



(10) **DE 10 2015 000 064 B3** 2016.03.31

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 000 064.0**
(22) Anmeldetag: **12.01.2015**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **31.03.2016**

(51) Int Cl.: **G01F 1/28 (2006.01)**
G01F 1/66 (2006.01)
G01F 1/704 (2006.01)
G01P 5/02 (2006.01)
G01P 5/04 (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:
**Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 26129
Oldenburg, DE**

(74) Vertreter:
ZACCO Dr. Peters und Partner, 28195 Bremen, DE

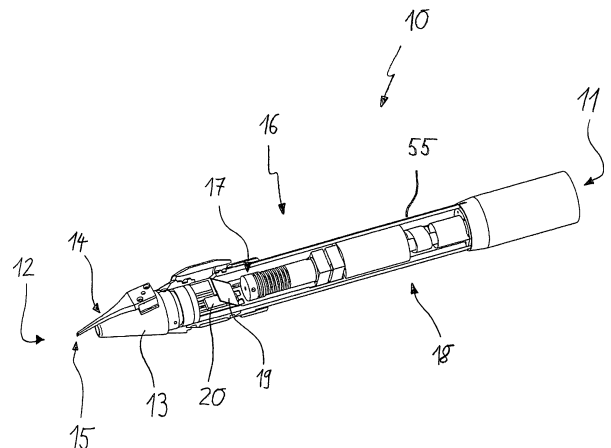
(72) Erfinder:
**Peinke, Joachim, Prof. Dr., 26125 Oldenburg, DE;
Hölling, Michael, Dr., 26129 Oldenburg, DE; Barth,
Stephan, Dr., 26123 Oldenburg, DE; Puczylowski,
Jaroslaw, 26122 Oldenburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 58 378	C2
DE	41 30 197	A1
DE	44 25 434	A1
DE	44 43 665	A1
DE	103 39 906	A1
DE	10 2004 013 024	A1
DE	10 2009 012 953	A1
DE	10 2010 016 837	A1
DE	603 06 320	T2
DE	697 21 000	T2
FR	2 764 066	A1
US	2014 / 0 260 596	A1
WO	2014/ 132 138	A2

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Bestimmen mindestens eines Parameters einer Strömung eines Fluids und deren Verwendung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10) zum Bestimmen mindestens eines Parameters einer Strömung eines Fluids mit einem elastisch deformierbaren Ausleger (23, 28, 33, 42, 47), der mindestens eine Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) für das Fluid hat, und mit einer Messeinrichtung (16) zum Messen der Deformation des Auslegers (23, 28, 33, 42, 47). Um den mindestens einen zu bestimmenden Parameter der Fluidströmung mit einer höheren Auflösung, insbesondere einer höheren Winkelauflösung, bestimmen zu können, ist die Vorrichtung (10) dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Abschnitt der Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) schräg und/oder gekrümmt zu einer Hauptanströmrichtung (25) des Fluids ausgerichtet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bestimmen mindestens eines Parameters einer Strömung eines Fluids mit einem elastisch deformierbaren Ausleger, der mindestens eine Anströmfläche für das Fluid hat, und mit einer Messeinrichtung zum Messen der Deformation des Auslegers, wobei mindestens ein Abschnitt der Anströmfläche schräg und/oder gekrümmt zu einer Hauptanströmrichtung des Fluids ausgerichtet ist, der Ausleger an einem freien Ende eine Anströmstruktur aufweist, und die Anströmstruktur die mindestens eine Anströmfläche für das Fluid hat. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bestimmen mindestens eines Parameters einer Strömung eines Fluids, insbesondere mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei dem ein elastisch deformierbarer Ausleger mit mindestens einer Anströmfläche für das Fluid in eine Strömung eingebracht wird, und bei dem mit einer Messeinrichtung die Deformation des Auslegers aufgrund der auf die Anströmfläche einwirkenden Kräfte der Strömung gemessen wird, wobei mindestens ein Abschnitt der Anströmfläche schräg und/oder gekrümmt zu einer Hauptanströmrichtung des Fluids ausgerichtet wird, der Ausleger an einem freien Ende eine Anströmstruktur aufweist, und die Anströmstruktur die mindestens eine Anströmfläche für das Fluid hat.

[0002] Eine derartige Vorrichtung und ein derartiges Verfahren sind aus der FR 2 764 066 A1 bekannt.

[0003] Des Weiteren sind eine Vorrichtung und ein Verfahren ohne eine Schräge und/oder gekrümmte Ausrichtung eines Abschnittes der Anströmfläche zur Hauptanströmrichtung des Fluids aus dem wissenschaftlichen Artikel „New anemometer for offshore use“, J. Puczyłowski, J. Peinke und M. Hölling, Journal of Physics: Conference Series 318 (2011) 072015, bekannt.

[0004] Mittels einer entsprechenden Vorrichtung lassen sich Parameter einer Fluidströmung, insbesondere eine Geschwindigkeit und/oder eine Strömungsrichtung eines Fluids, bestimmen. Hierzu kann der Ausleger einer Strömung ausgesetzt werden, wobei durch das sich bewegende Fluid eine Kraft auf den Ausleger wirkt. Diese Kraft führt zu einer Deformation, insbesondere einer Verbiegung und/oder Torsion, des Auslegers. Die gewünschte Information, insbesondere über die Geschwindigkeit und/oder einen Angriffswinkel, des Fluids sind in der Deformation enthalten. Diese Information kann mittels verschiedener, bereits verfügbarer Methoden ermittelt werden. Vorzugsweise wird das sogenannte Laserzeiger-Prinzip, insbesondere aus der Rasterkraftmikroskopie bekannt, eingesetzt.

[0005] Nachteilig bei der bekannten Vorrichtung ist, dass die Winkelauflösung beschränkt ist. Daher ist es

eine der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe, eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass der mindestens eine zu bestimmende Parameter der Fluidströmung mit einer höheren Auflösung, insbesondere einer höheren Winkelauflösung, bestimmbar ist.

[0006] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird mittels einer Vorrichtung bzw. einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei der bzw. bei dem, der Ausleger auf einer von der Anströmstruktur abgewandten Seite eine Reflektionsfläche und die Messeinrichtung einen Laser aufweist, wobei eine Strahlachse des Lasers auf die Reflektionsfläche des Auslegers gerichtet ist bzw. wird.

[0007] Hierbei ist von Vorteil, dass aufgrund der schrägen und/oder gekrümmten Anordnung mindestens eines Abschnittes der Anströmfläche zu einer Hauptanströmrichtung des Fluids eine höhere Winkelauflösung in Bezug auf den mindestens einen zu bestimmenden Parameter der Fluidströmung erreichbar ist. Insbesondere lässt sich eine Geschwindigkeit und/oder eine Strömungsrichtung eines Fluids mit einer höheren Winkelauflösung bestimmen. Somit kann eine zur Hauptanströmrichtung des Fluids vorhandene Querkomponente bzw. transversale Komponente der Strömung besser erfasst und aufgelöst werden.

[0008] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann die Hauptanströmrichtung des Fluids als eine mittlere und/oder durchschnittliche Strömungsrichtung des Fluids vorgegeben sein. Insbesondere ist der Hauptanströmrichtung des Fluids ein Anströmwinkel von 0° zugeordnet. Die zu bestimmenden Strömungsrichtungen und/oder Anströmwinkel des Fluids können in einem Winkelbereich von -45° bis $+45^\circ$, besonders bevorzugt von -90° bis $+90^\circ$, in Bezug zum Anströmwinkel, insbesondere um den Anströmwinkel von 0° und/oder der Hauptanströmrichtung des Fluids verteilt sein. Vorzugsweise sind die zu bestimmenden Strömungsrichtungen und/oder Anströmwinkel des Fluids gleichmäßig, spiegelsymmetrisch und/oder gleichartig um die Hauptanströmrichtung des Fluids verteilt.

[0009] Nach einer weiteren Ausführungsform ist eine Ebene und/oder eine Tangente einer Krümmung der Anströmfläche schräg zu der Hauptanströmrichtung des Fluids ausgerichtet. Insbesondere ist eine Mehrzahl von Tangenten einer Krümmung der Anströmfläche schräg zu der Hauptanströmrichtung des Fluids ausgerichtet. Aufgrund der schrägen Anordnung einer Ebene der Anströmfläche und/oder mindestens einer Tangente einer Krümmung der Anströmfläche zu der Hauptanströmrichtung ist ein verbessertes Ansprechverhalten des Auslegers realisierbar. Vorzugsweise ergibt sich ein verbessertes Ansprechverhalten hinsichtlich einer Querkomponente und/oder ei-

ner transversalen Komponente der Strömung des Fluids quer, insbesondere rechtwinklig, zur Hauptanströmrichtung des Fluids. Vorzugsweise ist mittels der schrägen und/oder gekrümmten Ausrichtung der Anströmfläche zu der Hauptanströmrichtung eine stärkere Torsion des Auslegers erreichbar. Die Ebene und/oder die Tangente der Krümmung der Anströmfläche kann schräg zu einer Längsachse der Vorrichtung ausgerichtet sein. Vorzugsweise ist unter einer schrägen Ausrichtung mindestens eines Abschnittes der Anströmfläche im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine Ausrichtung einer Ebene und/oder einer Tangente einer Krümmung der Anströmfläche in Bezug zu der Hauptanströmrichtung mit einem Winkel von weniger als 90° , insbesondere im Bereich von 40° bis 50° , besonders bevorzugt von 45° , zu verstehen.

[0010] Gemäß einer Weiterbildung weist die Messeinrichtung einen Laser auf. Eine Ebene und/oder eine Tangente einer Krümmung der Anströmfläche kann schräg zu einem Strahl bzw. einer Strahlachse des Lasers ausgerichtet sein. Die Messeinrichtung kann eine Reflektionsfläche für den Laser aufweisen. Insbesondere ist eine Ebene der Reflektionsfläche zum Reflektieren des Laserstrahls schräg zu der Strahlachse des Lasers ausgerichtet. Vorzugsweise ist die Strahlachse des Lasers auf die Reflektionsfläche des Auslegers gerichtet. Die Strahlachse des Lasers kann quer und/oder in einem rechten Winkel zur Ebene der Reflektionsfläche, insbesondere in einem unbelasteten Zustand des Auslegers, auftreffen. Vorzugsweise wirkt in einem unbelasteten Zustand des Auslegers keine Kraft einer Strömung des Fluids auf den Ausleger ein. Insbesondere ist die Reflektionsfläche auf einer von der Anströmfläche abgewandten Seite des Auslegers angeordnet. Vorzugsweise ist die Reflektionsfläche in einem Bereich eines freien Endes des Auslegers angeordnet. Insbesondere weist die Reflektionsfläche ein den Strahl des Lasers reflektierendes Material auf. Beispielsweise kann die Reflektionsfläche aus Aluminium gebildet sein.

[0011] Der mindestens eine Abschnitt der Anströmfläche, eine Ebene der mindestens einen Anströmfläche und/oder eine Tangente einer Krümmung der mindestens einen Anströmfläche kann mit einem Winkel im Bereich von 35° bis 55° , insbesondere in einem Bereich von 40° bis 50° , vorzugsweise mit einem Winkel von 45° , schräg zur Hauptanströmrichtung des Fluids ausgerichtet sein. Alternativ oder zusätzlich kann eine entsprechende Ausrichtung schräg zu einer Längsachse der Vorrichtung und/oder schräg zu einer Strahlachse eines Lasers der Messeinrichtung ausgerichtet sein.

[0012] Nach einer weiteren Ausführungsform ist der Ausleger einer Tragstruktur zugeordnet. Der Ausleger kann an der Tragstruktur und/oder einem an der Tragstruktur angeordneten Sensorelement befestigt

sein. Vorzugsweise bilden der Ausleger und die Tragstruktur ein Sensorelement. Das Sensorelement, der Ausleger und/oder die Tragstruktur können aus Silizium oder Edelstahl hergestellt sein. Vorzugsweise ist der Ausleger stabartig und/oder plattenartig ausgebildet. Insbesondere ist die Anströmfläche des Auslegers rechteckig ausgebildet. Der Ausleger kann mit einem ersten Ende an der Tragstruktur befestigt sein. Ausgehend von der Tragstruktur kann sich der Ausleger von der Tragstruktur weg erstrecken. Insbesondere hat der Ausleger ein von der Tragstruktur abgewandtes freies Ende. Der Ausleger kann eine Länge von bis zu 2 mm, insbesondere eine Länge im Bereich von $100\ \mu\text{m}$ bis $250\ \mu\text{m}$ aufweisen. Vorzugsweise hat der Ausleger eine Breite von bis zu 0,5 mm, insbesondere eine Breite im Bereich von $20\ \mu\text{m}$ bis $60\ \mu\text{m}$. Besonders bevorzugt hat der Ausleger eine Dicke von bis zu $30\ \mu\text{m}$, insbesondere eine Dicke im Bereich von $1\ \mu\text{m}$ bis $3\ \mu\text{m}$. Mittels des Auslegers können eine horizontale und/oder eine transversale Geschwindigkeits- und/oder Anströmwinkelkomponente bestimmt werden. Insbesondere ist eine räumliche Auflösung im Bereich von 1 mm und/oder eine zeitliche Auflösung im Bereich von 1 kHz und/oder höher realisierbar. Insbesondere sind Geschwindigkeitskomponenten und/oder Winkelkomponenten auf Größenskalen unter 1 mm und/oder im Frequenzbereich von über 50 kHz bestimmbar.

[0013] Gemäß einer Weiterbildung weist der Ausleger an einem freien Ende eine Anströmstruktur auf. Vorzugsweise hat der Ausleger und/oder die Anströmstruktur ein fluiddynamisches Profil. Hierdurch kann das Ansprechverhalten des Auslegers bezüglich einer Deformation, insbesondere einer Verbiegung und/oder Torsion, verbessert werden. Insbesondere ist das fluiddynamische Profil zum Realisieren eines dynamischen Auftriebes beim Umströmtwerden mittels des Fluids ausgebildet. Hierdurch kann auf einer von der Anströmfläche abgewandten Seite des Auslegers und/oder der Anströmstruktur eine Saugwirkung erreicht werden. Im Bereich der Anströmfläche kann eine Druckwirkung erreicht werden. Somit kann eine größere Kraft auf den Ausleger zum Deformieren des Auslegers wirken.

[0014] Vorzugsweise hat die Anströmstruktur die mindestens eine Anströmfläche für das Fluid. Insbesondere kann der Ausleger eine erste Anströmfläche und die Anströmstruktur mindestens eine weitere Anströmfläche aufweisen. Die Anströmstruktur kann eine Mehrzahl von weiteren Anströmflächen, insbesondere zwei, drei, vier oder mehr weitere Anströmflächen, aufweisen. Vorzugsweise erstreckt sich die mindestens eine weitere Anströmfläche, ausgehend von der ersten Anströmfläche, weg. Insbesondere ist ein Abschnitt und/oder eine Ebene der ersten Anströmfläche des Auslegers schräg oder rechtwinklig zu einem Abschnitt, einer Ebene und/oder einer Tangente einer Krümmung der mindestens einen weite-

ren Anströmfläche der Anströmstruktur ausgerichtet. Hierdurch kann das Ansprechverhalten des Auslegers bezüglich einer Torsion des Auslegers aufgrund einer auf die erste Anströmfläche und/oder die mindestens eine weitere Anströmfläche wirkende Kraft der Strömung des Fluids verbessert werden.

[0015] Die Anströmstruktur kann aus einem Fotolack, vorzugsweise SU-8, hergestellt sein. Die Anströmstruktur kann eine Höhe von bis zu 0,5 mm, insbesondere eine Höhe im Bereich von 20 µm bis 60 µm, aufweisen. Vorzugsweise hat die Anströmstruktur eine Länge von bis zu 0,5 mm, insbesondere eine Länge im Bereich von 20 µm bis 60 µm. Besonders bevorzugt hat die Anströmstruktur eine Dicke von bis zu 50 µm, insbesondere eine Dicke im Bereich von 6 µm bis 12 µm.

[0016] Nach einer weiteren Ausführungsform ist die Anströmstruktur im Wesentlichen V-förmig ausgebildet. Hierbei kann die Anströmstruktur wahlweise zwei Schenkel aufweisen oder als eine keilartige Struktur ausgebildet sein. Vorzugsweise hat der Ausleger eine erste Anströmfläche und die V-förmige Anströmstruktur erstreckt sich, ausgehend von der ersten Anströmfläche, weg. Insbesondere ist die Anströmstruktur der Hauptanströmrichtung des Fluids zugewandt. Vorzugsweise ist ein Abschnitt der Anströmfläche, eine erste Anströmfläche und/oder mindestens eine weitere Anströmfläche der Hauptanströmrichtung des Fluids zugewandt. Die V-förmige Anströmstruktur kann sich trichterartig in Richtung von der ersten Anströmrichtung weg öffnen. Alternativ kann die V-förmige Anströmstruktur eine Rampe, einen Keil, eine rampenartige und/oder keilartige von der ersten Anströmfläche weg gerichtete Spitze oder Nadel bilden.

[0017] Gemäß einer Weiterbildung weist die Messeinrichtung eine Strahlteiler-Platte und/oder eine Strahlteiler-Membran auf. Vorzugsweise ist ein entsprechender Strahlteiler in einem Strahlengang für einen Strahl eines Lasers angeordnet. Insbesondere dient ein derartiger Strahlteiler zum Ablenken und/oder Umlenken eines an der Reflektionsfläche reflektierten Strahls in Richtung eines Detektors. Vorzugsweise hat die Messeinrichtung einen, insbesondere zweidimensionalen, positionsempfindlichen Detektor zum Detektieren einer Position eines von dem Ausleger und/oder der Reflektionsfläche reflektierten Strahls des Lasers. Vorzugsweise ist der Strahlteiler als ein Pellicle-Strahlteiler ausgebildet. Mittels eines derartigen Strahlteilers lässt sich das sogenannte Ghosting vermeiden. Beim Ghosting entstehen unerwünschte Mehrfach-Reflexionen. Der positionsempfindliche Detektor bzw. positionssensitive Detektor (PSD) ermöglicht die Bestimmung des Auftreffpunktes des reflektierten Strahls auf einer zweidimensionalen Messfläche des Detektors. Aufgrund der Lage des Auftreffpunktes auf den Detektor lässt sich auf die Torsion und/oder Verbiegung des Auslegers

schließen. Über diese Informationen kann auf die Geschwindigkeit, die Strömungsrichtung und/oder den Anströmwinkel des Fluids geschlossen werden.

[0018] Nach einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich die Deformation des Auslegers aufgrund einer Verbiegung und/oder Torsion des Auslegers aufgrund der auf die mindestens eine Anströmfläche einwirkenden Kräfte der Strömung des Fluids. Hierbei kann die Geschwindigkeit als eine Funktion der Verbiegung und/oder die Strömungsrichtung, insbesondere ein Anströmwinkel, als eine Funktion der Torsion des Auslegers ausgewertet werden. Vorzugsweise wird hierbei ein Winkelbereich von +45° bis -45°, insbesondere von +90° bis -90°, in Bezug zur Hauptanströmrichtung des Fluids abgedeckt.

[0019] Von besonderem Vorteil ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung und/oder ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Bestimmen mindestens eines Parameters einer Strömung eines Fluids, insbesondere einer Geschwindigkeit und/oder einer Strömungsrichtung des Fluids. Vorzugsweise ist eine longitudinale und/oder eine transversale Geschwindigkeitskomponente bestimmbar. Hierbei kann die longitudinale Geschwindigkeitskomponente parallel zur Hauptanströmrichtung des Fluids ausgerichtet sein und/oder einer Geschwindigkeitskomponente in Hauptanströmrichtung entsprechen. Die transversale Geschwindigkeitskomponente kann quer, insbesondere rechtwinklig, zur longitudinalen Geschwindigkeitskomponente und/oder zur Hauptanströmrichtung ausgerichtet sein. Insbesondere ist eine zweidimensionale Messung des mindestens einen zu bestimmenden Parameters ermöglicht. Das Fluid kann ein Gas oder eine Flüssigkeit sein. Insbesondere ist das Fluid Luft, Wasser oder ein Luft-Wasser-Gemisch. Insbesondere ist die Vorrichtung als ein Cantilever-Anemometer, vorzugsweise als ein zweidimensionales Laser-Cantilever-Anemometer (2d-LCA), ausgebildet. Die erfindungsgemäße Vorrichtung und/oder das erfindungsgemäße Verfahren kann in der Forschung, der Luft- und/oder Raumfahrt, der Windenergie, der Medizin und/oder im Zusammenhang mit Misch- und/oder Verbrennungsprozessen verwendet werden.

[0020] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0021] Fig. 1 eine schematische perspektivische Teilansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0022] Fig. 2 eine schematische Seitenansicht eines Sensorelementes für eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß Fig. 1,

[0023] Fig. 3 eine schematische perspektivische Seitenansicht einer ersten Ausführungsform eines Auslegers für eine erfindungsgemäße Vorrichtung,

[0024] Fig. 4 eine schematische perspektivische Seitenansicht einer zweiten Ausführungsform eines Auslegers für eine erfindungsgemäße Vorrichtung,

[0025] Fig. 5 eine schematische perspektivische Seitenansicht einer dritten Ausführungsform eines Auslegers für eine erfindungsgemäße Vorrichtung,

[0026] Fig. 6 eine schematische perspektivische Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform eines Auslegers für eine erfindungsgemäße Vorrichtung, und

[0027] Fig. 7 eine schematische Draufsicht auf einen Strahlengang einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0028] Fig. 1 zeigt eine schematische perspektivische Teilansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **10**. Gemäß dieser Teilansicht ist ein Gehäuse **55** der Vorrichtung **10** teilweise geöffnet bzw. entfernt, so dass ein Innenaufbau der Vorrichtung **10**, der üblicherweise von dem hier nicht geschlossen dargestellten Gehäuse **55** umgeben ist, erkennbar ist.

[0029] Die Vorrichtung **10** weist bei diesem Ausführungsbeispiel eine im Wesentlichen längliche bzw. langgestreckte, insbesondere stiftartige, Gestalt auf. Die Vorrichtung **10** hat ein hinteres Ende **11** und ein vorderes Ende **12**. Das vordere Ende **12** weist eine konische Gehäusespitze **13** auf. Die konische Gehäusespitze **13** hat einen sich in Richtung des hinteren Endes **11** öffnenden Winkel, der bei diesem Ausführungsbeispiel etwa 24° beträgt. Die Gehäusespitze **13** weist eine am Außenumfang befestigte stabartige Tragstruktur **14** auf, die über das in Richtung des vorderen Endes **12** zulaufende Ende der Gehäusespitze **13** übersteht. An einem freien Ende der Tragstruktur **14**, das in eine Richtung von dem hinteren Ende **11** abgewandt über die Gehäusespitze **13** hinaus steht, ist ein Sensorelement **15** angeordnet. Das Sensorelement **15** hat einen hier nicht näher erkennbaren elastisch deformierbaren Ausleger, der im Zusammenhang mit den nachfolgenden Figuren noch näher gezeigt und erläutert wird

[0030] Zwischen einem von der Tragstruktur **14** bzw. dem Sensorelement **15** abgewandten Ende der Gehäusespitze **13** und dem hinteren Ende **11** ist eine Messeinrichtung **16** zum Messen der Deformation des Auslegers des Sensorelementes **15** angeordnet. Die Messeinrichtung **16** weist einen Laser **17** auf, der bei diesem Ausführungsbeispiel in einem mittleren Bereich der Vorrichtung **10** angeordnet ist. Hier ist der Laser **17** beispielhaft als eine Laserdiode des Typs ADL-63054TA2 mit einer Wellenlänge von 630 nm und einer Leistung von 5 mW.

[0031] Zwischen dem hinteren Ende **11** der Vorrichtung **10** und dem Laser **17** ist eine Positionierungseinrichtung **18** zum Positionieren bzw. Justieren des

Lasers **17** angeordnet. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Laser **17** mittels der Positionierungseinrichtung **18** und einer hier nicht näher dargestellten Fernsteuerung einstellbar, wodurch ein Öffnen des Gehäuses **55** der Vorrichtung **10** vermeidbar ist. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel hat die Positionierungseinrichtung **18** zum Positionieren bzw. Justieren des Lasers **17** zwei Gleichstrom-Motoren.

[0032] Zwischen dem Laser **17**, der hinsichtlich seines hier nicht näher dargestellten Laserstrahls derart ausgerichtet ist, dass der Laserstrahl auf den Ausleger des Sensorelementes **15** trifft, und der Gehäusespitze **13** ist ein Strahlteiler **19** und ein positionsempfindlicher Detektor **20** angeordnet. Der positionsempfindliche Detektor **20** ist hier als ein zweidimensionales Element, nämlich als ein sogenannter zweidimensionaler positions-sensitiver Detektor (PSD), ausgebildet. Hier ist beispielhaft ein Detektor **20** vom Typ Hamamatsu S5990 verbaut.

[0033] Fig. 2 zeigt eine schematische Seitenansicht des Sensorelementes **15** für die erfindungsgemäße Vorrichtung **10** gemäß Fig. 1. Das Sensorelement **15** weist ein Basiselement **21**, ein Tragelement **22** und einen elastisch deformierbaren Ausleger **23** auf.

[0034] Das Sensorelement **15** ist bei diesem Ausführungsbeispiel als ein Cantilever-Chip ausgebildet. Das Sensorelement **15** ist aus Silizium, hier beispielhaft mittels eines Fotolithografie-Verfahrens, hergestellt. Das Basiselement **21** dient zum Befestigen des Sensorelementes **15** an dem freien Ende der Tragstruktur **14** gemäß Fig. 1. Das Basiselement **21** und das Tragelement **22** sind mittels einer Trennschicht **41** voneinander getrennt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Trennschicht **41** aus Silizium-Oxid gebildet und hat eine Dicke von 1 μm .

[0035] Das Tragelement **22** erstreckt sich an einer Seite des Basiselementes **21** über das Basiselement **21** hinaus. An einem von dem Basiselement **21** abgewandten Ende des Tragelementes **22** ist der Ausleger **23** an dem Tragelement **22** befestigt. Der Ausleger **23** ist bei diesem Ausführungsbeispiel im Wesentlichen stabartig ausgebildet und erstreckt sich ausgehend von dem Tragelement **22** von diesem und dem Basiselement **21** weg. Der Ausleger **23** ist als ein sogenannter Cantilever ausgebildet. Bei diesem Ausführungsbeispiel hat der Ausleger **23** eine Länge von 160 μm . Die Breite des Auslegers **23** beträgt hier beispielhaft 40 μm und die Dicke 1,6 μm .

[0036] Der Ausleger **23** weist an einem freien Ende eine Anströmstruktur **24** auf. Der Ausleger **23** und die Anströmstruktur **24** werden gemäß dem Pfeil **25** von einem hier nicht näher dargestellten Fluid angeströmt. Hierbei repräsentiert der Pfeil **25** eine Hauptanströmrichtung des Fluids. Die Hauptanströmrichtung gemäß Pfeil **25** ist bei diesem Ausführungsbeispiel

spiel rechtwinklig zur Längsausrichtung des Auslegers **23** ausgerichtet. Ein Strahl **26** des Lasers **17** gemäß **Fig. 1** ist auf eine von der Anströmstruktur **24** abgewandte Seite des Auslegers **23** gerichtet. Des Weiteren ist die Hauptanströmrichtung gemäß Pfeil **25** gemäß diesem Beispiel in derselben Ebene wie der Strahl **26** angeordnet. Bei diesem Ausführungsbeispiel befinden sich der Strahl **26** und die Hauptanströmrichtung gemäß Pfeil **25** auf derselben Achse und sind aufeinander zu gerichtet.

[0037] Der Ausleger **23** weist auf einer von der Anströmstruktur **24** abgewandten Seite eine Reflektionsfläche **27** zum Reflektieren des Strahls **26** auf. Die Reflektionsfläche **27** ist bei diesem Ausführungsbeispiel aus einer Schicht Aluminium gebildet.

[0038] **Fig. 3** zeigt eine schematische perspektivische Seitenansicht einer ersten Ausführungsform eines Auslegers **28** für eine erfindungsgemäße Vorrichtung **10**. Beispielsweise ist der Ausleger **28** anstelle des Auslegers **23** gemäß **Fig. 2** einsetzbar. Der elastische deformierbare Ausleger **28** hat eine im Wesentlichen plattenartige Ausbildung, deren Ausmaße bei diesem Ausführungsbeispiel dem des Auslegers **23** gemäß **Fig. 2** entsprechen. Der Ausleger **28** hat eine erste Anströmfläche **29**, die bei der Benutzung des Auslegers **28** einer Strömung eines Fluids gemäß Pfeil **25** zugewandt ist.

[0039] Des Weiteren hat der Ausleger **28** eine Anströmstruktur **30**, die im Bereich des freien Endes des Auslegers **28** an diesem befestigt ist. Die Anströmstruktur **30** erstreckt sich ausgehend von der ersten Anströmfläche **29** weg. Die erste Anströmfläche **29** und die Anströmstruktur **30** sind auf einer von der Reflektionsfläche **27** abgewandten Seite des Auslegers **28** angeordnet. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Anströmstruktur **30** als ein plattenartiges Element mit einer Höhe von 30 μm , einer Länge von 40 μm und einer Dicke von 9 μm ausgebildet. Hier ist die Anströmstruktur **30** beispielhaft aus dem Fotolack SU-8 gebildet. Die Anströmstruktur **30** erstreckt sich in einem rechten Winkel zu der ersten Anströmfläche **29**. Die Anströmstruktur **30** ist etwa mittig zur Breite der ersten Anströmfläche **29** an dieser angeordnet.

[0040] Die erste Anströmstruktur **30** stellt mehrere weitere Anströmflächen **31**, **32** bereit. Hier sind die beiden weiteren Anströmflächen **31**, **32** auf zwei voneinander abgewandten Seiten der Anströmstruktur **30** angeordnet. Die Ebenen der beiden weiteren Anströmflächen **31**, **32** sind parallel zueinander ausgerichtet. Des Weiteren sind die Ebenen der beiden weiteren Anströmflächen **31**, **32** rechtwinklig zu der Ebene der ersten Anströmfläche **29** ausgerichtet.

[0041] Des Weiteren ist der Ausleger **28** bzw. die erste Anströmfläche **29** derart ausgerichtet, dass die weitere Anströmfläche **31** hier als eine zweite An-

strömfläche für das Fluid dient. Hierbei ist die zweite Anströmfläche **31** schräg und bei diesem Ausführungsbeispiel mit einem Winkel von etwa 45° zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** ausgerichtet. Bei diesem Ausführungsbeispiel entspricht die Strömung des Fluids gemäß Pfeil **25** der Hauptanströmrichtung, wobei die Hauptanströmrichtung gemäß Pfeil **25** bei diesem Ausführungsbeispiel in einer Ebene liegt, die rechtwinklig zu den Ebenen der ersten Anströmfläche **29** und der weiteren Anströmflächen **31**, **32** ausgerichtet ist.

[0042] Alternativ zu der Darstellung in **Fig. 3** kann der Ausleger **28** um seine Längsachse um 90° im Uhrzeigersinn gedreht angeordnet sein. In diesem Fall dient die weitere Anströmfläche **32** als die zweite Anströmfläche für das Fluid.

[0043] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Ebene der ersten Anströmfläche **29** schräg zu der Hauptanströmrichtung gemäß dem Pfeil **25** des hier nicht näher dargestellten Fluids ausgerichtet. Hierzu ist die Vorrichtung **10** gemäß **Fig. 1** bzw. der Strahl **26** des Lasers **17** schräg zur Hauptanströmrichtung gemäß Pfeil **25** ausgerichtet. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Ebene der ersten Anströmfläche **29** bzw. die Strahlachse des Lasers **27** gemäß Pfeil **26** mit einem Winkel von etwa 45° zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** ausgerichtet. Des Weiteren erstrecken sich die Ebenen der weiteren Anströmflächen **31**, **32** parallel zur Längsachse des Auslegers **28**.

[0044] **Fig. 4** zeigt eine schematische perspektivische Seitenansicht einer zweiten Ausführungsform eines Auslegers **33** für eine erfindungsgemäße Vorrichtung **10**. Der Ausleger **33** entspricht hinsichtlich seines Aufbaus und seiner Ausmaße weitgehend dem Ausleger **28** bzw. dem Ausleger **23**. So hat der Ausleger **33** ebenfalls eine erste Anströmfläche **29** und auf einer von der ersten Anströmfläche **29** abgewandten Seite die Reflektionsfläche **27**.

[0045] Abweichend von dem Ausleger **28** gemäß **Fig. 3** weist der Ausleger **33** im Bereich seines freien Endes eine Anströmstruktur **34** auf. Die Anströmstruktur **34** ist im Wesentlichen V-förmig ausgebildet. Die Anströmstruktur **34** ist etwa mittig an der ersten Anströmfläche **29** befestigt und erstreckt sich von der ersten Anströmfläche **29** weg. Die Anströmstruktur **34** hat einen ersten Schenkel **35** und einen zweiten Schenkel **36**. Ausgehend von der ersten Anströmfläche **29** erstrecken sich die beiden Schenkel **35**, **36** voneinander weg. Der erste Schenkel **35** hat zwei weitere Anströmflächen **37**, **38** auf zwei voneinander abgewandten Seiten des ersten Schenkels **35**. Der zweite Schenkel **36** hat zwei weitere Anströmflächen **39**, **40**, die auf zwei voneinander abgewandten Seiten des zweiten Schenkels **36** angeordnet sind. Die beiden weiteren Anströmflächen **37** und **38** sowie die

beiden weiteren Anströmflächen **39** und **40** sind jeweils parallel zueinander ausgerichtet. Des Weiteren sind die weiteren Anströmflächen **38** und **39** einander zugewandt. Die weiteren Anströmflächen **37** und **40** sind voneinander abgewandt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Schenkel **35**, **36** in einem Winkel von etwa 45° zueinander ausgerichtet. Alternativ ist ein anderer Winkel denkbar, beispielsweise im Bereich von 30° bis 90° oder 120° . Ausgehend von der ersten Anströmfläche **29** und sich von dieser weg erstreckend öffnen sich die Schenkel **35**, **36** trichterartig. Des Weiteren sind die Schenkel **35**, **36** bei diesem Beispiel in einem Winkel von etwa 45° zu der Ebene der ersten Anströmfläche **29** ausgerichtet.

[0046] Die Ebene der ersten Anströmfläche **29** ist rechtwinklig zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** ausgerichtet ist. Des Weiteren ist der Strahl **26** des Lasers **27** ebenfalls rechtwinklig zur Ebene der ersten Anströmfläche **29** des Auslegers **33** ausgerichtet. Im Unterschied hierzu sind die weiteren Anströmflächen **37**, **38**, **39**, **40** der Anströmstruktur **34** schräg zur Ebene der ersten Anströmfläche **29** und damit schräg zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** sowie schräg zum Strahl **26** des Lasers **27** ausgerichtet. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Ebenen der weiteren Anströmflächen **37**, **38**, **39**, **40** mit einem Winkel von etwa 45° zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** bzw. zum Strahl **26** des Lasers **27** ausgerichtet. Des Weiteren erstrecken sich die Ebenen der weiteren Anströmflächen **37**, **38**, **39**, **40** parallel zur Längsachse des Auslegers **33**. Die Hauptanströmrichtung gemäß Pfeil **25** liegt bei diesem Ausführungsbeispiel in einer Ebene, die rechtwinklig zu den Ebenen der ersten Anströmfläche **29** und der weiteren Anströmflächen **37**, **38**, **39**, **40** ausgerichtet ist.

[0047] Fig. 5 zeigt eine schematische perspektivische Seitenansicht einer dritten Ausführungsform eines Auslegers **42** für eine erfindungsgemäße Vorrichtung **10**. Der Ausleger **42** entspricht hinsichtlich seines Aufbaus und seiner Ausmaße weitgehend den Auslegern **23**, **28**, **33**. So hat der Ausleger **42** ebenfalls eine erste Anströmfläche **29** und auf einer von der ersten Anströmfläche **29** abgewandten Seite die Reflektionsfläche **27**.

[0048] Abweichend von den Auslegern **23**, **28**, **33** weist der Ausleger **42** im Bereich seines freien Endes eine Anströmstruktur **43** auf. Die Anströmstruktur **43** ist hinsichtlich seiner Außenkontur im Wesentlichen V-förmig bzw. trichterartig ausgebildet. Allerdings weist die Anströmstruktur **43** keine Schenkel auf, sondern ist bei diesem Ausführungsbeispiel aus einem Vollmaterial gebildet. Die Anströmstruktur **43** ist etwa mittig an der ersten Anströmfläche **29** befestigt und erstreckt sich von der ersten Anströmfläche **29** weg

[0049] Die Anströmstruktur **43** hat zwei weitere Anströmflächen **44**, **45** auf zwei voneinander abgewandten Seiten der Anströmstruktur **43**. Die weiteren Anströmflächen **44** und **45** sind voneinander abgewandt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die beiden Anströmflächen **44**, **45** in einem Winkel von etwa 105° zur Ebene der ersten Anströmfläche **29** ausgerichtet. Ausgehend von der ersten Anströmfläche **29** und sich von dieser weg erstreckend laufen die weiteren Anströmflächen **44**, **45** trichterartig oder rampenartig aufeinander zu. Bei diesem Ausführungsbeispiel laufen die weiteren Anströmflächen **44**, **45** nicht in eine gemeinsame Kante zusammen, sondern die weiteren Anströmfläche **44**, **45** laufen ausgehend von der ersten Anströmfläche **29** aufeinander zu und enden in einer dritten weiteren Anströmfläche **46**. Die dritte weitere Anströmfläche **46** ist von der ersten Anströmfläche **29** abgewandt. Die Ebene der dritten weiteren Anströmfläche **46** ist parallel zur Ebene der ersten Anströmfläche **29** ausgerichtet. Alternativ können die weiteren Anströmflächen **44**, **45** anstelle der dritten weiteren Anströmfläche **46** in eine gemeinsame Kante zusammen laufen.

[0050] Die Ebene der ersten Anströmfläche **29** ist rechtwinklig zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** ausgerichtet ist. Des Weiteren ist der Strahl **26** des Lasers **27** ebenfalls rechtwinklig zur Ebene der ersten Anströmfläche **29** des Auslegers **42** ausgerichtet. Im Unterschied hierzu sind die weiteren Anströmflächen **44**, **45** der Anströmstruktur **43** schräg zur Ebene der ersten Anströmfläche **29** und damit schräg zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** sowie schräg zum Strahl **26** des Lasers **27** ausgerichtet. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Ebenen der weiteren Anströmflächen **44**, **45** mit einem Winkel von etwa 15° zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** bzw. zum Strahl **26** des Lasers **27** ausgerichtet. Des Weiteren erstrecken sich die Ebenen der weiteren Anströmflächen **44**, **45** parallel zur Längsachse des Auslegers **42**. Die Hauptanströmrichtung gemäß Pfeil **25** liegt bei diesem Ausführungsbeispiel in einer Ebene, die rechtwinklig zu den Ebenen der ersten Anströmfläche **29** und der weiteren Anströmflächen **44**, **45** ausgerichtet ist.

[0051] Fig. 6 zeigt eine schematische perspektivische Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform eines Auslegers **47** für eine erfindungsgemäße Vorrichtung **10**. Der Ausleger **47** entspricht hinsichtlich seines Aufbaus und seiner Ausmaße weitgehend den Auslegern **23**, **28**, **33**, **42**. So hat der Ausleger **47** ebenfalls eine erste Anströmfläche **29** und auf einer von der ersten Anströmfläche **29** abgewandten Seite die Reflektionsfläche **27**.

[0052] Abweichend von den Auslegern **23**, **28**, **33**, **42** weist der Ausleger **47** im Bereich seines freien Endes eine Anströmstruktur **48** auf. Die Anströmstruktur

tur **48** ist hinsichtlich seiner Außenkontur im Wesentlichen V-artig bzw. trichterartig ausgebildet. Allerdings weist die Anströmstruktur **43** keine Schenkel auf, sondern ist bei diesem Ausführungsbeispiel aus einem Vollmaterial gebildet. Die Anströmstruktur **48** ist etwa mittig an der ersten Anströmfläche **29** befestigt und erstreckt sich von der ersten Anströmfläche **29** weg

[0053] Die Anströmstruktur **48** hat zwei weitere Anströmflächen **49, 50** auf zwei voneinander abgewandten Seiten der Anströmstruktur **48**. Die weiteren Anströmflächen **49** und **50** sind voneinander abgewandt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die beiden Anströmflächen **49, 50** gekrümmt ausgebildet. Ausgehend von der ersten Anströmfläche **29** und sich von dieser weg erstreckend laufen die weiteren gekrümmten Anströmflächen **49, 50** trichterartig oder rampenartig aufeinander zu. Bei diesem Ausführungsbeispiel laufen die weiteren Anströmflächen **49, 50** in eine gemeinsame Anströmkante **51** zusammen. Die Anströmkante **51** erstreckt sich in Längsrichtung des Auslegers **48**. Des Weiteren erstrecken sich die gekrümmten weiteren Anströmflächen **49, 50** ausgehend von der Anströmkante **51** bis zu äußeren Endkanten der ersten Anströmfläche **29**. Somit ist die erste Anströmfläche **29** im Bereich der Anströmstruktur **48** vollständig von diesem bedeckt. Alternativ kann die Anströmstruktur **48** auch eine geringere oder größere Breite als die erste Anströmfläche **29** aufweisen.

[0054] Die Ebene der ersten Anströmfläche **29** ist rechtwinklig zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** ausgerichtet ist. Des Weiteren ist der Strahl **26** des Lasers **27** ebenfalls rechtwinklig zur Ebene der ersten Anströmfläche **29** des Auslegers **47** ausgerichtet. Im Unterschied hierzu sind mindestens teilweise Tangenten der gekrümmten weiteren Anströmflächen **49, 50** der Anströmstruktur **48** schräg zur Ebene der ersten Anströmfläche **29** und damit schräg zur Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** sowie schräg zum Strahl **26** des Lasers **27** ausgerichtet. Die gekrümmten weiteren Anströmflächen **49, 50** erstrecken sich parallel zur Längsachse des Auslegers **47**. Die Hauptanströmrichtung gemäß Pfeil **25** liegt bei diesem Ausführungsbeispiel in einer Ebene, die rechtwinklig zu den Ebenen der ersten Anströmfläche **29** und den gekrümmten Flächen der weiteren Anströmflächen **49, 50** ausgerichtet ist.

[0055] Fig. 7 zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Strahlengang **52** einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **10**. Der Strahl **26** des Lasers **17** erstreckt sich in Längsrichtung der Vorrichtung **10** gemäß Fig. 1. Hierbei durchläuft zumindest ein Teil des Strahls **26** den Strahlteiler **19**. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Strahlteiler **19** als eine Strahlteiler-Membran, nämlich als ein sogenannter Pellicle-Strahlteiler, ausgebildet. Im Gegensatz zu einem ebenfalls denkbaren Strahlteiler-Würfel ist durch die

Verwendung einer Strahlteiler-Membran ein geringerer Bauraum notwendig.

[0056] Der Strahl **26** trifft auf die Reflektionsfläche **27** eines hier nicht näher dargestellten Auslegers **23, 28, 33, 42, 47**. Auf der Reflektionsfläche **27** entsteht ein Reflektionspunkt **53**, der gemäß dem Reflektionsstrahl **54** in Richtung des Strahlteilers **19** reflektiert wird. Bei einem unbelasteten Ausleger **23, 28, 33, 42, 47** ist die Ebene der Reflektionsfläche **27** in einem rechten Winkel zum Strahl **26** ausgerichtet. Bei einer aufgrund einer Fluidströmung auf den Ausleger **23, 28, 33, 42, 47** wirkenden Kraft, wird der Ausleger **23, 28, 33, 42, 47** ausgelenkt und die Reflektionsfläche **27** ist schräg zur Längsachse des Strahls **26** ausgerichtet, wie in Fig. 7 beispielhaft dargestellt.

[0057] Der Reflektionsstrahl **54** ist ausgehend von der Reflektionsfläche **27** in Richtung des Strahlteilers **19** gerichtet. Eine Ebene des Strahlteilers **19** ist schräg zur Längsachse des Strahls **26** ausgerichtet. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Ebene des Strahlteilers **19** in einem Winkel von 45° zum Strahl **26** ausgerichtet.

[0058] Der auf den Strahlteiler **19** auftreffende Reflektionsstrahl **54** wird zumindest teilweise mittels des Strahlteilers **19** in Richtung auf den Detektor **20** abgelenkt. Hier wird der Reflektionsstrahl **54** mittels des Strahlteilers **19** um 90° zur Längsachse des Reflektionsstrahls **54** zwischen der Reflektionsfläche **27** und dem Strahlteiler **19** umgelenkt. Sodann trifft der umgelenkte Reflektionsstrahl **54** auf den Detektor **20**.

[0059] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist eine Ebene des zweidimensionalen Detektors **20** rechtwinklig zur Längsachse der Reflektionsstrahls zwischen dem Strahlteiler **19** und dem Detektor **20** bzw. parallel zur Längsachse des Strahl **26** ausgerichtet.

[0060] Aufgrund der Ausbildung des Strahlteilers **19** als eine Strahlteiler-Membran, hier als ein Pellicle-Strahlteiler, ist das sogenannte Ghosting erheblich reduzierbar oder vollständig vermeidbar. Beispielsweise bei Verwendung eines Strahlteiler-Würfels kommt es beim Ghosting zu unerwünschten Mehrfach-Reflexionen, die eine eindeutige Bestimmung des Auftreffpunktes des Reflektionsstrahls **54** auf dem Detektor **20** erschwert.

[0061] Nachfolgend wird die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung anhand der Fig. 1 bis Fig. 7 näher erläutert:

Zum Bestimmen eines Parameters einer Strömung eines Fluids, beispielsweise einer Geschwindigkeit und/oder einer Strömungsrichtung eines Gases oder einer Flüssigkeit, ist die Vorrichtung **10** einsetzbar. Beispielsweise wird die Vorrichtung **10** bzw. der Ausleger **23, 28, 33, 42, 47** als ein Anemometer eingesetzt. Hierzu wird der Ausleger **23, 28, 33, 42, 47** der

Strömung des Fluids ausgesetzt. Die Strömung des Fluids trifft auf die Anströmflächen **29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50** wodurch auf den Ausleger **23, 28, 33, 42, 47** durch das sich bewegende Fluid eine Kraft wirkt, die zu einer Deformation des Auslegers **23, 28, 33, 42, 47** führt. Insbesondere handelt es sich bei der Deformation um eine Verbiegung und/oder Torsion des Auslegers **23, 28, 33, 42, 47**. In einer solchen Deformation des Auslegers **23, 28, 33, 42, 47** sind die gewünschten Informationen über Geschwindigkeit und Anströmwinkel enthalten. Diese Informationen können mittels bekannter Methoden ermittelt werden.

[0062] Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird ein Strahl **26** eines Lasers **17** im Bereich eines freien Endes des Auslegers **23, 28, 33, 42, 47** fokussiert, der die Reflektionsfläche **27** aufweist. Der auf der Reflektionsfläche **27** reflektierte Reflektionspunkt **53** des Lasers **17** bewegt sich in Abhängigkeit von der Deformation des Auslegers **23, 28, 33, 42, 47**. Dieser sich bewegende und gemäß dem Reflektionsstrahl **54** reflektierte Reflektionspunkt **53** ist mittels des Detektors **20** detektierbar. Hierbei stellt der Detektor **20** eine zweidimensionale Messfläche bereit, um verschiedene Positionen des reflektierten Reflektionspunktes **53** detektieren zu können. Die Position des Reflektionspunktes **53** bzw. des auf dem Detektor **20** hinsichtlich seiner Position bestimmten Reflektionsstrahl **54** enthält die notwendigen Informationen, die nachfolgend zum Bestimmen der Geschwindigkeit und/oder der Strömungsrichtung des Fluids ausgewertet werden.

[0063] Mindestens ein Abschnitt der Anströmfläche **29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50** ist hierbei schräg oder gekrümmt zu einer Hauptanströmrichtung des Fluids gemäß Pfeil **25** ausgerichtet. Hierdurch lässt sich eine höhere Winkelauflösung bei der Bestimmung der Strömungsrichtung des Fluids erreichen. Hierbei ist die Hauptanströmrichtung des Fluids als eine mittlere und/oder durchschnittliche Strömungsrichtung des Fluids, vorzugsweise mit einem Anströmwinkel von 0° in Bezug zum Strahl **26** und in einem unbelasteten Zustand des Auslegers **23, 28, 33, 42, 47**, vorgegeben. Insbesondere sind die zu bestimmenden Strömungsrichtungen und/oder Anströmwinkel des Fluids in Bezug zur Anströmfläche **29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50** um die Hauptanströmrichtung des Fluids verteilt angeordnet.

[0064] Somit sind mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung hoch aufgelöste Messungen der Geschwindigkeit und/oder einer Strömungsrichtung eines Fluids in zwei Dimensionen, beispielsweise auf Größenskalen unter einem Millimeter, insbesondere im Bereich von etwa $140\ \mu\text{m}$ bis $160\ \mu\text{m}$, und in einem Winkelbereich bis zu 180° möglich.

Bezugszeichenliste

10	Vorrichtung
11	hinteres Ende
12	vorderes Ende
13	Gehäusespitze
14	Tragstruktur
15	Sensorelement
16	Messeinrichtung
17	Laser
18	Positionierungseinrichtung
19	Strahlteiler
20	Detektor
21	Basiselement
22	Tragelement
23	Ausleger
24	Anströmstruktur
25	Pfeil
26	Strahl
27	Reflektionsfläche
28	Ausleger
29	Anströmfläche
30	Anströmstruktur
31	Anströmfläche
32	Anströmfläche
33	Ausleger
34	Anströmstruktur
35	Schenkel
36	Schenkel
37	Anströmfläche
38	Anströmfläche
39	Anströmfläche
40	Anströmfläche
41	Trennschicht
42	Ausleger
43	Anströmstruktur
44	Anströmfläche
45	Anströmfläche
46	Anströmfläche
47	Ausleger
48	Anströmstruktur
49	Anströmfläche
50	Anströmfläche
51	Anströmkante
52	Strahlgang
53	Reflektionspunkt
54	Reflektionsstrahl
55	Gehäuse

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bestimmen mindestens eines Parameters einer Strömung eines Fluids mit einem elastisch deformierbaren Ausleger (**23, 28, 33, 42, 47**), der mindestens eine Anströmfläche (**29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50**) für das Fluid hat, und mit einer Messeinrichtung (**16**) zum Messen der Deformation des Auslegers (**23, 28, 33, 42, 47**), wobei mindestens ein Abschnitt der Anströmfläche (**29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50**) schräg und/

oder gekrümmt zu einer Hauptanströmrichtung (25) des Fluids ausgerichtet ist, der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) an einem freien Ende eine Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) aufweist, und die Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) die mindestens eine Anströmfläche (31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) für das Fluid hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) auf einer von der Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) abgewandten Seite eine Reflektionsfläche (27) und die Messeinrichtung (16) einen Laser (17) aufweist, wobei eine Strahlachse (26) des Lasers (17) auf die Reflektionsfläche (27) des Auslegers (23, 28, 33, 42, 47) gerichtet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Ebene und/oder eine Tangente einer Krümmung der Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) schräg zu der Hauptanströmrichtung (25) des Fluids ausgerichtet ist, vorzugsweise ist die Ebene und/oder die Tangente der Krümmung der Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) schräg zu einer Längsachse der Vorrichtung (10) ausgerichtet.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Ebene und/oder eine Tangente einer Krümmung der Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50), insbesondere eine Ebene der Reflektionsfläche (27) für den Laser (17), schräg zu der Strahlachse (26) des Lasers (17) ausgerichtet ist, insbesondere ist die Reflektionsfläche (27) aus Aluminium.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abschnitt, eine Ebene und/oder eine Tangente einer Krümmung der mindestens einen Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) mit einem Winkel im Bereich von 35° bis 55°, insbesondere in einem Bereich von 40° bis 50°, vorzugsweise mit einem Winkel von 45°, schräg zur Hauptanströmrichtung (25) des Fluids, schräg zur einer Längsachse der Vorrichtung (10) und/oder schräg zu einer Strahlachse (26) eines Lasers (17) der Messeinrichtung (16) ausgerichtet ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) einer Tragstruktur (14) zugeordnet und/oder plattenartig ausgebildet ist, insbesondere hat der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) eine Länge von bis zu 2 mm, insbesondere eine Länge im Bereich von 100 µm bis 250 µm, vorzugsweise hat der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) eine Breite bis zu 0,5 mm, insbesondere eine Breite im Bereich von 20 µm bis 60 µm, besonders bevorzugt hat der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) eine Dicke von bis zu 30 µm, insbesondere eine Dicke im Bereich von 1 µm bis 3 µm.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) und/oder die Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) ein fluiddynamisches Profil aufweist, insbesondere ist das fluiddynamische Profil zum Realisieren eines dynamischen Auftriebes beim Umströmtwerden mittels des Fluids ausgebildet.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) eine erste Anströmfläche (29) und die Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) mindestens eine weitere Anströmfläche (31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) hat, vorzugsweise erstreckt sich die weitere Anströmfläche (31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) ausgehend von der ersten Anströmfläche (29), insbesondere ist eine Ebene der ersten Anströmfläche (29) des Auslegers (23, 28, 33, 42, 47) schräg oder rechtwinklig zur Ebene und/oder einer Tangente einer Krümmung der mindestens einen weiteren Anströmfläche (31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) der Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) ausgerichtet.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) aus einem Fotolack, vorzugsweise SU-8, hergestellt ist, insbesondere hat die Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) eine Höhe von bis zu 0,5 mm, insbesondere eine Höhe im Bereich von 20 µm bis 60 µm, vorzugsweise hat die Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) eine Länge von bis zu 0,5 mm, insbesondere eine Länge im Bereich von 20 µm bis 60 µm, besonders bevorzugt hat die Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) eine Dicke von bis zu 50 µm, insbesondere eine Dicke im Bereich von 6 µm bis 12 µm.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anströmstruktur (34, 43, 48) im Wesentlichen V-förmig ausgebildet ist, vorzugsweise hat der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) eine erste Anströmfläche (29) und die V-förmige Anströmstruktur (34, 43, 48) erstreckt sich ausgehend von der ersten Anströmfläche (29) weg, insbesondere öffnet sich die V-förmige Anströmstruktur (34) trichterartig in Richtung von der ersten Anströmfläche (29) weg oder die V-förmige Anströmstruktur (43, 48) bildet eine rampenartige von der ersten Anströmfläche (29) weg gerichtete Spitze.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messeinrichtung (16) eine Strahlteiler-Platte und/oder eine Strahlteiler-Membran (19), insbesondere einen Pellicle-Strahlteiler, für einen Strahl (26) eines Lasers (17) aufweist, vorzugsweise hat die Messeinrichtung (16) einen, insbesondere zweidimensionalen, positionsempfindlichen Detektor (20) zum Detek-

tieren einer Position eines von dem Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) reflektierten Strahls (54) eines Lasers (17).

11. Verfahren zum Bestimmen mindestens eines Parameters einer Strömung eines Fluids, insbesondere mit einer Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein elastisch deformierbarer Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) mit mindestens einer Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) für das Fluid in eine Strömung eingebracht wird, und bei dem mit einer Messeinrichtung (16) die Deformation des Auslegers (23, 28, 33, 42, 47) aufgrund der auf die Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) einwirkenden Kräfte der Strömung gemessen wird, wobei mindestens ein Abschnitt der Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) schräg und/oder gekrümmt zu einer Hauptanströmrichtung (25) des Fluids ausgerichtet wird, der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) an einem freien Ende eine Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) aufweist, und die Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) die mindestens eine Anströmfläche (31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) für das Fluid hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausleger (23, 28, 33, 42, 47) auf einer von der Anströmstruktur (24, 30, 34, 43, 48) abgewandten Seite eine Reflektionsfläche (27) und die Messeinrichtung (16) einen Laser (17) aufweist, wobei eine Strahlachse (26) des Lasers (17) auf die Reflektionsfläche (27) des Auslegers (23, 28, 33, 42, 47) gerichtet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Deformation des Auslegers (23, 28, 33, 42, 47) aufgrund einer Verbiegung und/oder Torsion des Auslegers (23, 28, 33, 42, 47) aufgrund der auf die mindestens eine Anströmfläche (29, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 49, 50) einwirkenden Kräfte der Strömung des Fluids ergibt, wobei eine Geschwindigkeit der Strömung als eine Funktion der Verbiegung und/oder eine Strömungsrichtung, insbesondere ein Anströmwinkel, als eine Funktion der Torsion ausgewertet wird, vorzugsweise wird ein Winkelbereich von $+90^\circ$ bis -90° in Bezug zur Hauptanströmrichtung (25) abgedeckt.

13. Verwendung einer Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Bestimmen mindestens eines Parameters einer Strömung eines Fluids, insbesondere als ein Cantilever-Anemometer, vorzugsweise in der Forschung, der Luft- und/oder Raumfahrt, der Windenergie, der Medizin und/oder im Zusammenhang mit Misch- und/oder Verbrennungsprozessen.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

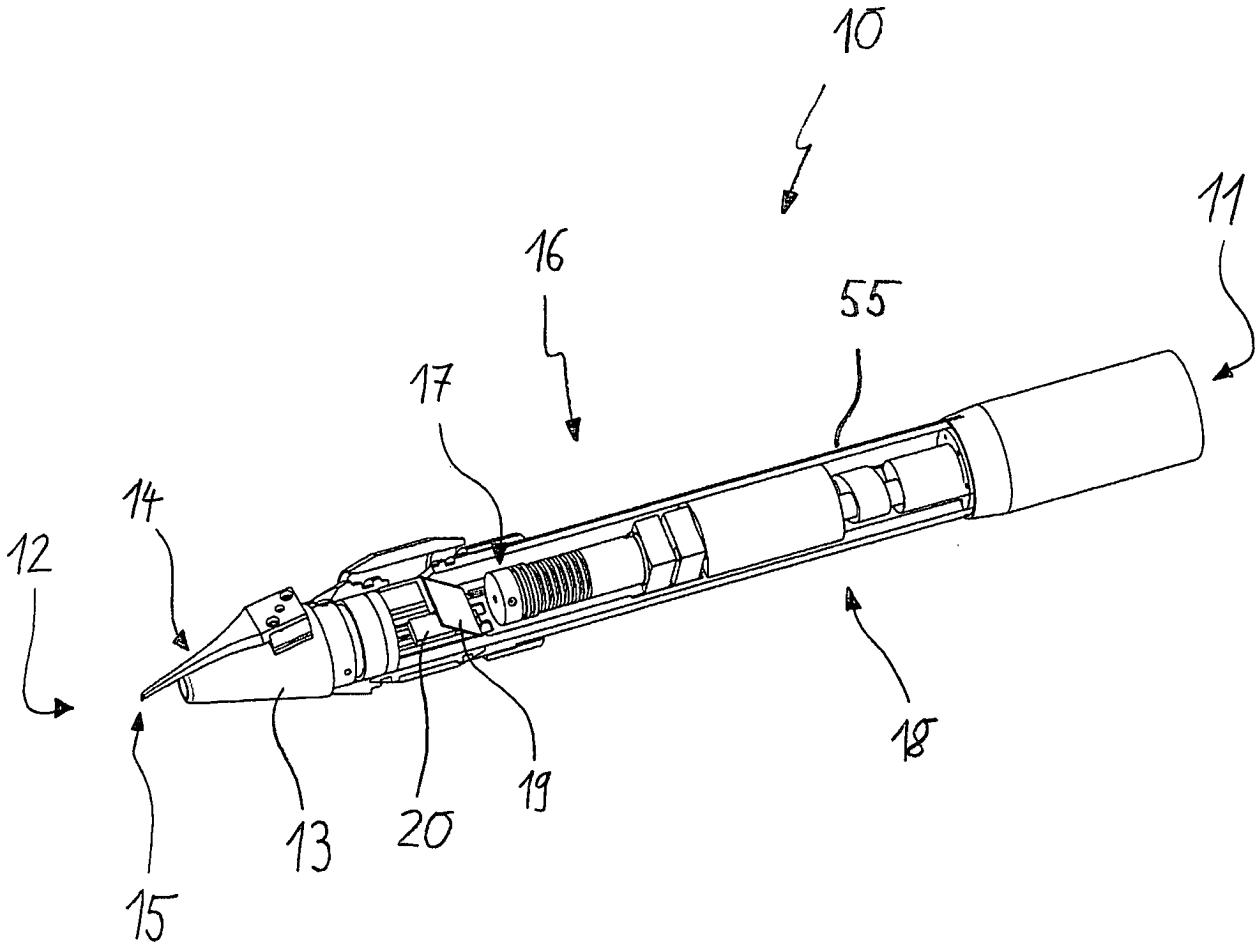


Fig. 1

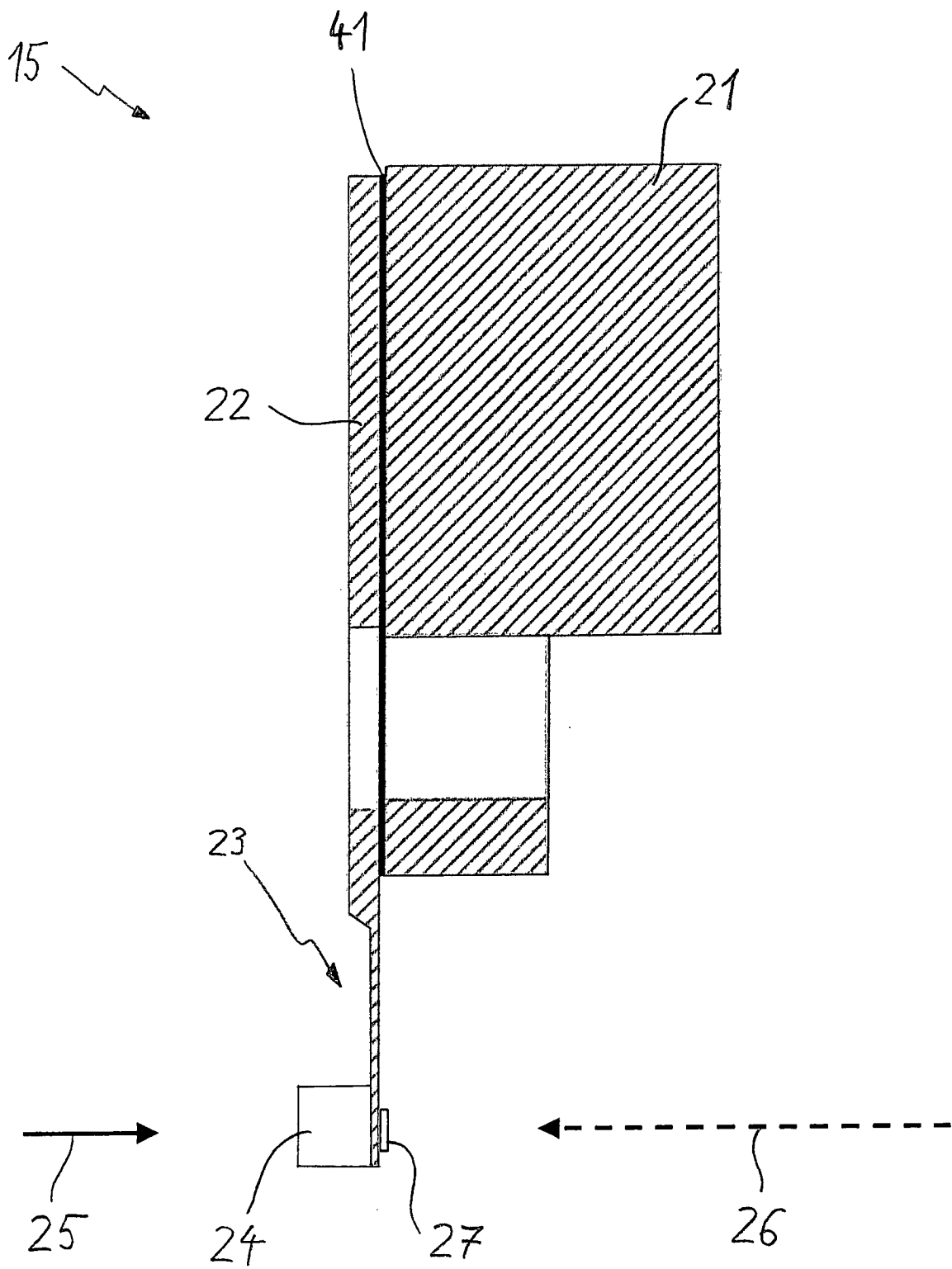


Fig. 2

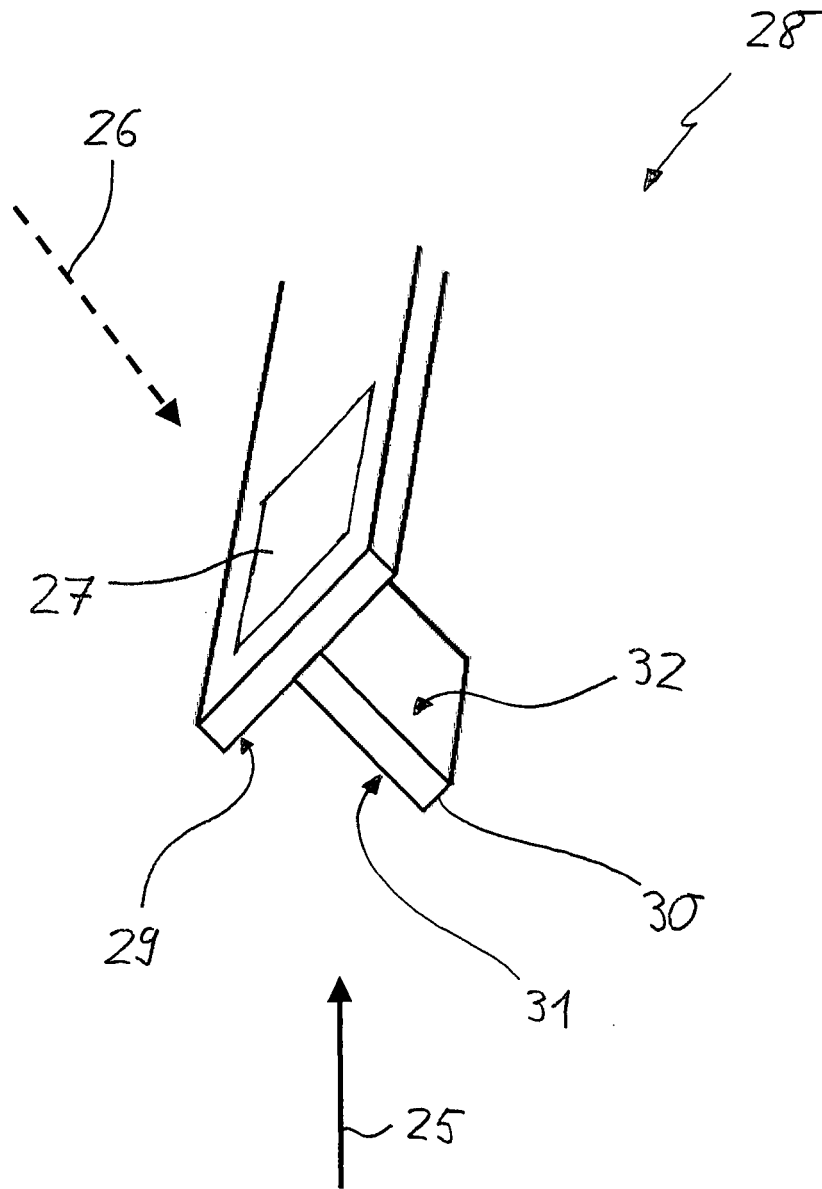


Fig. 3

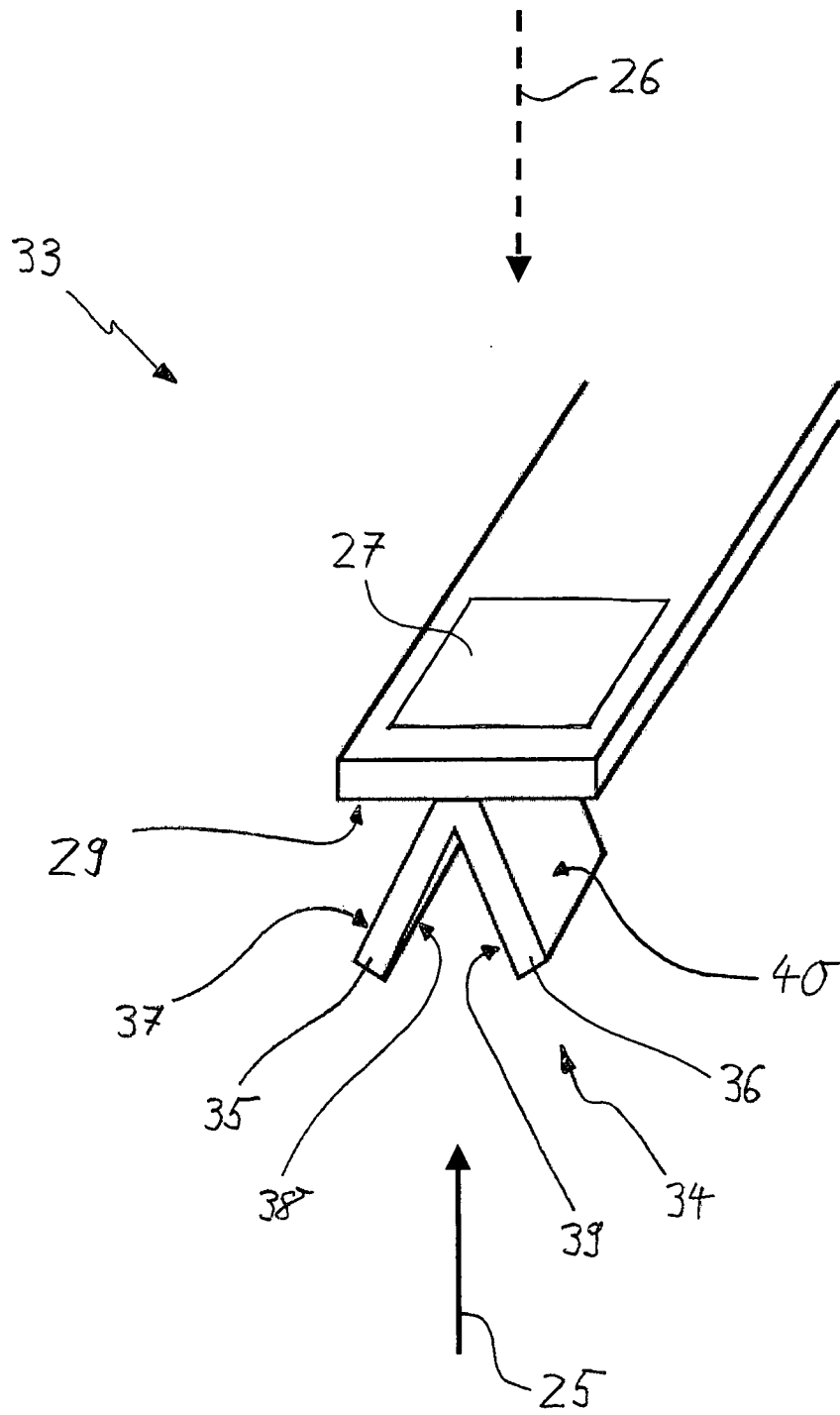


Fig. 4

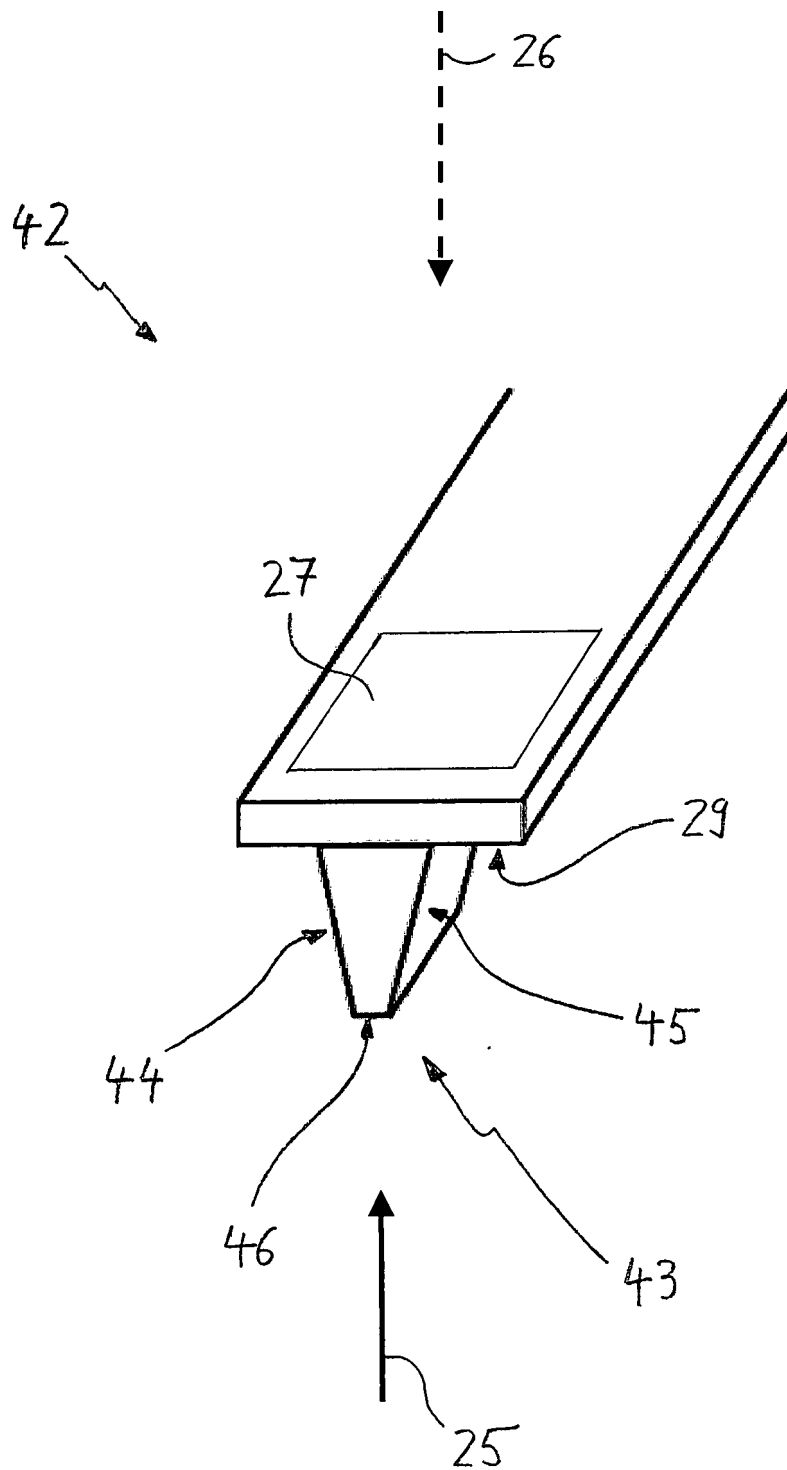


Fig. 5

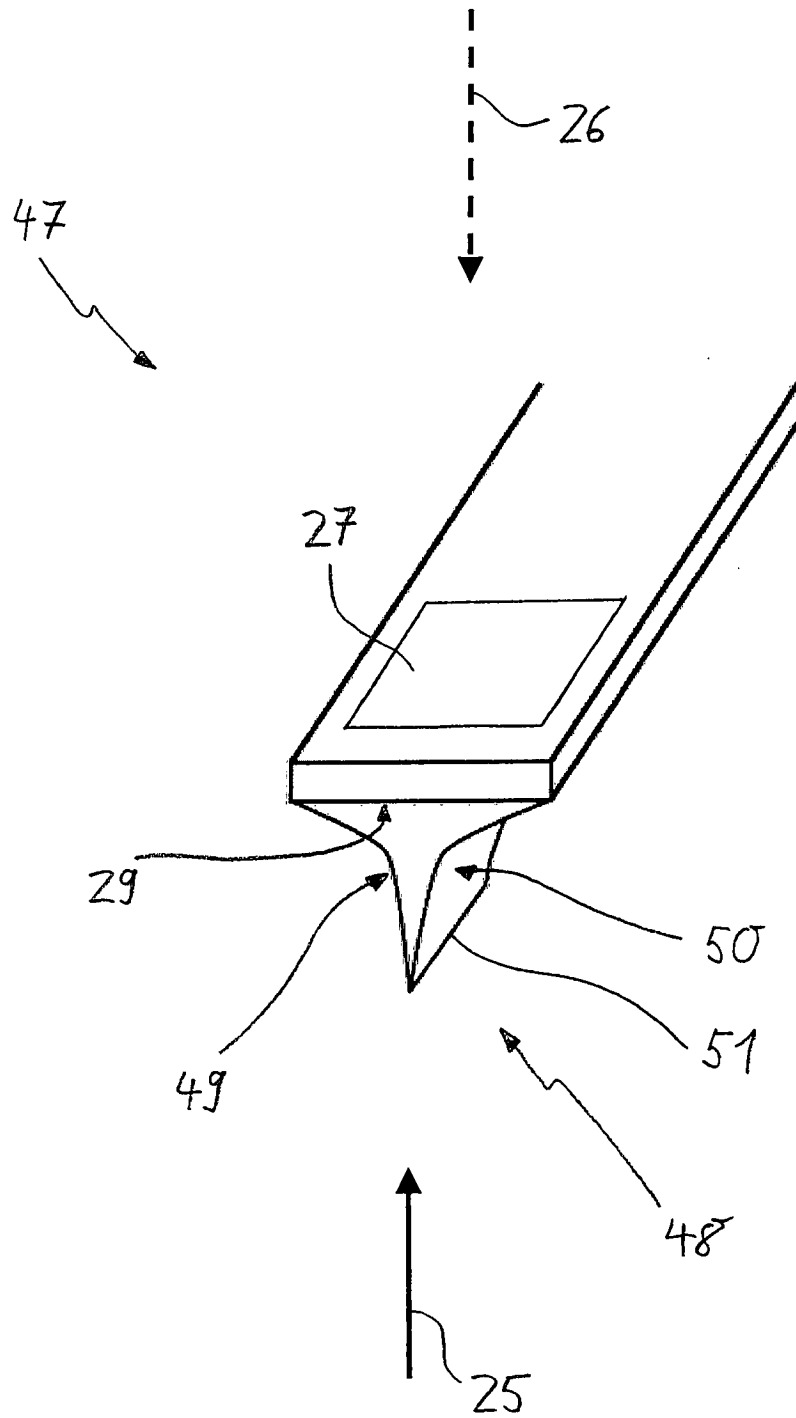


Fig.6

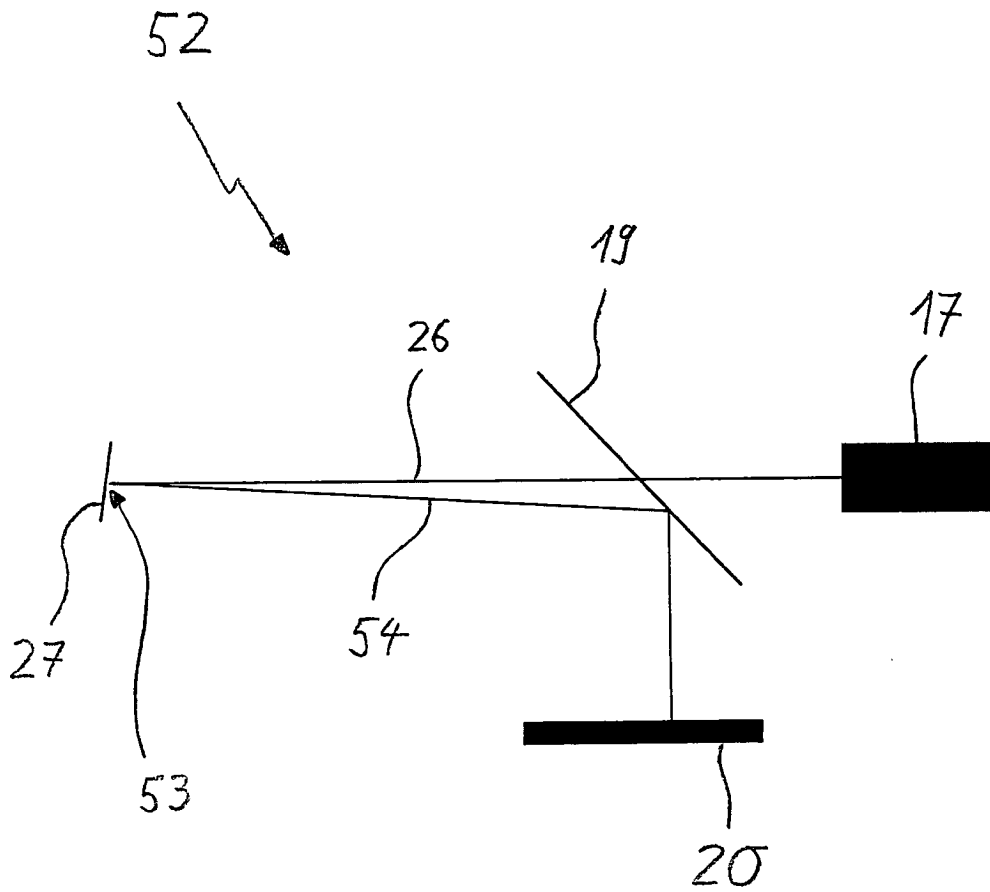


Fig. 7