



(10) **DE 10 2022 129 094 B4** 2024.06.27

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2022 129 094.8**
(22) Anmeldetag: **03.11.2022**
(43) Offenlegungstag: **08.05.2024**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.06.2024**

(51) Int Cl.: **G02B 21/02** (2006.01)
G02B 21/06 (2006.01)
G02B 21/24 (2006.01)
G02B 6/00 (2006.01)
G02B 21/32 (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:
push4impact GmbH, 79100 Freiburg, DE

(72) Erfinder:
Simon, Markus, Dr., 79211 Denzlingen, DE; Eisele, David, Dr., 79426 Buggingen, DE; Mader, Anja, 70188 Stuttgart, DE

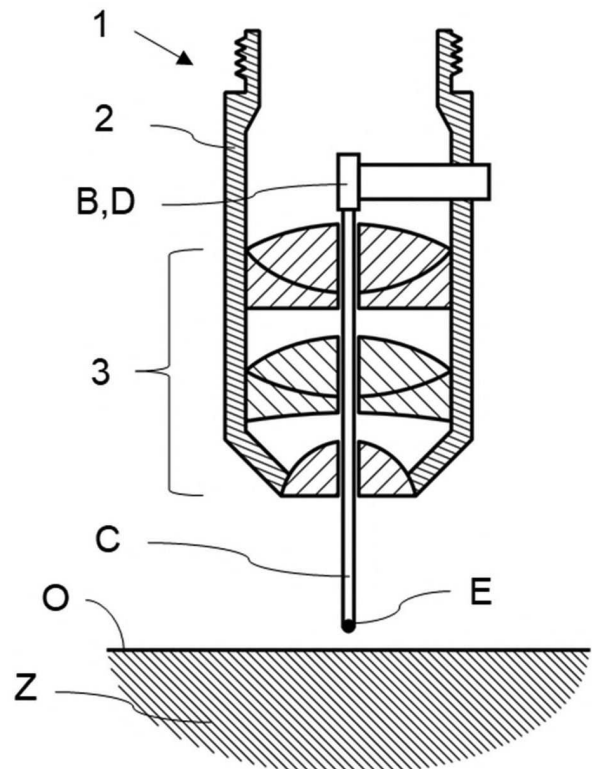
(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2004 / 0 109 064 A1

(54) Bezeichnung: **Mikroskopobjektiv sowie Objektivrevolver und Mikroskop umfassend ein solches Mikroskopobjektiv**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mikroskopobjektiv sowie einen Objektivrevolver und ein Mikroskop, die ein solches Mikroskopobjektiv umfassen. Das Mikroskopobjektiv (1) umfasst ein Gehäuse (2) und ein in dem Gehäuse (2) angeordnetes optisches System (3) zur Betrachtung eines im Sichtfeld des Mikroskopobjektivs (1) befindlichen Zielobjekts (Z). Um Funktionen, die für eine verbesserte Betrachtung oder aussagekräftigere Analyse der Oberfläche eines Zielobjekts hilfreich sein können bzw. diese erst ermöglichen zu realisieren, ohne die Dimensionen bzw. den Platzbedarf des Objektivs signifikant zu erhöhen, umfasst das Mikroskopobjektiv (1) wenigstens ein zur Interaktion mit dem Zielobjekt (Z) dienendes Arbeitsorgan (C), das sich wenigstens teilweise im Gehäuse (2) des Mikroskopobjektivs (1) erstreckt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mikroskopobjektiv sowie einen Objektivrevolver und ein Mikroskop, die ein solches Mikroskopobjektiv umfassen.

[0002] Bei der Mikroskopie sind für die Betrachtung der Oberfläche eines Zielobjekts noch häufig weitere Funktionen relevant, die die Betrachtung bzw. eine aussagekräftige Analyse der Oberfläche erst ermöglichen oder weitere Informationen zum Zielobjekt, wie beispielsweise Lage und Orientierung des Zielobjekts, liefern.

[0003] In diesem Zusammenhang ist beispielsweise die Dunkelfeldmikroskopie zur Betonung von Oberflächenstrukturen im mikroskopischen Bild bekannt. Die notwendige spezielle Beleuchtung der Oberfläche des Zielobjekts wird hierbei mit außerhalb des Objektivs liegenden optischen Elementen realisiert, z. B. mit einem Beleuchtungsmantel, der über das Mikroskop gezogen wird, mittels optischen Elementen, die in dem vom Objektiv abgewandten Halbraum platziert sind oder mit beweglichen externen Lichtquellen, die unabhängig von dem eigentlichen Mikroskop aufgebaut werden.

[0004] Nachteilig ist hierbei, dass Dunkelfeldsysteme durch die Notwendigkeit der speziellen Beleuchtung sehr raumgreifend sind. Zur Untersuchung von komplexen Geometrien steht oft nicht genug freier Raum zur Verfügung, in dem das Zielobjekt platziert/bewegt werden kann. Dies stellt insbesondere bei konvexen Oberflächengeometrien eine Herausforderung dar, z. B. bei der Oberflächenuntersuchung von Zylinderbohrungen, montierten Turbinenschaufeln oder Freiformflächen im Automobilbau.

[0005] Ein weiteres Beispiel, das in den oben genannten Zusammenhang fällt, sind tastende Fasersysteme. Das Messprinzip beruht hierbei auf der durch ein Mikroskopobjektiv räumlichen Erfassung einer am Faserende befindlichen kugelförmigen Verdickung. Bei Antastung der Oberfläche eines Zielobjekts wird die Verschiebung der beleuchteten Kugel durch eine Bildverarbeitungssoftware erfasst und somit die Lage der Oberfläche erfasst. Auch hier besteht der Nachteil darin, dass die Integration der Faser am Objektiv häufig mit einem hohen Platzbedarf für entsprechende Zusatzbauteile einhergeht.

[0006] Bei nicht-tastenden Systemen ist dagegen eine mikroskopische Untersuchung von spiegelnden oder transparenten Oberflächen schwierig, da nicht bestimmt werden kann, ob die Oberfläche des Zielobjekts in der Objektebene des Objektivs liegt. Als Konsequenz kann nicht zwischen einer perfekten

Oberfläche und einer nicht perfekten Oberfläche, die nicht in der Objektebene liegt, unterschieden werden. Außerdem besteht die Gefahr der Beschädigung der zu untersuchenden Oberfläche, wenn das Objektiv auf der Suche nach der Oberfläche in dieselbe hineingefahren wird.

[0007] Verwandter Stand der Technik ist beispielsweise aus der US 2004/0109064 A1 bekannt, die den Oberbegriff des Anspruchs 1 offenbart.

[0008] Vor dem oben skizzierten Hintergrund ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Mikroskopobjektiv bereitzustellen, bei dem Funktionen, die für eine verbesserte Betrachtung oder aussagekräftigere Analyse der Oberfläche eines Zielobjekts hilfreich sein können bzw. diese erst ermöglichen, realisiert werden können, ohne die Dimensionen bzw. den Platzbedarf des Objektivs signifikant zu erhöhen.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Mikroskopobjektiv gemäß Anspruch 1. Erfindungsgemäß umfasst das Mikroskopobjektiv wenigstens ein zur Interaktion mit dem Zielobjekt dienendes Arbeitsorgan, das sich wenigstens teilweise im Gehäuse des Mikroskopobjektivs erstreckt. Dadurch, dass sich das zur Interaktion mit dem Zielobjekt dienende Arbeitsorgan wenigstens teilweise im Gehäuse des Mikroskopobjektivs erstreckt, kann das Arbeitsorgan platzsparend in das Mikroskopobjektiv integriert werden, ohne das Objektiv in seinen äußeren Abmessungen zu vergrößern. Erfindungsgemäß erstreckt sich das Arbeitsorgan wenigstens teilweise durch das optische System. Dadurch beschränkt sich der Platzbedarf auf bereits vorhandenen Bauraum, ohne die äußeren Dimensionen des Objektivs zu erhöhen.

[0010] Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstände der Unteransprüche.

[0011] Es kann von Vorteil sein, wenn das Arbeitsorgan zur Lageerfassung und/oder Analyse und/oder Bearbeitung und/oder Beleuchtung des Zielobjekts ausgebildet ist. Dadurch kann das Arbeitsorgan vielfältige Funktionen übernehmen bzw. können diese im Arbeitsorgan vereint werden. Hierbei können grundsätzlich alle möglichen Kombinationen der oben genannten Funktionen im Mikroskopobjektiv realisiert werden.

[0012] Es kann vorteilhaft sein, wenn das optische System eine Linseneinheit mit wenigstens einer Linse und/oder eine Spiegeleinheit mit wenigstens einem Spiegel umfasst, wobei die Linseneinheit vorzugsweise mehrere Linsen und/oder die Spiegeleinheit bevorzugt mehrere Spiegel aufweist, wobei die Linsen und/oder die Spiegel eine optische Achse definieren.

[0013] Es kann praktisch sein, wenn sich das Arbeitsorgan zumindest abschnittsweise, vorzugsweise vollständig, auf oder entlang der optischen Achse erstreckt. Dadurch kann ein vollständiger oder zumindest teilweiser rotations-symmetrischer Aufbau des Objektivs bewerkstelligt werden. Bei dieser Anordnung treten die geringstmöglichen Störungen durch das Arbeitsorgan im durch das Objektiv erzeugten Bild auf.

[0014] Es kann von Nutzen sein, wenn das Arbeitsorgan teilweise aus dem Gehäuse herausragt. Dadurch kann das Arbeitsorgan in unmittelbarer Nähe der Oberfläche eines Zielobjekts positioniert werden bzw. mit dieser ggf. in Berührung kommen.

[0015] Es kann sich als hilfreich erweisen, wenn das Arbeitsorgan eingerichtet ist, dessen Lage und/oder dessen Abstand zu einer Oberfläche des Zielobjekts taktil zu erfassen, insbesondere bei Anordnung der Oberfläche des Zielobjekts in einer Objektebene, wobei das Arbeitsorgan vorzugsweise als Taster ausgebildet ist.

[0016] Es kann sich auch als hilfreich erweisen, wenn das Arbeitsorgan eingerichtet ist, dessen Lage und/oder dessen Abstand zu einer Oberfläche des Zielobjekts optisch zu erfassen, wobei das Arbeitsorgan vorzugsweise einen Sensor umfasst, der in diesen eingekoppelte Lichtstrahlen zur Messung von Interferenzerscheinungen oder optischen Nahfeldeffekten nutzt.

[0017] Es kann von Vorteil sein, wenn das Arbeitsorgan als Lichtleiter mit wenigstens einer optischen Schnittstelle zum Aus- oder Einkoppeln von Lichtstrahlen ausgebildet ist, vorzugsweise zum Transport von Lichtstrahlen zu dem Zielobjekt hin und/oder von dem Zielobjekt weg.

[0018] Es kann ebenso von Vorteil sein, wenn das Arbeitsorgan ausgebildet ist, um ein insbesondere fließfähiges Medium zu transportieren, vorzugsweise zu dem Zielobjekt hin und/oder von dem Zielobjekt weg, wobei das Arbeitsorgan bevorzugt als Kanüle ausgebildet ist.

[0019] Es kann von Nutzen sein, wenn das Arbeitsorgan ausgebildet ist, um das Zielobjekt mechanisch zu bearbeiten, vorzugsweise zu schneiden, wobei das Arbeitsorgan bevorzugt als Mikroklinge ausgebildet ist.

[0020] Es kann praktisch sein, wenn das Arbeitsorgan ausgebildet ist, um das Zielobjekt mit Energie zu beaufschlagen, vorzugsweise mit Strahlungsenergie, bevorzugt um das Zielobjekt zu erwärmen. Bei dieser Ausführung kann dem Zielobjekt Energie sehr genau zugeführt werden.

[0021] Es kann nützlich sein, wenn das Arbeitsorgan als Instrument zur Untersuchung des Zielobjekts ausgebildet ist, vorzugsweise zur Einführung in das Zielobjekt, bevorzugt als Sonde. Diese Ausführung vereinfacht insbesondere die Analyse konvex ausgebildeter Zielobjekte.

[0022] Es kann vorteilhaft sein, wenn das Arbeitsorgan zumindest teilweise durch eine optische Faser gebildet ist, wobei vorzugsweise ein dem Zielobjekt zugewandtes Ende der optischen Faser als Lichtleiter und/oder Taster und/oder Manipulator fungiert.

[0023] Es kann hilfreich sein, wenn das Mikroskopobjektiv wenigstens einen Antrieb zum Bewegen des Arbeitsorgans umfasst, vorzugsweise entlang und/oder um die Längsachse des Arbeitsorgans, bevorzugt zum Ausfahren des Arbeitsorgans aus dem Gehäuse des Objektivs heraus bzw. zum Einziehen in das Gehäuse hinein. Dadurch kann der Abstand zwischen dem Ende des Arbeitsorgans und der Oberfläche des Zielobjekts gezielt eingestellt werden.

[0024] Es kann praktisch sein, wenn das Mikroskopobjektiv ein Aufnahmeelement zur Aufnahme des Arbeitsorgans umfasst, wobei das Aufnahmeelement vorzugsweise in dem Gehäuse des Objektivs angeordnet ist, und besonders bevorzugt eine Optik zum Einkoppeln von Licht in das Arbeitsorgan und/oder eine Kraftmesseinrichtung zum Erfassen einer auf das Arbeitsorgan wirkenden Kraft umfasst.

[0025] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft einen Objektivrevolver, umfassend wenigstens ein Mikroskopobjektiv nach einer der vorangehenden Ausführungen, wobei der Objektivrevolver einen optischen Port zum Einkoppeln von Licht in das Mikroskopobjektiv und/oder einen elektrischen Port zum Einkoppeln von elektrischer Energie in das Mikroskopobjektiv umfasst.

[0026] Ein zusätzlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Mikroskop umfassend wenigstens ein Mikroskopobjektiv nach einer der vorangehenden Ausführungen oder den oben genannten Objektivrevolver.

Kurze Beschreibung der Figuren

Fig. 1a zeigt ein erfindungsgemäßes Mikroskopobjektiv 1 in einer Schnittansicht.

Fig. 1b zeigt das erfindungsgemäßes Mikroskopobjektiv 1 aus **Fig. 1a**, wobei das Arbeitsorgan C in Richtung der Oberfläche O eines Zielobjekts Z hin ausgefahren ist bzw. aus dem Gehäuse 2 herausragt.

Fig. 2 zeigt in einer zentralen Darstellung und in den Darstellungen a bis f schematisch verschie-

dene mögliche Ausgestaltungen und Funktionen des Arbeitsorgans C zur Interaktion mit dem Zielobjekt.

Detaillierte Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels

[0027] Wie aus den **Fig. 1a** und **1b** ersichtlich ist, besteht das erfindungsgemäße Mikroskopobjektiv 1 im Wesentlichen aus einem Gehäuse 2, einem optischen System 3 und einem Arbeitsorgan C. Das Gehäuse 2 weist näherungsweise eine hohlzylindrische Form auf, die am unteren Ende konisch zuläuft. Am oberen Ende ist das Gehäuse 2 mit einem Außengewinde versehen, mit dem das Objektiv 1 in eine Aufnahme am Mikroskop, insbesondere an einem Objektivrevolver des Mikroskops eingeschraubt werden kann.

[0028] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel besteht das optische System 3 aus einer Linseneinheit umfassend drei Linsenelemente, die im Inneren des Gehäuses 2 hintereinander entlang der Mittelachse des Gehäuses 2 angeordnet sind und damit eine optische Achse definieren. Eines der Linsenelemente verschließt das Objektiv 1 am konisch zulaufenden Ende. Es versteht sich von selbst, dass die Anzahl der Linsenelemente nicht auf drei beschränkt ist, sondern je nach Anforderung und Objektivtyp variiert werden kann.

[0029] Neben der in den **Fig. 1a**, **1b** und **2** dargestellten alleinigen Verwendung von Linsenelementen ist auch die alleinige Verwendung von Spiegelementen oder aber die kombinierte Verwendung von Linsen- und Spiegelementen zur Ausbildung des optischen Systems 3 denkbar.

[0030] Jedes der Linsenelemente ist mit einem Durchgangsloch in Form einer Bohrung versehen, die sich vorzugsweise auf der optischen Achse bzw. der Mittelachse des Gehäuses 2 befindet. Durch diese Bohrungen wird ein zentraler Kanal im optischen System 3 geschaffen, in dem das Arbeitsorgan C angeordnet ist. In einer alternativen Konfiguration kann das Arbeitsorgan C aber auch exzentrisch durch das optische System 3 oder zwischen dem optischen System 3 und Innenwand des Gehäuses 2 geführt sein. Das Arbeitsorgan C dient zur Interaktion mit dem Zielobjekt Z und ist im Wesentlichen als längliches stab- oder fadenartiges Element ausgebildet. Mithilfe eines Antriebs kann das Arbeitsorgan C entlang seiner Längsrichtung aus dem Gehäuse 2 heraus oder in das Gehäuse 2 hineingefahren werden (s. Doppelpfeil in **Fig. 1a**). Der Antrieb kann beispielsweise in ein Aufnahmeelement B integriert sein, das das Arbeitsorgan C im Inneren des Gehäuses 2 an seiner bestimmungsgemäßen Position hält. Mögliche konkrete Ausführungsformen des Arbeitsorgans C und die entsprechenden Funktionen des

Arbeitsorgans C zur Interaktion mit dem Zielobjekt Z sind in Zusammenhang mit **Fig. 2** beschrieben.

[0031] Wie aus **Fig. 1b** hervorgeht, ist es vorgesehen, dass das Arbeitsorgan C mit seinem dem Zielobjekt Z zugewandten Ende E in die Nähe der Oberfläche des Zielobjekts Z gebracht wird oder diese berührt. Dabei können das Mikroskopobjektiv 1 und das Zielobjekt Z zueinander unverschieblich fixiert sein und das Arbeitsorgan C mithilfe seines Antriebs in die gewünschte Position verfahren werden. Daneben ist es aber auch denkbar, dass das Arbeitsorgan C, insbesondere in einem Zustand, bei dem es abschnittsweise aus dem Gehäuse 2 herausragt, gegenüber dem Gehäuse fixiert ist, und dass das Mikroskopobjektiv 1 und/oder das Zielobjekt Z zueinander positioniert werden. In jedem Fall erfolgt die Positionierung des Arbeitsorgans C und/oder des Mikroskopobjektivs 1 und/oder des Zielobjekts Z so, dass das Arbeitsorgan C die gewünschte Interaktion mit dem Zielobjekt Z ausführen kann.

[0032] **Fig. 2** zeigt in der zentralen Darstellung und in den Darstellungen a bis f verschiedene Funktionen des Arbeitsorgans C zur Interaktion mit dem Zielobjekt Z.

[0033] In der zentralen Darstellung in **Fig. 2** ist das Arbeitsorgan C als Taster ausgebildet, welcher eine taktile Lageerfassung der Oberfläche O des Zielobjekts Z ermöglicht. Das Arbeitsorgan C kann dazu an seinem Ende E eine Verdickung in Art einer Kugel aufweisen. Bei Antastung der Oberfläche O des Zielobjekts Z wird die Verschiebung der Kugel durch eine Bildverarbeitungssoftware und somit die Lage der Oberfläche O erfasst. Alternativ kann das Aufnahmeelement B, das das Arbeitsorgan C im Inneren des Gehäuses 2 aufnimmt, eine Kraftmesseinrichtung umfassen, mit der ein Antasten bzw. eine Berührung des Endes E des Arbeitsorgans C und der Oberfläche O des Zielobjekts Z detektiert werden kann.

[0034] In der Darstellung a von **Fig. 2** ist das Arbeitsorgan C als Lichtsender / -Empfänger, Faserinterferometer oder Nahfeldsensor ausgebildet, womit die Lage der Oberfläche O des Zielobjekts Z optisch erfasst werden kann.

[0035] In der Darstellung b von **Fig. 2** ist das Arbeitsorgan C als Beleuchtungseinrichtung, insbesondere als Lichtverteiler oder allgemein als Lichtleiter ausgebildet. Durch geeignete optische Schnittstellen D, E zum Ein- und Auskoppeln von Lichtstrahlen in das bzw. aus dem Arbeitsorgan C kann ein Transport von Lichtstrahlen durch das Arbeitsorgan C bewerkstelligt und schließlich eine Beleuchtung zur Betonung von Oberflächenstrukturen der Oberfläche O des Zielobjekts Z erzeugt werden (Dunkelfeldmikroskopie).

[0036] In der Darstellung c von **Fig. 2** ist das Arbeitsorgan C als Teil eines bildgebenden mikrooptischen Systems ausgebildet. Das Arbeitsorgan C umfasst dazu eine Linse zur Bildaufnahme und eine Bildleitfaser zum Weiterleiten der Aufnahme an eine bildgebende Einrichtung des Mikroskops. Damit stellt das Arbeitsorgan C sozusagen ein Mikroskop am Mikroskop dar und ist beispielsweise besonders geeignet, um, im Sinne einer Sonde, Seitenwände von kleinen Kanälen oder Bohrungen auf der Oberfläche O des Zielobjekts Z zu untersuchen.

[0037] In der Darstellung d von **Fig. 2** ist das Arbeitsorgan C als kapazitiver oder induktiver Abstandssensor ausgebildet, mit dem zumindest ein Abstand zur Oberfläche O des Zielobjekts Z erfasst werden kann. Durch Verwendung von wenigstens zwei kapazitiven oder induktiven Abstandssensoren ist neben dem Abstand zwischen dem Ende des Arbeitsorgans C und der Oberfläche O des Zielobjekts Z die gegenseitige Lage von Arbeitsorgan C und Oberfläche O des Zielobjekts Z bestimmbar.

[0038] In der Darstellung e von **Fig. 2** ist das Arbeitsorgan C als Kapillare oder Kanüle zum Absaugen oder Auftragen eines Mediums von/auf der/die Oberfläche O des Zielobjekts Z ausgebildet. Bei dem Medium kann es sich beispielsweise um ein Fluid, ein Gas oder um Feststoffe, insbesondere um ein Reinigungsmittel, ein Schleif- oder Poliermittel oder einfach auch Luft handeln.

[0039] In der Darstellung f von **Fig. 2** ist das Arbeitsorgan C als Skalpell oder Mikroklunge („microblade“) ausgebildet. Damit kann die Oberfläche O des Zielobjekts Z mechanisch bearbeitet, insbesondere eingeschnitten werden, um beispielsweise eine Materialprobe zu entnehmen oder die Oberfläche O an der entsprechenden Stelle zu markieren.

[0040] Die oben in Zusammenhang mit **Fig. 2** beispielhaft genannten Funktionen betreffen die Lageerfassung, die Analyse, die Bearbeitung oder die Beleuchtung des Zielobjekts (Z) bzw. dessen Oberfläche O. Den verschiedenen Ausführungsformen des Arbeitsorgans C wurde in der obigen Beschreibung jeweils eine einzige Funktion zugeordnet. Es liegt aber ausdrücklich im Rahmen der Erfindung, dass das Arbeitsorgan C mehrere der oben genannten Funktionen in sich vereint.

[0041] Eine bevorzugte Ausführungsform des Arbeitsorgans C besteht beispielsweise in der kombinierten Ausführung als Taster und Lichtleiter: Mit diesem Ansatz werden Dunkelfeldbeleuchtung und tastendes System in das Mikroskopobjektiv integriert. In der Funktion als tastendes Element wird das Arbeitsorgan C mit seinem Ende E an die zu untersuchende Oberfläche O herangeführt. Somit kann sichergestellt werden, dass die Oberfläche O sicher

in der Objektebene des Objektivs positioniert ist, auch wenn diese transparent oder spiegelnd ist. In der Funktion als Lichtleiter kann das Arbeitsorgan C mithilfe einer geeigneten Auskoppelstruktur die Dunkelfeldbeleuchtung der Oberfläche O sicherstellen. Das Aufnahmeelement B kann in diesem Fall ein kombiniertes System aus Kraftsensor und Einkoppelelement sein. Das Ergebnis der mikroskopischen Betrachtung ist ein ringförmiges Bild, dessen Zentrum durch das Arbeitsorgan C verdeckt ist. Die Auflösung des Bildes wird jedoch nicht wesentlich beeinträchtigt, da die Randstrahlen hier bestimmend sind, die durch die Bohrung in den Linsen- bzw. Spiegelelementen nicht beeinflusst werden. Es kann aber auch ein vollständiges Bild erzielt werden, indem das Arbeitsorgan C nach Antastung der Oberfläche O in das Gehäuse 2 eingefahren wird.

[0042] Wie oben bereits erwähnt können die Funktionen Lageerfassung, Analyse, Bearbeitung und/oder Beleuchtung des Zielobjekts (Z) im Arbeitsorgan C beliebig kombiniert sein. Ein Arbeitsorgan, das alle Funktionen erfüllt, könnte beispielsweise eine Sonde sein, deren hohlzylindrischer Mantel als Lichtleiter, deren Spitze als Taster (evtl. in Kombination mit einer Kraftmesseinrichtung im Gehäuse 2) und deren Hohlraum als Kanal für ein Medium (evtl. Schleifmittel, Fluid etc.) und zur Entnahme von Flüssigkeiten aus dem Zielobjekt fungiert. Weiterhin wäre es möglich, eine Messeinrichtung wie etwa einen Temperaturfühler oder ein Radiatorelement zur Beaufschlagung des Zielobjekts mit Strahlungsenergie an der Spitze des Arbeitsorgans C vorzusehen.

[0043] Das oben beschriebene Mikroskopobjektiv 1 kann an einem Objektivrevolver montiert werden, wobei der Objektivrevolver wenigstens einen optischen Port zum Einkoppeln von Licht in das Mikroskopobjektiv 1 und/oder einen elektrischen Port zum Einkoppeln von elektrischer Energie in das Mikroskopobjektiv 1 umfasst. Weiterhin ist denkbar, dass der Objektivrevolver wenigstens einen weiteren Port zum Einkoppeln anderer Medien als Licht aufweist. Ein solcher Objektivrevolver bzw. das oben beschriebene Mikroskopobjektiv 1 bilden einen zentralen Teil eines Mikroskops.

Bezugszeichenliste

- | | |
|---|--|
| 1 | Mikroskopobjektiv |
| 2 | Gehäuse |
| 3 | Optisches System (Linseneinheit bzw. Spiegeleinheit) |
| B | Optik-und/oder Kraftmesselement (Aufnahmeelement) |
| C | Arbeitsorgan |
| D | optische Schnittstelle |

- E dem Zielobjekt zugewandtes Ende des Arbeitsorgans
 O Oberfläche des Zielobjekts
 Z Zielobjekt

Patentansprüche

1. Mikroskopobjektiv (1) mit einem Gehäuse (2) und einem in dem Gehäuse (2) angeordneten optischen System (3) zur Betrachtung eines im Sichtfeld des Mikroskopobjektivs (1) befindlichen Zielobjekts (Z), wobei das Mikroskopobjektiv (1) wenigstens ein zur Interaktion mit dem Zielobjekt (Z) dienendes Arbeitsorgan (C) umfasst, das sich wenigstens teilweise im Gehäuse (2) des Mikroskopobjektivs (1) erstreckt, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das Arbeitsorgan (C) wenigstens teilweise durch das optische System (3) erstreckt.

2. Mikroskopobjektiv (1) nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) zur Lageerfassung und/oder Analyse und/oder Bearbeitung und/oder Beleuchtung des Zielobjekts (Z) ausgebildet ist.

3. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische System (3) eine Linseneinheit mit wenigstens einer Linse und/oder eine Spiegeleinheit mit wenigstens einem Spiegel umfasst, wobei die Linseneinheit vorzugsweise mehrere Linsen und/oder die Spiegeleinheit bevorzugt mehrere Spiegel aufweist, wobei die Linsen und/oder die Spiegel eine optische Achse definieren.

4. Mikroskopobjektiv (1) nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das Arbeitsorgan (C) zumindest abschnittsweise, vorzugsweise vollständig, auf oder entlang der optischen Achse erstreckt.

5. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) teilweise aus dem Gehäuse (2) herausragt.

6. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) eingerichtet ist, die Lage oder den Abstand zu einer Oberfläche (O) des Zielobjekts (Z) taktil zu erfassen, insbesondere bei Anordnung der Oberfläche (O) des Zielobjekts (Z) in einer Objektebene, wobei das Arbeitsorgan (C) vorzugsweise als Taster ausgebildet ist.

7. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) eingerichtet ist, die Lage oder den Abstand zu einer Oberfläche (O) des Ziel-

objekts (Z) optisch zu erfassen, wobei das Arbeitsorgan (C) vorzugsweise einen Sensor umfasst, der in diesen eingekoppelte Lichtstrahlen zur Messung von Interferenzerscheinungen oder optischen Nahfeldeffekten nutzt.

8. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) als Lichtleiter mit wenigstens einer optischen Schnittstelle (D, E) zum Aus- und/oder Einkoppeln von Lichtstrahlen ausgebildet ist, vorzugsweise zum Transport von Lichtstrahlen zu dem Zielobjekt (Z) hin und/oder von dem Zielobjekt (Z) weg.

9. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) ausgebildet ist, um ein insbesondere fließfähiges Medium zu transportieren, vorzugsweise zu dem Zielobjekt (Z) hin und/oder von dem Zielobjekt (Z) weg, wobei das Arbeitsorgan (C) bevorzugt als Kanüle ausgebildet ist.

10. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) ausgebildet ist, um das Zielobjekt (Z) mechanisch zu bearbeiten, vorzugsweise zu schneiden, wobei das Arbeitsorgan (C) bevorzugt als Mikroklinge ausgebildet ist.

11. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) ausgebildet ist, um das Zielobjekt (Z) mit Energie zu beaufschlagen, vorzugsweise mit Strahlungsenergie, bevorzugt um das Zielobjekt (Z) zu erwärmen.

12. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) als Instrument zur Untersuchung des Zielobjekts (Z) ausgebildet ist, vorzugsweise zur Einführung in das Zielobjekt (Z), bevorzugt als Sonde.

13. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Arbeitsorgan (C) zumindest teilweise durch eine optische Faser gebildet ist, wobei vorzugsweise ein dem Zielobjekt (Z) zugewandtes Ende (E) der optischen Faser als Lichtleiter und/oder Taster und/oder Manipulator fungiert.

14. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mikroskopobjektiv (1) wenigstens einen Antrieb zum Bewegen des Arbeitsorgans (C) umfasst, vorzugsweise entlang und/oder um die Längsachse des Arbeitsorgans (C), bevorzugt zum Ausfahren des Arbeitsorgans (C) aus dem Gehäuse

(2) des Objektivs heraus bzw. zum Einziehen in das Gehäuse (2) hinein.

15. Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mikroskopobjektiv (1) ein Aufnahmeelement (B) zur Aufnahme des Arbeitsorgans (C) umfasst, wobei das Aufnahmeelement (B) vorzugsweise in dem Gehäuse (2) des Objektivs angeordnet ist und besonders bevorzugt eine Optik zum Einkoppeln von Licht in das Arbeitsorgan (C) und/oder eine Kraftmesseinrichtung zum Erfassen einer auf das Arbeitsorgan (C) wirkenden Kraft umfasst.

16. Objektivrevolver, umfassend mindestens ein Mikroskopobjektiv (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Objektivrevolver wenigstens einen optischen Port zum Einkoppeln von Licht in das Mikroskopobjektiv (1) und/oder einen elektrischen Port zum Einkoppeln von elektrischer Energie in das Mikroskopobjektiv (1) umfasst.

17. Mikroskop umfassend wenigstens ein Mikroskopobjektiv (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 oder einen Objektivrevolver nach Anspruch 16.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

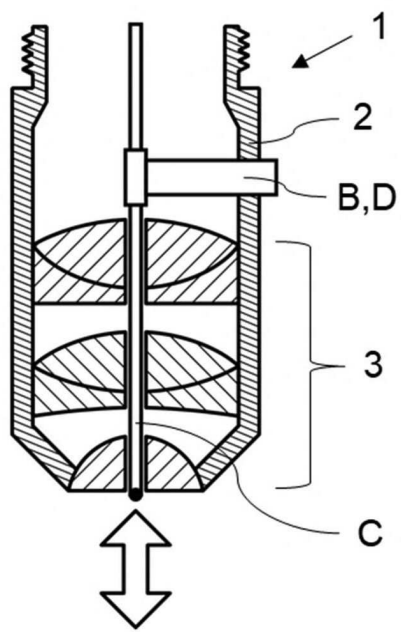


Fig. 1a

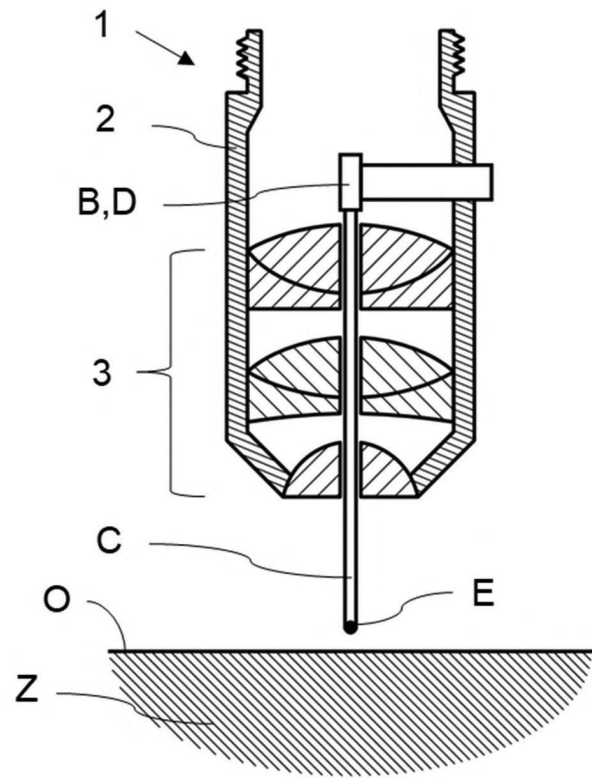


Fig. 1b

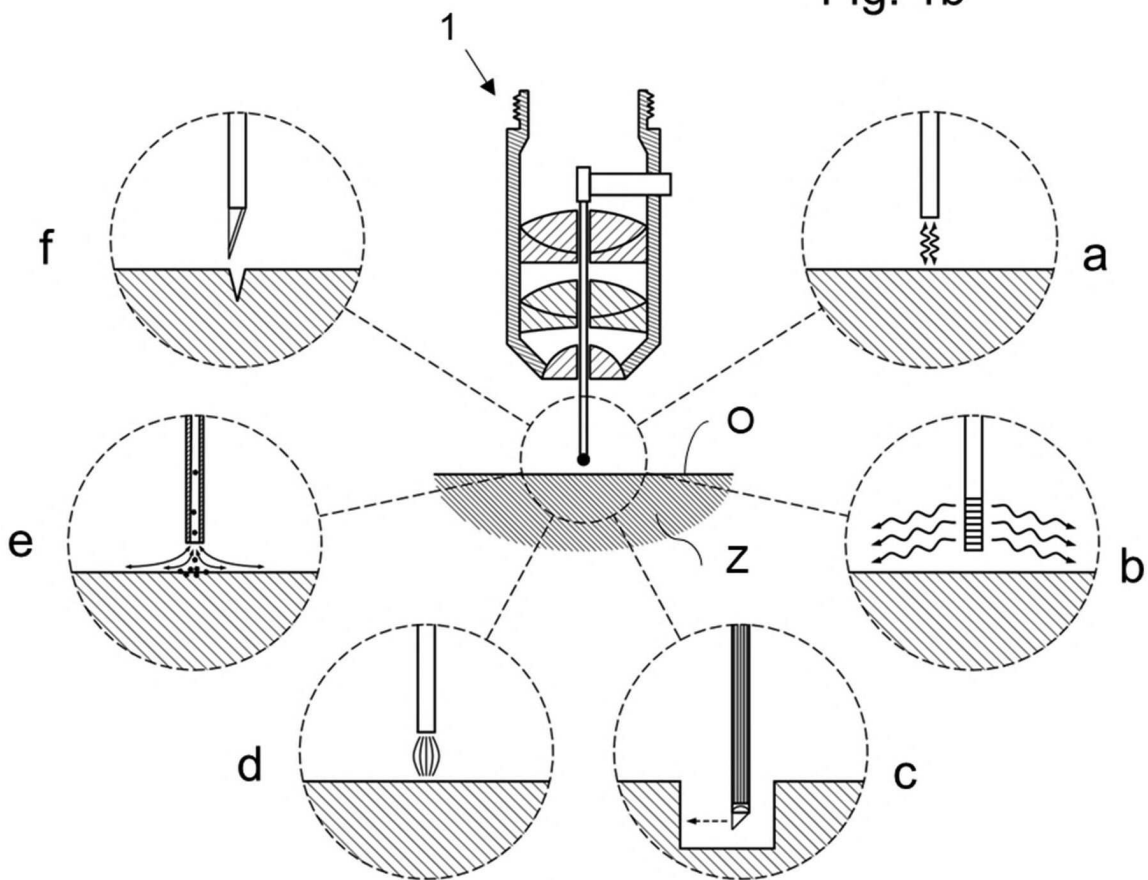


Fig. 2