse (34) als eine zweite verschiebbare Schraubhülse (44) ausgebildet ist und eine Stirnfläche (46) hat,  
und dass

(c) die zweite verschiebbare Schraubhülse (44) so weit auf den ersten Steckanschluss (20) zu verschiebbar ist, dass die Stecker-Anlagefläche (A) und die Stirnfläche (46) miteinander fluchten.

3. Luftleitung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie ein Normal ist.

4. Luftleitung (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbinderhülse (34) mittels eines Wälzlagers (48) drehbeweglich gelagert ist.

5. Luftleitung (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Steckanschluss (42) ein einem ersten Geschlecht des ersten Steckanschlusses (20) entgegengesetztes zweites Geschlecht hat.

6. Vektorieller Netzwerkanalysator (12) mit  
(a) einer ersten Geräte-Koaxialleitung (14), die einen ersten Geräte-Steckanschluss (24) hat,  
(b) zumindest einer zweiten Geräte-Koaxialleitung (16), die einen zweiten Geräte-Steckanschluss (36) hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
(c) zumindest ein Geräte-Steckanschluss eine verschiebbare Geräte-Schraubhülse (44) aufweist.

7. Vektorieller Netzwerkanalysator (12) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Geräte-Steckanschluss (36) ebenfalls eine zweite verschiebbare Geräte-Schraubhülse (44) hat.

8. Vektorieller Netzwerkanalysator (12) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
(a) die erste Geräte-Koaxialleitung (14) mit dem ersten Steckanschluss (20) der stützenlosen koaxialen Luftleitung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 verbunden ist und  
(b) die zweite Geräte-Koaxialleitung (16) mit dem zweiten Steckanschluss (42) der stützenlosen koaxialen Luftleitung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 verbunden ist.

9. Vektorieller Netzwerkanalysator (12) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Geräte-Steckanschluss (36) ein Geschlecht hat, das dem ersten Geschlecht des ersten Geräte-Steckanschlusses (24) entgegengesetzt ist.

10. Verwendung einer Luftleitung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zum Kalibrieren eines vektoriellen Netzwerkanalysators (12).

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Stand der Technik

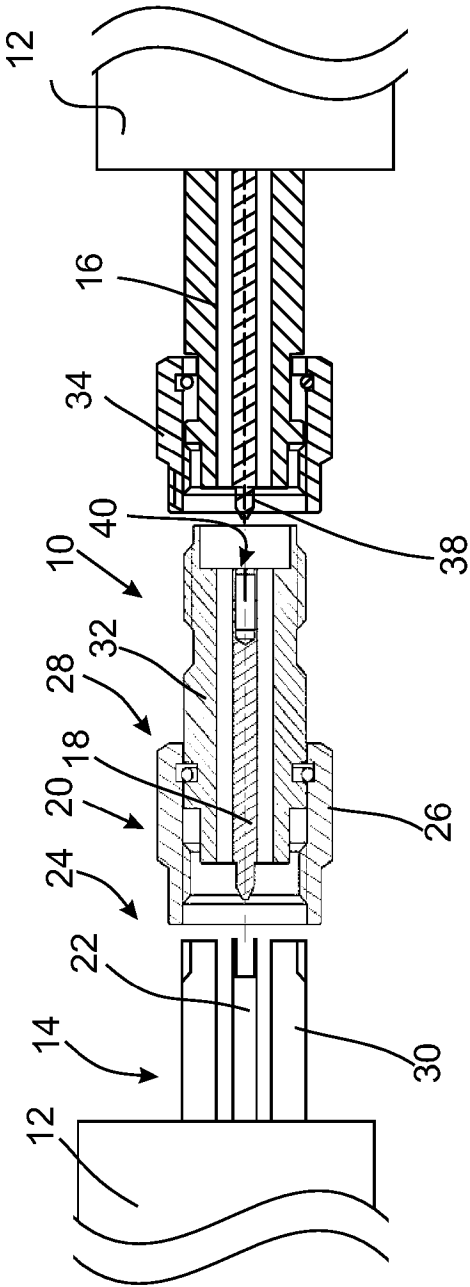


Fig. 1a

Stand der Technik

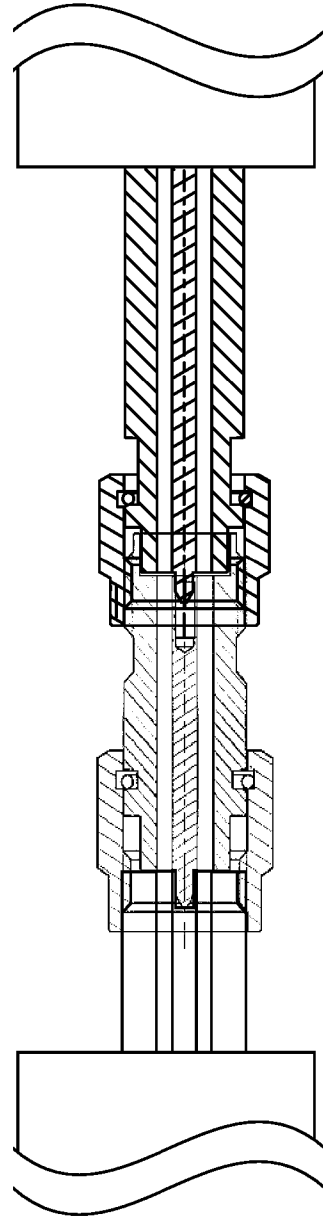


Fig. 1b Fig. 1

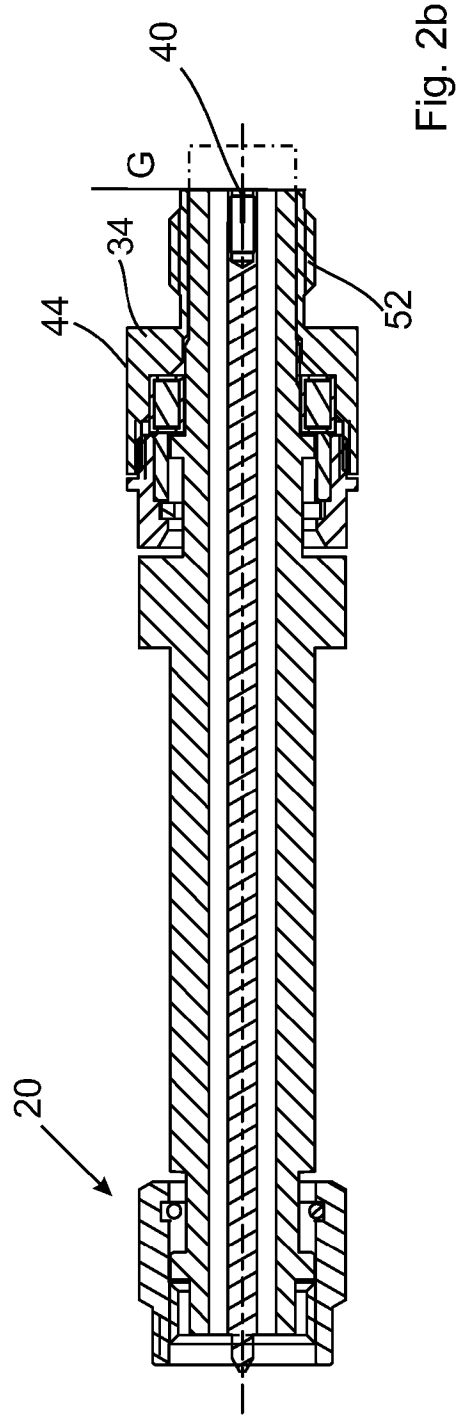
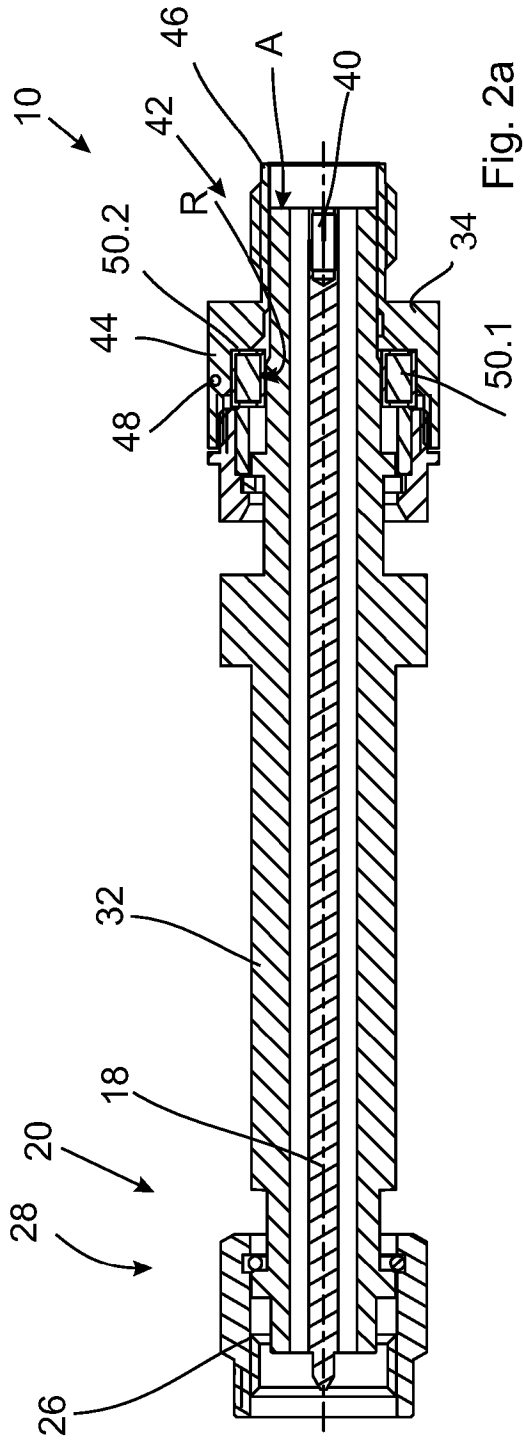


Fig. 2

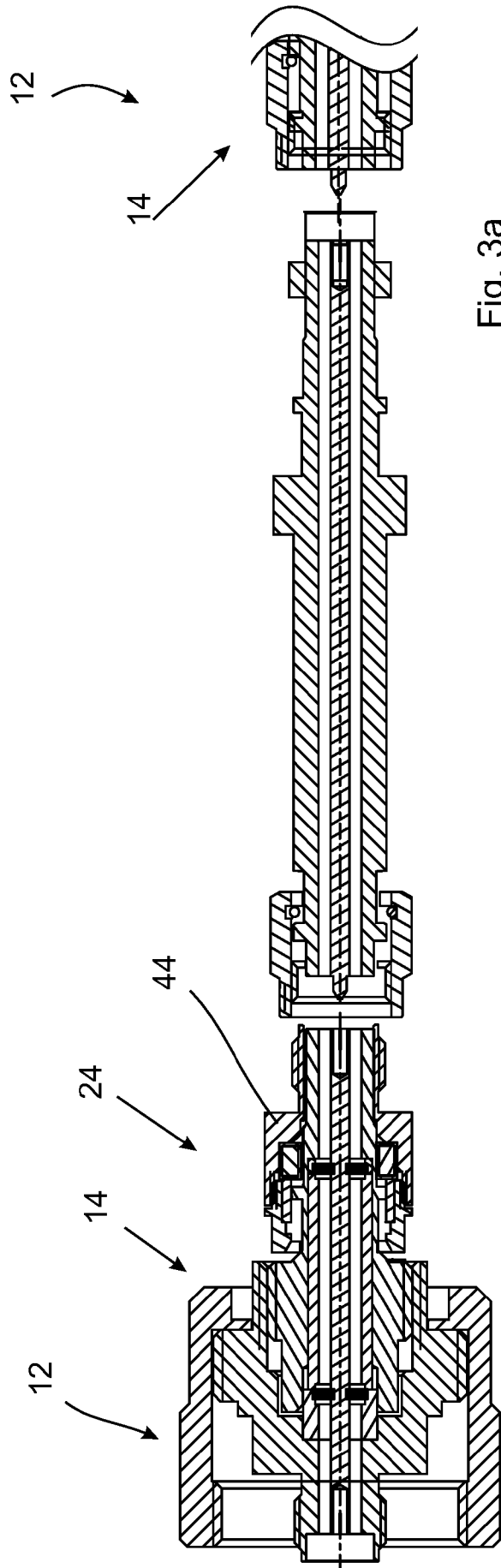


Fig. 3a

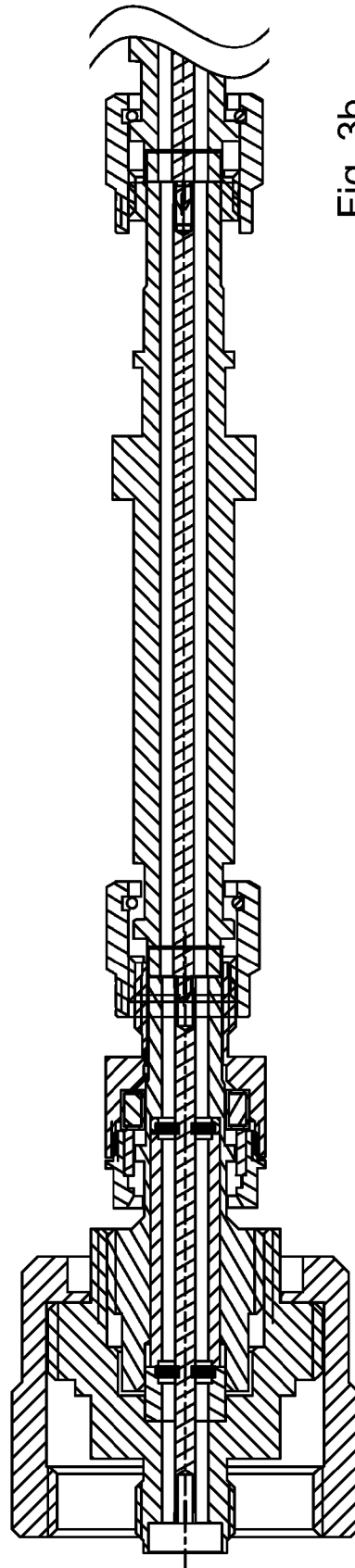


Fig. 3b

Fig. 3