



(10) **DE 10 2018 103 886 A1** 2019.08.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 103 886.0**
(22) Anmeldetag: **21.02.2018**
(43) Offenlegungstag: **22.08.2019**

(51) Int Cl.: **G01J 1/02 (2006.01)**
G01N 21/47 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch
das Bundesministerium für Wirtschaft und
Energie, dieses vertreten durch den Präsidenten
der Physikalischen Bundesanstalt, 38116
Braunschweig, DE**

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

(72) Erfinder:
Reinsch, Heiko, 38159 Vechelde, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	199 09 595	A1
US	7 075 636	B2
US	9 127 979	B2
US	2008 / 0 165 350	A1
US	3 874 799	A

Lipovsek, B. et al.: Detailed optical modelling and light-management of thin-film organic solar cells with consideration of small-area effects . In: Optics Express, 25, 20.02.2017, 4, A176-A190.

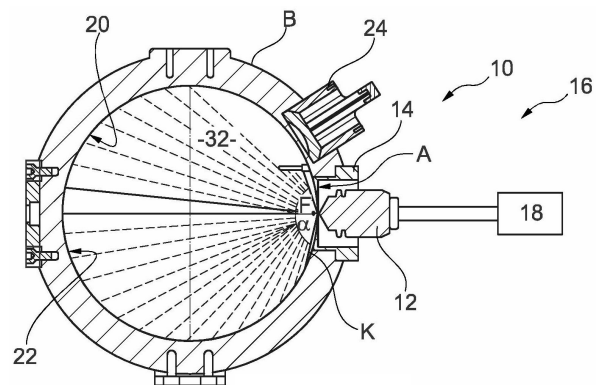
de.wikipedia.org: Ulbricht-Kugel,
Bearbeitungsstand vom 21.10.2017, [https://
de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ulbricht-
Kugel&oldid=170194875](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ulbricht-Kugel&oldid=170194875)

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Ulbricht-Kugel**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Ulbricht-Kugel (10) zum Messen eines Licht-Kennwerts einer Optik (12) mit (a) einer Aufnahme (14) für die Optik (12), (b) wobei die Aufnahme (14) eine Öffnung (26) hat. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass (c) die Aufnahme (14) in einer Umgebung der Öffnung (26) eine in radialer Richtung gemessene Dicke (d) hat, die so klein ist, dass alles Licht eines Lichtkegels, der aus einer divergent strahlenden Optik (12) austritt, auf eine Innenoberfläche (20) der Ulbricht-Kugel (10) auftrifft.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Ulbricht-Kugel zum Messen eines Licht-Kennwerts einer Optik, mit einer Aufnahme für die Optik, wobei die Aufnahme eine Öffnung hat.

[0002] Derartige Ulbricht-Kugeln werden verwendet, um beispielsweise die Transmission einer Optik in Form eines Fernrohrs oder eines Objektivs eines Mikroskops zu messen. Es ist wünschenswert, dass derartige Messungen eine besonders geringe Messunsicherheit haben und insbesondere eine möglichst geringe systematische Messabweichung besitzen.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, systematische Messabweichungen bei der Messung mit Ulbricht-Kugeln zu vermindern.

[0004] Die Erfindung löst das Problem mit einer Ulbricht-Kugel, bei der die Aufnahme in einer Umgebung der Erfindung eine in radialer Richtung gemessene Dicke hat, die so klein ist, dass alles Licht eines Lichtkegels, der aus einer divergent strahlenden Optik austritt, auf eine Innenoberfläche der Ulbricht-Kugel auftrifft. Vorzugsweise ist Dicke so gewählt, dass alles Licht eines Lichtkegels, der aus einer Optik, die einen Akzeptanzwinkel von mehr als 10° hat, insbesondere von mehr als 20° hat, austritt, auf die Innenoberfläche der Ulbricht-Kugel auftrifft.

[0005] Vorteilhaft an der Erfindung ist, dass systematische Messabweichungen vermieden werden, die bei Ulbricht-Kugeln nach dem Stand der Technik auftreten können. Es wurde nämlich beobachtet, dass bei bekannten Ulbricht-Kugeln systematische Messabweichungen auftreten, wenn eine Optik vermessen wird, deren Austrittskegel größer als 10° ist. Der Grund ist, dass die Optik dicht an der Ulbricht-Kugel positioniert werden muss, damit alles Licht aus der Optik in die Ulbricht-Kugel gelangt. Licht, was von der zu vermessenden Optik in den Innenraum der Ulbricht-Kugel abgegeben wird, wird dort diffus reflektiert. Ein Teil des diffus reflektierten Lichts kann bei bisherigen Ulbricht-Kugeln auf eine Frontseite des Objektivs fallen und wird dort reflektiert und nicht diffus gestreut. Die Auswertung der Messergebnisse bei einer Ulbricht-Kugel beruht jedoch auf der Annahme, dass Licht überall an der Innenoberfläche der Ulbricht-Kugel diffus gestreut wird. Es hat sich herausgestellt, dass Reflexionen an der Frontseite des Objektivs zu einem systematischen Messfehler von bis zu 6 % führen können.

[0006] Mit der erfindungsgemäßen Aufnahme kann einerseits die Optik, bei der es sich vorzugsweise um ein Objektiv handelt, so dicht an den Mittelpunkt der Ulbricht-Kugel herangeführt werden, dass die Form objektiv in den Innenraum der Ulbricht-Kugel aus den Lichtstrahlen auf die Innenoberfläche treffen.

[0007] Zudem kann die Öffnung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform so klein ausgebildet werden, dass möglicherweise von der Innenoberfläche der Ulbricht-Kugel in Richtung auf die Frontseite des Objektivs zulaufende Lichtstrahlen auf die Aufnahme treffen und somit für die Messung zur Verfügung stehen. Das vermindert, wie oben ausgeführt, die systematische Messabweichung.

[0008] Unter dem Licht-Kennwerts der Optik wird insbesondere ein Kennwert verstanden, der die Absorptionseigenschaft der Optik beschreibt. Vorzugsweise die ist der Licht-Kennwert die Transmission.

[0009] Vorzugsweise hat die Aufnahme in Richtung auf die Öffnung zu eine abnehmende radiale Dicke. Beispielsweise ist der Querschnitt bezüglich einer Ebene, die durch den Mittelpunkt der gedachten Ausgleichskugel durch die Innenoberfläche der Ulbricht-Kugel verläuft, einen keilförmiger Querschnitt. In anderen Worten läuft die Aufnahme in Richtung auf einen Mittelpunkt der Öffnung hin zu. Direkt am Rande der Öffnung ist die Dicke damit besonders klein. Auch Objektivs, die einen sehr großen Ausgangskegel von beispielsweise 80° haben, können so mittels der Ulbricht-Kugel vermessen werden. Dies ist ein unabhängiger Gegenstand der Erfindung. Erfindungsgemäß ist daher auch eine gattungsgemäße Ulbricht-Kugel, bei der die Aufnahme eine in Richtung auf die Öffnung zu eine abnehmende radiale Dicke hat. Die im Folgenden beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen beziehen sich auch auf diese Erfindung.

[0010] Vorzugsweise besitzt die Aufnahme eine Anlagefläche zum Anlegen des Leuchtmittels. Ein Abstand zwischen einer gedachten Vorderseiten-Ausgleichskugel durch die der Ulbricht-Kugel zugewandte Seite der Aufnahme und einer Ausgleichsebene durch die Anlagefläche beträgt vorzugsweise höchstens 2 mm, insbesondere höchstens 1 mm. Besonders günstig ist es, wenn der Ausgleichskreis die Ausgleichsebene schneidet. In diesem Fall kann die Optik, insbesondere das Objektiv, besonders weit auf das Zentrum der Ulbricht-Kugel zugeschoben werden.

[0011] Vorzugsweise hat die Ulbricht-Kugel einen Innenraum, der eine Innenraum-Krümmung aufweist, wobei die Aufnahme auf ihrer dem Innenraum zugewandten Seite einer Aufnahme-Krümmung hat, die der Innenraum-Krümmung entspricht. Unter dem Merkmal, dass die beiden Krümmungen einander entsprechen, wird insbesondere verstanden, dass es möglich, nicht aber notwendig ist, dass die beiden Krümmungen gleich sind. Insbesondere ist es möglich, dass die beiden Krümmungen eine relative Abweichung von höchstens 10 %, vorzugsweise höchstens 5 %, haben. Insbesondere unterscheidet sich der Radius der Vorderseiten-Ausgleichskugel vom

Radius einer Ausgleichkugel durch die dem Innenraum zugewandten Seite der Aufnahme um höchstens 10 %, vorzugsweise höchstens 5 %.

[0012] Günstig ist es, wenn die Aufnahme eine Blende, insbesondere eine Irisblende, aufweist, sodass die Größe der Öffnung, vorzugsweise stufenlos, verändert werden kann. Damit kann die Öffnung so angepasst werden, dass von der Frontseite der zu vermessenden Optik, insbesondere des zu vermessenden Objektivs, alle die Bereiche abgedeckt werden, die nicht zum Auskoppeln des Lichts aus dem Objektiv benötigt werden und die störende Reflexionen verursachen könnten.

[0013] Günstig ist es, wenn die Innenoberfläche der Ulbricht-Kugel mit einer streuenden Beschichtung aus einem beschichteten Stoff beschichtet ist und die Blende auf einer dem Innenraum der Ulbricht-Kugel zugewandten Seite mit dem gleichen Beschichtungsstoff beschichtet ist. Bei dem Beschichtungsstoff kann es sich beispielsweise um Bariumsulfat oder Gold handeln. Auf diese Weise wird die systematische Messabweichung weiter verringert.

[0014] Erfindungsgemäß ist zudem eine Ulbricht-Kugel-Anordnung mit einer Ulbricht-Kugel, einer Innenaufnahme und einem Objektiv, das mittels der Aufnahme befestigt ist und dessen Fokus innerhalb einer Ausgleichkugel durch die Innenoberfläche der Ulbricht-Kugel liegt. Die Ausgleichkugel ist eine gedachte Kugel, die die Innenoberfläche der Ulbricht-Kugel quadratfehleroptimal approximiert.

[0015] Vorzugsweise umfasst die Ulbricht-Kugel-Anordnung eine Lichtquelle zum Beleuchten eines Objektivs, sodass das Objektiv Licht in den Innenraum der Ulbricht-Kugel abgibt.

[0016] Günstig ist es, wenn das Objektiv einen Austrittskegel mit einem Scheitelwinkel von zumindest 45° , vorzugsweise zumindest 90° , hat. In diesem Fall führt die Erfindung zu einer besonders deutlichen Verringerung der systematischen Messabweichung. Der Scheitelwinkel ist der Winkel zwischen den Rändern des Lichtkegels. Er entspricht bei einem Mikroskop-Objektiv dem Akzeptanzwinkel. Es sei darauf hingewiesen, dass der Scheitelwinkel stets kleiner ist als 180° und in praktischen Fällen stets kleiner ist als 170° .

[0017] Vorzugsweise ist das Objektiv so in der Aufnahme befestigt, dass die Aufnahme eine nicht-transparente, insbesondere metallische, Fläche an der Frontseite des Objektivs zu zumindest 60%, insbesondere zumindest 80%, abdeckt. Diese Fläche an der Frontseite des Objektivs kann zu den oben beschriebenen unerwünschten Reflexionen führen.

[0018] Ein erfindungsgemäßes Verfahren wird unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Ulbricht-Kugel durchgeführt. Insbesondere umfasst das Verfahren den Schritt eines Positionierens der Optik mittels der Aufnahme relativ zur Ulbricht-Kugel, sodass der Fokus der Optik innerhalb der Ausgleichkugel durch die Innenoberfläche liegt.

[0019] Vorzugsweise wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Optik verwendet, deren Austrittskegel einen Scheitelwinkel von zumindest 10° , insbesondere von zumindest 30° , hat.

[0020] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1a einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Ulbricht-Kugel,

Fig. 1b eine perspektivische Ansicht der Aufnahme der Ulbricht-Kugel gemäß **Fig. 1a**,

Fig. 1c eine perspektivische Teil-Ansicht der Aufnahme gemäß **Fig. 1b**,

Fig. 2 eine Teil-Querschnittsansicht der Aufnahme und

Fig. 3 einen Teil-Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Ulbricht-Kugel gemäß einer zweiten Ausführungsform, die eine Blende aufweist.

[0021] **Fig. 1a** zeigt eine erfindungsgemäße Ulbricht-Kugel **10** zum Messen eines Licht-Kennwerts, insbesondere einer Transmission **T** einer Optik **12**, im vorliegenden Fall in Form eines Objektivs. Die Ulbricht-Kugel **10** besitzt eine Aufnahme **14**, die eine Anlagefläche **A** aufweist. An der Anlagefläche **A** liegt die Optik **12** an.

[0022] Die Ulbricht-Kugel **10**, die Aufnahme **14** und die Optik **12** sind Teil einer Ulbricht-Kugel-Anordnung **16**, die zudem eine Lichtquelle **18** aufweisen kann. Mit der Lichtquelle **18** werden Lichtstrahlen durch die Optik **12** geleitet, die in die Ulbricht-Kugel **10** gelangen. An einer Innenoberfläche **20** der Ulbricht-Kugel **10**, die eine Beschichtung, beispielweise aus Bariumsulfat, aufweist, wird das Licht diffus gestreut und gelangt so zum Teil in einen Detektor **24**.

[0023] **Fig. 2** zeigt einen Querschnitt durch die Aufnahme **14**. Es ist zu erkennen, dass eine radiale Dicke **d** auf eine Öffnung **26** der Aufnahme **14** hin beständig abnimmt. Dabei ist die radiale Dicke **d** am Rand der Öffnung **26** vorzugsweise kleiner als 2 mm. Insbesondere ist zu erkennen, dass die Aufnahme in Richtung auf die Öffnung zu wie im vorliegenden Fall, was eine bevorzugte Ausführungsform darstellt, im Bereich um die Öffnung **26** monoton abnimmt. Die Aufnahme **14** ist im Querschnitt, der in **Fig. 1b** gezeigt ist, im vorliegenden Fall keilförmig.

[0024] Die Vorderseite **28** der Aufnahme **14** kann durch eine Vorderseiten-Ausgleichskugel **30** approximiert werden. Zwischen dieser gedachten Vorderseiten-Ausgleichskugel **30** und einer Ausgleichsebene **E** existiert ein Abstand **a**, der vorzugsweise höchstens 2 mm beträgt. Der Abstand **a** ist dann positiv, wenn, wie in dem in **Fig. 1b** gezeigten Fall, die Vorderseiten-Ausgleichskugel **30** dichter an einem Mittelpunkt der Ulbricht-Kugel liegt als die Ausgleichsebene **E**. Es ist theoretisch denkbar, dass dieser Abstand null oder kleiner als null wird.

[0025] Dadurch, dass dieser Abstand **a** sehr klein ist, kann das Licht aus der Optik **12** vollständig in einen Innenraum **32** (vgl. **Fig. 1a**) der Ulbricht-Kugel **10** eintreten. Durch die geringe Dicke **d** der Aufnahme **14** am Rand der Öffnung **26** werden zudem unerwünschte Reflexionen vermeidbar.

[0026] **Fig. 2** zeigt, dass ein aus der Ulbricht-Kugel **10** in Richtung auf die Vorderseite **28** verlaufender Lichtstrahl **L** auf die Aufnahme **14** trifft und nicht auf eine Gehäusefläche **38** einer Frontseite **34** der Optik **12**. Dies ist bei Aufnahmen nach dem Stand der Technik anders und kann dazu führen, dass dieser Lichtstrahl direkt und nicht diffus reflektiert wird, was das Messergebnis verfälscht.

[0027] Die Vorderseiten-Ausgleichskugel **30** hat einen Radius R_{30} , der um einen möglichst geringen Betrag, vorzugsweise weniger als 5 %, von einem Radius R_B der Ausgleichskugel **B** durch die Innenoberfläche **20** der Ulbricht-Kugel **10** abweicht. Die Vorderseite **28** stellt sich damit in ihren physikalischen Eigenschaften weitgehend als Fortsetzung der Innenoberfläche **20** der Ulbricht-Kugel **10** dar.

[0028] **Fig. 3** zeigt einen Teil-Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Ulbricht-Kugel **10**, die eine Blende **40** aufweist, mittels der der offene Querschnitt und damit der Durchmesser der Öffnung **26** veränderbar ist. Die Blendenelemente sind auf ihrer dem Innenraum der Ulbricht-Kugel zugewandten Seite ebenfalls mit Bariumsulfat beschichtet.

[0029] Zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Optik **12** mit ihrer Frontseite **34** in Kontakt mit der Anlagefläche **A** gebracht. Danach wird die Lichtquelle **18** angeschaltet, sodass Licht in die Ulbricht-Kugel **10** eintritt. Mittels des Detektors **24** wird die Lichtintensität gemessen. Danach wird die Optik **12** entfernt und mit dem Detektor **24** erneut die Lichtintensität gemessen. Aus dem Verhältnis der beiden Messwerte ergibt sich die Transmission **T** der Optik **12**.

[0030] **Fig. 1b** zeigt, dass die Optik **12** eine schematisch eingezeichnete Linse **36** hat, die einen Teil der Vorderseite bildet. Die restliche Fläche, die als Gehäusefläche **38** bezeichnet werden kann, und die zu-

sammen mit der nach vorne weisenden Fläche der Linse **36** die Vorderseite **28** der Optik **12** bildet, wird fast vollständig von der Aufnahme **14** zum Innenraum **32** hin abgedeckt. Der aus dem Innenraum **32** auf die Gehäusefläche **38** zu gestreuter Lichtstrahl **L** trifft damit auf die Vorderseite **28** der Aufnahme **14** und nicht auf die Gehäusefläche **38**. Es kann daher nicht zu unerwünschten Reflexionen kommen.

[0031] **Fig. 1b** zeigt eine perspektivische Ansicht der Aufnahme **14**. Die Aufnahme **14** ist vorliegenden Fall aus Polytetrafluorethylen (Teflon) gefertigt.

[0032] **Fig. 1c** zeigt eine weitere perspektivische Ansicht.

Bezugszeichenliste

10	Ulbricht-Kugel
12	Optik
14	Aufnahme
16	Ulbricht-Kugel-Anordnung
18	Lichtquelle
20	Innenoberfläche
22	Beschichtung
24	Detektor
26	Öffnung
28	Vorderseite
30	Vorderseiten-Ausgleichskugel
32	Innenraum
34	Frontseite
36	Linse
38	Gehäusefläche
40	Blende
A	Anlagefläche
B	Ausgleichskugel
d	Dicke
E	Ausgleichsebene
F	Fokus
K	Austrittskegel
M	Mittelpunkt
R	Radius
T	Transmission
a	Abstand
d	radiale Dicke
α	Scheitelwinkel

Patentansprüche

1. Ulbricht-Kugel (10) zum Messen eines Licht-Kennwerts einer Optik (12), mit

- (a) einer Aufnahme (14) für die Optik (12),
- (b) wobei die Aufnahme (14) eine Öffnung (26) hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- (c) die Aufnahme (14) in einer Umgebung der Öffnung (26) eine in radialer Richtung gemessene Dicke (d) hat, die so klein ist, dass alles Licht eines Lichtkegels, der aus einer divergent strahlenden Optik (12) austritt, auf eine Innenoberfläche (20) der Ulbricht-Kugel (10) auftrifft.

2. Ulbricht-Kugel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahme (14) in Richtung auf die Öffnung (26) zu eine abnehmende radiale Dicke hat.

3. Ulbricht-Kugel nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- (a) die Aufnahme (14) eine Anlagefläche zum Anlegen des Leuchtmittels hat und
- (b) ein Abstand (a) zwischen einer Vorderseiten-Ausgleichskugel (30) durch die der Ulbricht-Kugel (10) zugewandten Vorderseite (28) der Aufnahme (14) und einer Ausgleichsebene (E) durch die Anlagefläche (A) höchstens zwei Millimeter, insbesondere höchstens einen Millimeter, beträgt.

4. Ulbricht-Kugel nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- (a) die Ulbricht-Kugel (10) einen Innenraum (32) hat, der eine Innenraum-Krümmung aufweist und dass
- (b) die Aufnahme (14) auf ihrer dem Innenraum (32) zugewandten Seite eine Aufnahme-Krümmung hat, der der Innenraum-Krümmung entspricht.

5. Ulbricht-Kugel nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahme (14) eine Blende (40), insbesondere eine Irisblende, aufweist.

6. Ulbricht-Kugel nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- (a) eine Innenoberfläche (20) der Ulbricht-Kugel (10) mit einer streuenden Beschichtung aus einem Beschichtungsstoff beschichtet ist und
- (b) die Blende (40) eine dem Innenraum (32) der Ulbricht-Kugel (10) zugewandte Seite hat, die mit dem gleichen Beschichtungsstoff beschichtet ist.

7. Ulbricht-Kugelanordnung (16) mit

- (a) einer Ulbricht-Kugel (10), die eine Innenoberfläche (20) hat,
- (b) einer Aufnahme (14),
- (c) einer Optik (12), die
 - mittels der Aufnahme (14) befestigt ist und
 - deren Fokus (F) innerhalb einer Ausgleichskugel (B) durch die Innenoberfläche (20) liegt.

8. Ulbricht-Kugelanordnung (16) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Optik (12), insbesondere in Form eines Objektivs, einen Austritts-kegel (K) mit einem Scheitelwinkel (α) von zumindest 45° hat.

9. Kugelanordnung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Optik (12) so an der Aufnahme (14) befestigt ist, dass die Aufnahme (14) eine nicht-transparente, insbesondere metallische, Gehäusefläche (38) an einer Frontseite (34) des Objektivs (12) zu zumindest 80% abdeckt.

10. Verfahren zum Messen einer Transmission (T) einer Optik (12), **dadurch gekennzeichnet**, dass

- (a) eine Ulbricht-Kugel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder eine Ulbricht-Kugelanordnung (16) nach einem der Ansprüche 7 bis 9 verwendet wird und
- (b) eine Optik (12) vermessen wird, die einen Austrittskegel (K) und einen Scheitelwinkel (α) von zumindest 10° , insbesondere zumindest 30° , hat.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

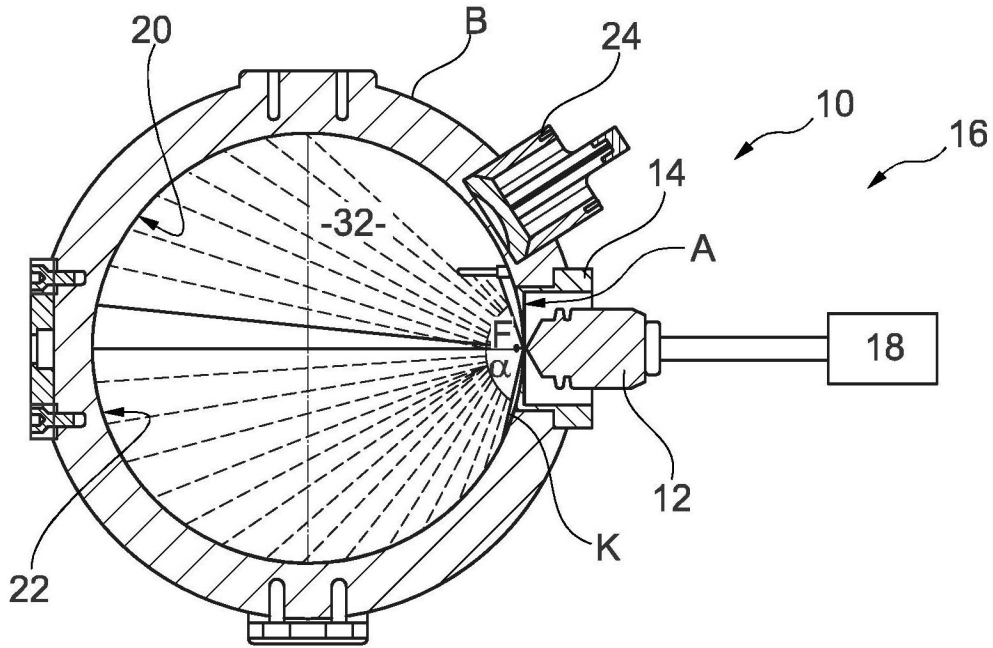


Fig. 1a

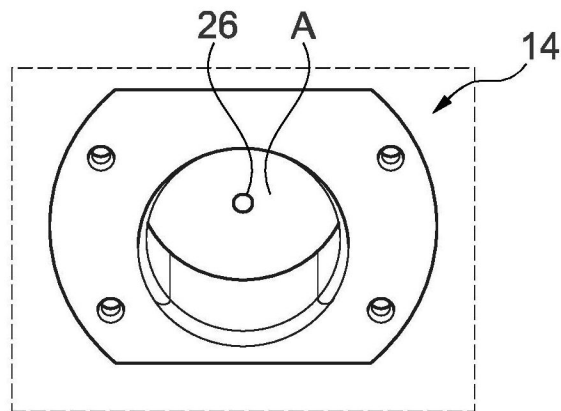


Fig. 1b

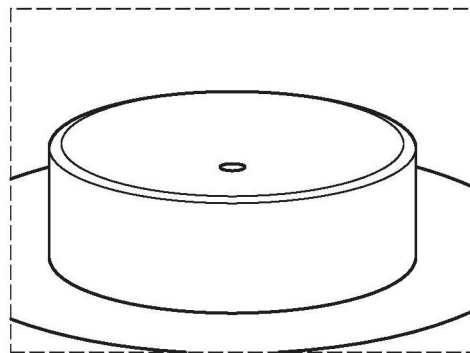


Fig. 1c

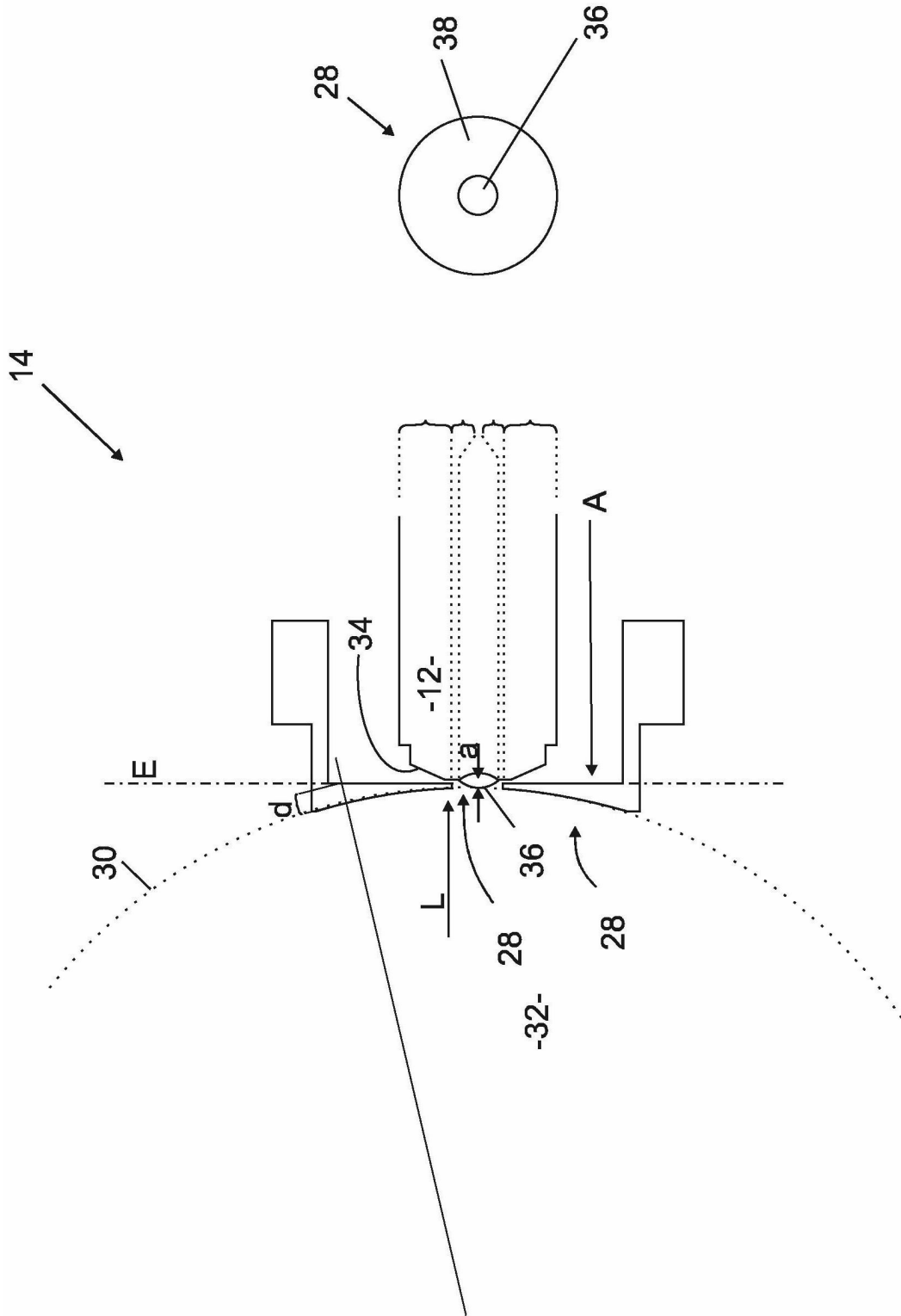


Fig. 2

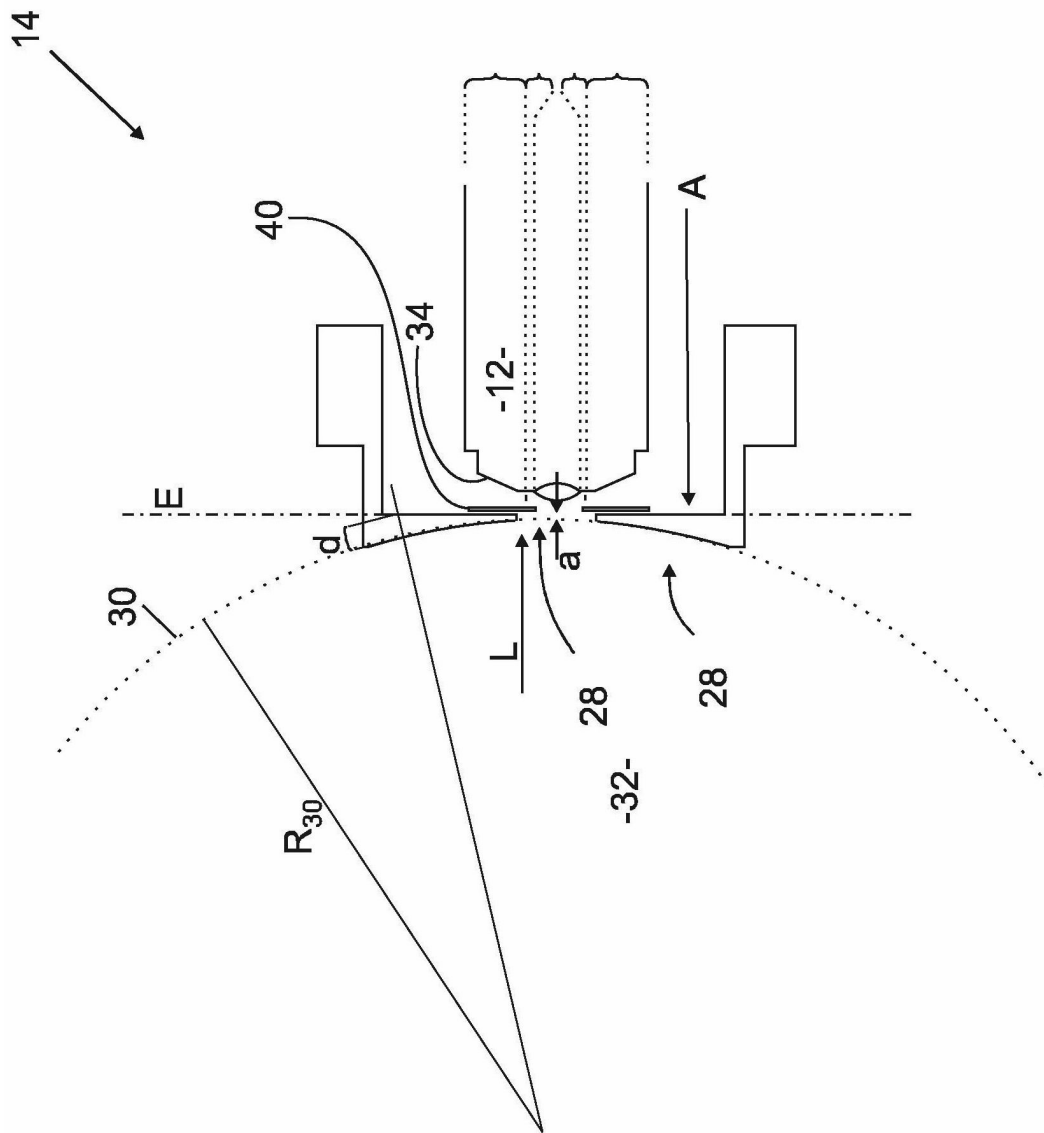


Fig. 3