



(10) **DE 10 2018 130 299 B4** 2020.08.06

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 130 299.1**  
(22) Anmeldetag: **29.11.2018**  
(43) Offenlegungstag: **04.06.2020**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **06.08.2020**

(51) Int Cl.: **G01N 21/63** (2006.01)  
**B01L 3/00** (2006.01)  
**C12M 1/34** (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:  
**PreSens Precision Sensing GmbH, 93053  
Regensburg, DE**

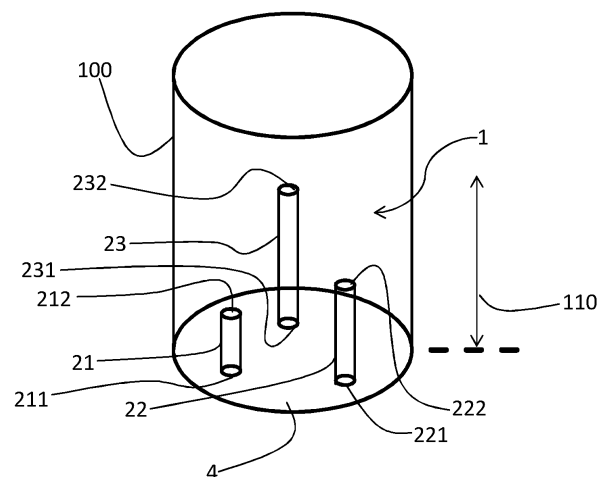
(74) Vertreter:  
**Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte,  
93049 Regensburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Stangelmayer, Achim, 86633 Neuburg, DE;  
Liebsch, Gregor, 93083 Obertraubling, DE; Meier,  
Robert J., 93152 Nittendorf, DE; Obermaier,  
Daniela, 94447 Plattling, DE; John, Gernot  
Thomas, 93096 Köfering, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**siehe Folgeseiten**

(54) Bezeichnung: **Sensoranordnung und Messverfahren**

(57) Hauptanspruch: Sensoranordnung (1), umfassend:  
eine Vielzahl an Lichtleitern (21, 22, 23, 24, 25), wobei jeder Lichtleiter ein erstes Ende (211, 221, 231) und ein zweites Ende (212, 222, 232) hat;  
eine Vielzahl an Sensorelementen (31, 32, 33), wobei jedes Sensorelement (31, 32, 33) der Vielzahl an Sensorelementen (31, 32, 33) ein optisches Verhalten aufweist, das von mindestens einem Analyten abhängt, und wobei jedes Sensorelement (31, 32, 33) der Vielzahl der Sensorelemente (31, 32, 33) auf dem zweiten Ende (212, 222, 232) eines Lichtleiters (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) angeordnet ist;  
einen Träger (4), auf dem das erste Ende (211, 221, 231) eines jeden Lichtleiters (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) an einer jeweils definierten Position angeordnet ist, wobei das zweite Ende (212, 222, 232) eines jeden Lichtleiters (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) sich bei einem definierten Abstand (110) senkrecht vom Träger (4) befindet;  
dadurch gekennzeichnet, dass sich die definierten Abstände (110) der zweiten Enden (212, 222, 232) für mindestens zwei Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) unterscheiden.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	102 27 962	A1
DE	10 2011 055 272	A1
DE	10 2013 109 010	A1
US	6 620 612	B1
US	2018 / 0 292 393	A1
EP	0 425 587	B1
WO	01/ 59 432	A2
WO	2003/ 064 990	A2
WO	2019/ 008 461	A1
JP	H10- 281 994	A

**FISCHER, Jan P. ; KOOP-JAKOBSEN, Ketil:**  
The multi fiber optode (MuFO): A novel system for simultaneous analysis of multiple fiber optic oxygen sensors. In: *Sensors and Actuators B: Chemical*, Bd. 168, 2012, S. 354-359. - ISSN 0925-4005 (P),. DOI: 10.1016/j.snb.2012.04.034. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925400512003838/pdf?md5=23ea2827175a287c75e11507bb69d1c5&pid=1-s2.0-S0925400512003838-main.pdf> [abgerufen am 2019-02-21].

**LIEBSCH, Gregor; Universität Regensburg:**  
Time-Resolved Luminescence Lifetime Imaging with Optical Chemical Sensors: set-up, controlling, concepts and applications. 2000. S. 1-178; I-IX; Titelseite.

**WEYAND, Birgit [u.a.]:** Noninvasive Oxygen Monitoring in Three-Dimensional Tissue Cultures Under Static and Dynamic Culture Conditions. In: *BioResearch Open Access*, Bd. 4, 2015, H. 1, S. 266-277. - ISSN 2164-7844 (P), 2164-7860 (E). DOI: 10.1089/biores.2015.0004. URL: <https://www.liebertpub.com/doi/pdf/10.1089/biores.2015.0004> [abgerufen am 2019-02-21].

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung mit Sensorelementen, welche ein von einem Analyten abhängiges optisches Verhalten aufweisen, sowie ein entsprechendes Messverfahren.

**[0002]** Die optische Überwachung von biologischen Strukturen wie sich zweidimensional oder dreidimensional erstreckenden Zellkulturen erfolgt zurzeit u.a. mit sauerstoff- und pHsensitiven Farbstoffen in Zellkulturmedien (Weyand et al., Biores. Open Access 4, 266-277 (2015)). Bei einigen Anwendungen kann dies nicht ohne Störungen durchgeführt werden, da einige Zellen diese Indikation nicht vertragen, und die Wechselwirkung mit dem Farbstoff das Ergebnis signifikant verfälscht.

**[0003]** Daneben gibt es eine Vielzahl von Systemen zur Messung von Markermolekülen, Proteinen, Nährstoffen und Metaboliten außerhalb der Kultur. Diese erfordern eine Probennahme und eine aufwändige Aufarbeitung der Probe sowie ausgefeilte Analysetechniken wie z. B. Kapillarelektrophorese, Massenspektroskopie oder enzymatische Assaysysteme. Durch die Probennahme wird ein Teil des Mediums entfernt und insbesondere bei geringen Kulturvolumen im 96-well Plattenformat kann dies das Ende der Kultivierung bedeuten.

**[0004]** Einige Parameter können direkt im Zellmedium beobachtet werden. So ist z.B. Phenolrot Bestandteil der meisten Nährmedien (ca. 15 mg/L) und dient als pH-Indikator sowie zum Aufzeigen von Bakterienverunreinigungen.

**[0005]** Eine andere Möglichkeit, Untersuchungen in der lebenden Zelle durchzuführen, liefern Fluoreszenzproteine wie GFP, die in der Zelle exprimiert werden. Dafür ist allerdings eine genetische Manipulation der Zellen erforderlich, die im Falle einer anschließenden medizinischen Anwendung der Zellverbände nicht gestattet ist.

**[0006]** Im Gegensatz zu alternativen Methoden, wie der Fluoreszenzmikroskopie, soll die Erfindung direkt im Prozess ohne Probenvorbereitung die Parameter bestimmen können. Die Probe soll auch nach der Beobachtung ohne Aufarbeitungsschritte weiterverwendet werden können. Nur so kann eine Optimierung des Prozesses stattfinden, da nur auf diese Weise die Kultivierung während der Messung nicht beeinflusst wird.

**[0007]** Die Vorteile der Erfindung liegen in der vereinfachten, miniaturisierten Messmethodik bzw. deren einfacher Anwendung und der Möglichkeit in komplexen Proben unter sterilen Bedingungen zu arbeiten. Die Erfindung ermittelt kontaminierungsfrei mehrere (bio)chemische Parameter orts aufgelöst

und in Echtzeit. Besonders die Möglichkeit der Bestimmung gelöster CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in biologischen Proben ermöglicht eine neue Perspektive, Zellwachstum und Metabolismus zu studieren und zu optimieren.

**[0008]** Das übergeordnete Interesse an der Lösung des Problems liegt im stetig steigenden Bedarf vor allem an dreidimensionalen Zellkulturen, sowohl in der Forschung und Entwicklung als auch im Bereich der regenerativen Medizin. Leider führen die extrem hohen Ansprüche an die Vitalität der Zellen von >95% in Sphäroiden z.B. für einen Einsatz in der Transplantation von Chondrozyten (Knorpelzellen) zu entsprechenden Ausfallraten bei der Anzucht der Zellen. Das wiederum führt zu immensen Kosten für zellbasierte Therapeutika, verursacht durch die vielen parallelen Kultivierungsansätze. Diese Ausfallrate könnte durch eine gezielte Überwachung der Kultivierung um bis zu 20% reduziert werden.

**[0009]** Durch die dreidimensionale Signalerfassung kann zwischen Zellen an verschiedenen Positionen im Zellverbund differenziert werden. Da die Messung keine Probennahme benötigt und die Sensorelemente und Lichtleiter so gestaltet sind, dass sie das Zellwachstum nicht hemmen, ist eine Weiterkultivierung der Kultur auch nach der Messung problemlos möglich.

**[0010]** Insgesamt ermöglicht das Konzept beispielsweise ein frühzeitiges Erkennen von Nährstoffmangel oder Kontaminationen bevor diese bei einer morphologisch-mikroskopischen Kontrolle der Zellen sichtbar werden und ermöglicht dadurch eine rechtzeitige Intervention.

**[0011]** Die US-Patentanmeldung US 2018/0292393 A1 betrifft eine Vorrichtung und ein zugehöriges Verfahren zur Messung von Eigenschaften biologischer Proben. An einem Deckel für eine Mikrotiterplatte sind Vorsprünge angebracht, an deren Ende jeweils Sensoren sitzen. Wird der Deckel auf die Mikrotiterplatte aufgesetzt, taucht in jede Vertiefung der Mikrotiterplatte ein Vorsprung ein. Die Sensoren werden durch den Boden der Mikrotiterplatte ausgelesen. Bei einer derartigen Anordnung ist die Einhaltung eines genauen Abstands zum Boden der jeweiligen Vertiefung problematisch. Der Deckel wird als Einheit auf die Mikrotiterplatte aufgelegt; neben Toleranzen bei der Fertigung der Vorsprünge gibt es aber auch Toleranzen bei der Ausbildung der einzelnen Vertiefungen, welche beispielsweise durch Abstandshalter für den Deckel ihrer individuellen Natur wegen nicht ausgeglichen werden können. Bei dieser Art von Deckel ist man auf Mikrotiterplatten passender Größe als Probenträger beschränkt. Eine gezielte Erfassung der Analytverteilung bei definierten Positionen ist nicht möglich.

**[0012]** Eine ähnliche Anordnung wird in der WO 03/064990 A2 offenbart. Dabei sind an einem Deckel für eine Mikrotiterplatte Lichtleiter angebracht, die bei auf die Mikrotiterplatte aufgesetztem Deckel in die Kavitäten der Mikrotiterplatte ragen. An den vom Deckel beabstandeten Enden der Lichtleiter sind Sensoren vorgesehen. Das Auslesen der Sensoren erfolgt durch die Lichtleiter. Die Nachteile dieser Anordnung sind analog den zu US 2018/0292393 A1 erörterten.

**[0013]** Es ist ferner bekannt, Sensoren am Ende einzelner Lichtleiter anzubringen und diese Enden der Lichtleiter in einer Probe zu positionieren. Hier ergeben sich Schwierigkeiten bei der genauen Positionierung der Sensoren in der Probe und auch bei der Führung der einzelnen Lichtleiter durch die Probe. Auch eine gebündelte Führung mehrerer solcher Lichtleiter ist möglich, was allerdings eine Beschränkung hinsichtlich der Positionierung der Lichtleiter zueinander in der Probe zur Folge hat, siehe den Artikel „The multi fiber optode (MuFO): A novel system for simultaneous analysis of multiple fiber optic oxygen sensors“ von J. P. Fischer et al., in *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 168, Seiten 354-359, 2012.

**[0014]** Es ist auch bekannt, die einzelnen Vertiefungen einer Mikrotiterplatte und darin befindliche Sensoren über einzelne Lichtleiter anzusprechen, und die gegenüberliegenden Enden der Lichtleiter auf eine kleinere Fläche zu bündeln, um sich an das Format von Detektorchips anzupassen, siehe die Dissertation von Gregor Liebsch, „Time-Resolved Luminescence Lifetime Imaging with Optical Chemical Sensors“, Universität Regensburg, 2000. Auch hier ist eine Erfassung der Analytverteilung an definierten Positionen in der Probe nicht möglich.

**[0015]** Die internationale Patentanmeldung PCT/IB 2018/054575 offenbart eine gegen die Horizontale geneigte Sensorfolie in einem Probenvolumen, so dass Werte des Analyten bei unterschiedlichen Abständen, etwa von einem Boden des Probengefäßes, erfasst werden können. Die diversen Halteeinrichtungen für die geneigte Sensorfolie stellen einen merklichen Eingriff in das Probenvolumen dar.

**[0016]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine Sensoranordnung bereitzustellen, mit der ein Analyt in einer Probe an definierten Positionen innerhalb des Probenvolumens gemessen werden kann, wobei die dazu erforderlichen Eingriffe in das Probenvolumen reduziert sein sollen. Ebenso soll ein entsprechendes Messverfahren angegeben werden.

**[0017]** Die Aufgabe wird hinsichtlich der Sensoranordnung gelöst durch eine Sensoranordnung gemäß Anspruch 1. Die Ansprüche 11 und 13 betreffen Herstellungsverfahren für die Sensoranordnung. Die An-

sprüche 14 und 16 betreffen entsprechende Messverfahren.

**[0018]** Die Unteransprüche enthalten jeweils vorteilhafte Ausgestaltungen.

**[0019]** Die erfindungsgemäße Sensoranordnung umfasst eine Vielzahl an Lichtleitern. Jeder Lichtleiter hat ein erstes Ende und ein zweites Ende. Die Sensoranordnung umfasst eine Vielzahl an Sensorelementen. Jedes Sensorelement weist ein optisches Verhalten auf, das von mindestens einem Analyten abhängt. Jedes Sensorelement der Vielzahl der Sensorelemente ist auf einem zweiten Ende eines Lichtleiters der Vielzahl der Lichtleiter angeordnet. Erfindungsgemäß sind die ersten Enden der Lichtleiter auf einem Träger an einer jeweils definierten Position angeordnet und befindet sich das zweite Ende eines jeden Lichtleiters der Vielzahl der Lichtleiter bei einem definierten Abstand senkrecht vom Träger. Auf diese Weise kann ein Analyt bei definierten Abständen vom Träger gemessen werden, insbesondere ist man nicht darauf beschränkt, Sensorelemente an Wandungen eines Probengefäßes anzubringen. Durch die definierte Anordnung der Lichtleiter auf dem Träger entfällt auch die Schwierigkeit, einzelne Lichtleiter definiert in einer Probe anzuordnen und an ihrer jeweiligen Position zu fixieren. Der Träger mit den Lichtleitern ist dabei dazu vorgesehen, in ein Probengefäß eingesetzt zu werden, soweit der Träger nicht selbst bereits einen Teil eines Probengefäßes bildet.

**[0020]** Die Lichtleiter sind dabei hinreichend formstabil in dem Sinne, dass sich die Lichtleiter weder unter ihrem Eigengewicht noch durch die Einwirkung einer Probe, in der der mindestens eine Analyt gemessen werden soll, wesentlich deformieren. Eine wesentliche Deformation ist hier als eine Deformation zu verstehen, bei der die Position des zweiten Endes des Lichtleiters relativ zum Träger sich in einem Ausmaß ändert, welches eine, je nach konkreter Messaufgabe, inakzeptable Verfälschung der Messergebnisse zur Folge hat. Beispielsweise soll die Positionsveränderung eines zweiten Endes eines Lichtleiters relativ zum Träger nicht mehr als einen Durchmesser des jeweiligen Lichtleiters betragen; geringere Positionsveränderungen sind selbstverständlich bevorzugt.

**[0021]** Am zweiten Ende eines Lichtleiters können mehrere Sensorelemente angeordnet sein, welche auf verschiedene Analyten empfindlich sein können, d.h. jedes der Sensorelemente zeigt ein optisches Verhalten, das von einem jeweiligen Analyten abhängt. Bei den Sensorelementen handelt es sich etwa um Polymerfolien, in die eine Sensorsubstanz, etwa ein Indikatorfarbstoff, eingebettet ist. In diesem Fall ist es die Sensorsubstanz, welche das optische Verhalten zeigt, das von dem Analyten abhängt. Die

Erfindung ist jedoch nicht auf diese Art Sensorelement beschränkt. Die Sensorelemente können zusätzlich Schutzschichten aufweisen, welche für einen Analyten permeabel sind, aber andere Stoffe, etwa Wasser, von der Sensorsubstanz fernhalten. Die Sensorelemente können beispielsweise durch einen oder mehrere Beschichtungsvorgänge direkt an den zweiten Enden der Lichtleiter erzeugt werden. Eine anderweitige Anbringung der Sensorelemente an den zweiten Enden der Lichtleiter ist aber selbstverständlich ebenfalls denkbar.

**[0022]** Bei dem optischen Verhalten kann es sich beispielsweise um eine Farbänderung, eine Änderung der Reflektivität, oder eine Lumineszenzerscheinung handeln. Lumineszenz umfasst Phosphoreszenz und Fluoreszenz. Bei einer Lumineszenz kann etwa eine Relaxationszeit der Lumineszenz von dem zu messenden Analyten abhängen. Solche verschiedenen Arten des optischen Verhaltens und ihre Ausnutzung zur Messung eines Analyten sind dem Fachmann bekannt.

**[0023]** Erfindungsgemäß unterscheiden sich die definierten Abstände der zweiten Enden senkrecht zum Träger für mindestens zwei Lichtleiter der Vielzahl der Lichtleiter. Auf diese Weise kann ein Analyt bei definierten verschiedenen Abständen vom Träger gemessen werden und man kann so gewissermaßen eine Aussage über die dreidimensionale Verteilung des Analyten treffen, etwa über Konzentrationsgradienten eines Analyten in der Richtung senkrecht zum Träger.

**[0024]** Konzentrationsgradienten können allgemein gesprochen auch gemessen werden, indem ein Sensor, etwa ein Mikrosensor an einem Mikromanipulator, durch eine flüssige Probe bewegt wird, und dabei Messungen vorgenommen werden, wenn sich der Sensor an definierten Positionen innerhalb der Probe befindet. Die Bewegung eines Sensors, selbst eines Mikrosensors, durch die Probe kann aber eine lokale Durchmischung der Probe bewirken, so dass etwaige Konzentrationsgradienten in der Umgebung des Sensors verschmiert werden. Bei Verwendung einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung tritt eine solche lokale Durchmischung der Probe nicht auf, da die Sensorelemente nicht durch die Probe bewegt werden müssen; dennoch kann ein Konzentrationsgradient bestimmt werden.

**[0025]** Es sind auch, nicht zur Erfindung gehörige, Sensoranordnungen denkbar, in denen die zweiten Enden aller Lichtleiter der Vielzahl der Lichtleiter bei dem gleichen Abstand senkrecht vom Träger liegen, abgesehen von etwaigen Fertigungstoleranzen.

**[0026]** In einer Ausführungsform folgt jeder Lichtleiter von seinem ersten Ende zu seinem zweiten Ende einem vorgegebenen Verlauf. Auf diese Weise

kann eine Sensoranordnung an geometrische Gegebenheiten der Probe, etwa einer Zellkultur, angepasst werden. Im einfachsten Fall verlaufen die Lichtleiter gerade und senkrecht zum Träger, genauer senkrecht zu der Oberfläche des Trägers, auf der sie angeordnet sind. Die Lichtleiter können aber auch gegen diese Oberfläche geneigt sein, oder einen gekrümmten Verlauf aufweisen. Wichtig ist stets, dass die Position des zweiten Endes des Lichtleiters, und damit des einen oder der mehreren Sensorelemente an diesem zweiten Ende, relativ zum Träger definiert, insbesondere bekannt, weil durch die Herstellung der Sensoranordnung vorgegeben, ist.

**[0027]** In einer Ausführungsform stimmt eine Gruppe von Lichtleitern der Vielzahl der Lichtleiter hinsichtlich der an ihrem jeweiligen zweiten Ende angeordneten Sensorelemente überein, das heißt, alle Lichtleiter der Gruppe haben an ihrem zweiten Ende gleichartige, insbesondere auf den gleichen Analyten empfindliche, Sensorelemente. Die Gruppe kann, muss aber nicht, alle Lichtleiter der Sensoranordnung umfassen. Für jeden Lichtleiter der Gruppe befindet sich das jeweilige zweite Ende bei einem anderen Abstand senkrecht vom Träger. Auf diese Weise kann ein Analyt bei verschiedenen Abständen senkrecht vom Träger gemessen werden. Beispielsweise könnte der Abstand des zweiten Endes eines ersten Lichtleiters der Gruppe senkrecht vom Träger 100 µm betragen, der Abstand des zweiten Endes eines zweiten Lichtleiters der Gruppe senkrecht vom Träger 50 µm betragen, der Abstand des zweiten Endes eines dritten Lichtleiters der Gruppe senkrecht vom Träger 10 µm betragen. Weder die genannten Abstände noch die Anzahl der Lichtleiter einer Gruppe stellen jedoch Einschränkungen für die Erfindung dar.

**[0028]** Der Träger ist vorzugsweise transparent, insbesondere kann der Träger aus Glas oder einem Polymer gebildet sein. Bei einem transparenten Träger kann Licht durch den Träger hindurch einfach in die Lichtleiter eingekoppelt und ebenso Licht einfach durch den Träger hindurch aus den Lichtleitern ausgekoppelt werden.

**[0029]** In einer vorteilhaften Ausführungsform bestehen Lichtleiter und Träger aus dem gleichen transparenten Material und sind stoffschlüssig miteinander verbunden. Insbesondere können Lichtleiter und Träger ein einstückiges Element bilden.

**[0030]** Am Träger kann ein Stützmittel für eine Zellkultur vorgesehen sein, etwa eine Zellkrone. Das Stützmittel kann einstückig mit dem Träger gefertigt sein, oder am Träger können Befestigungsbereiche für das Stützmittel vorgesehen sein.

**[0031]** In einer Ausführungsform sind am Träger ein oder mehrere Bereiche zur Zusammenwirkung mit einer Positioniereinrichtung für die Sensoranordnung

ausgebildet. Mit der Positioniereinrichtung kann die Sensoranordnung zuverlässig und mit hinreichender Positionierungsgenauigkeit in einem Probenbehälter angebracht werden. Es wäre zum Beispiel denkbar, den Träger der Sensoranordnung mit einer Wandung des Probenbehälters zu verkleben, wobei die Positionierung des Trägers durch die Positioniereinrichtung erfolgt. Die Positioniereinrichtung kann den Träger beispielsweise durch Unterdruck halten oder es kann sich bei der Positioniereinrichtung um einen Greifer handeln, der den Träger an dem einen oder mehreren zur Zusammenwirkung mit dem Greifer vorgesehenen Bereichen fasst. Auch andere Arten von Positioniereinrichtungen sind denkbar. Indem bestimmte Bereiche zur Zusammenwirkung mit einer Positioniereinrichtung vorgesehen werden, wird die Gefahr vermindert, dass Lichtleiter durch die Positioniereinrichtung beschädigt oder in ihrem Verlauf verändert werden.

**[0032]** In einer weiteren Ausführungsform ist der Träger durch mindestens eine Wandung eines Probengefäßes gebildet. Das heißt, in dieser Ausführungsform ist der Träger mit den Lichtleitern kein separates Bauteil, welches in ein Probengefäß eingesetzt werden kann, sondern die Lichtleiter sind direkt an der Wandung eines Probengefäßes ausgebildet.

**[0033]** Die Lichtleiter können durch 3D-Druck gebildet werden. Zusätzlich kann auch der Träger durch 3D-Druck gefertigt werden. Insbesondere kann ein Träger mit Lichtleitern durch 3D-Druck als ein einziges Element hergestellt werden. Dieses Verfahren eignet sich besonders, wenn Träger und Lichtleiter aus einem Polymer hergestellt werden.

**[0034]** In einem alternativen Herstellungsverfahren für eine vorstehend beschriebene Sensoranordnung werden die Lichtleiter durch Materialabtrag und/oder Materialrestrukturierung mittels Laserstrahlung hergestellt. Dieses Verfahren eignet sich besonders, wenn Träger und Lichtleiter aus Glas hergestellt werden. Es kann hierzu beispielsweise ein Femtosekundenlaser verwendet werden, etwa in einer „Laser µFAB Microfabrication Workstation“ von Newport.

**[0035]** Bei einem Verfahren zur Messung mindestens eines Analyten in einer Probe wird beispielsweise wie folgt vorgegangen: Wenigstens eine Sensoranordnung der oben beschriebenen Art wird in einem Probengefäß angebracht. Vor oder nach diesem Anbringen wird die Probe in das Probengefäß gefüllt. Es wird sodann Anregungslicht in mindestens eine Teilmenge der Lichtleiter der Sensoranordnung eingekoppelt; es müssen also nicht zu jeder Messung alle Lichtleiter der Sensoranordnung verwendet werden. Das Anregungslicht ist geeignet, das von dem zu messenden Analyten abhängige optische Verhalten wenigstens eines Sensorelements, welches am zweiten Ende eines Lichtleiters der Teilmenge der Lichtlei-

ter angeordnet ist, anzuregen. Die Antwort des Sensorelements besteht in Licht, entsprechend dem optischen Verhalten des Sensorelements. Dieses Licht der Antwort des wenigstens einen Sensorelements wird durch die Teilmenge der Lichtleiter geführt und mit mindestens einem Detektor detektiert. Das Ausgangssignal des wenigstens einen Detektors wird ausgewertet, um den wenigstens einen Analyten zu messen. In einer speziellen Ausgestaltung des Verfahrens wird jeweils eine Sensoranordnung in einer Vielzahl von Vertiefungen einer Mikrotiterplatte angeordnet.

**[0036]** Eine Variante des Verfahrens verwendet eine erfindungsgemäße Sensoranordnung, bei der der Träger durch eine Wandung eines Probengefäßes gegeben ist. Hier wird das Probengefäß mit der Probe befüllt. Es wird sodann Anregungslicht in mindestens eine Teilmenge der Lichtleiter der Sensoranordnung eingekoppelt; es müssen also nicht zu jeder Messung alle Lichtleiter der Sensoranordnung verwendet werden. Das Anregungslicht ist geeignet, das von dem zu messenden Analyten abhängige optische Verhalten wenigstens eines Sensorelements, welches am zweiten Ende eines Lichtleiters der Teilmenge der Lichtleiter angeordnet ist, anzuregen. Die Antwort des Sensorelements besteht in Licht, entsprechend dem optischen Verhalten des Sensorelements. Dieses Licht der Antwort des wenigstens einen Sensorelements wird durch die Teilmenge der Lichtleiter geführt und mit mindestens einem Detektor detektiert. Das Ausgangssignal des wenigstens einen Detektors wird ausgewertet, um den wenigstens einen Analyten zu messen.

**[0037]** Bei den Messverfahren kann das Erfassen durch einen Detektor vorteilhaft dadurch erfolgen, dass ein Bild eines transparenten Trägers von der den Lichtleitern abgewandten Seite des Trägers her aufgenommen wird. Aufgrund der definierten Anordnung der ersten Enden der Lichtleiter auf dem Träger ist jeder Lichtleiter in dem Bild identifizierbar. Da von jedem Lichtleiter auch die Position des zweiten Endes bekannt ist, lässt sich im aufgezeichneten Bild zuordnen, von welchem Ort in der Probe die jeweiligen Signale stammen.

**[0038]** Zur optischen Anregung einer Sensorsubstanz und zur Auswertung der optischen Antwort der Sensorsubstanz sind dem Fachmann etliche Verfahren wohlbekannt. Beispiele finden sich etwa in den deutschen Patentanmeldungen DE 10 2011 055 272 A1 und DE 10 2013 109 010 A1, sowie den darin zitierten Dokumenten des Standes der Technik. Derartige Verfahren können auch bei Verwendung der erfindungsgemäßen Sensoranordnung zum Einsatz kommen. Ebenso kennt der Fachmann eine Vielzahl von Sensorsubstanzen und ihre Eignung zur Messung jeweiliger Analyten.

**[0039]** Unter der Messung eines Analyten, also eines nachzuweisenden Stoffes, wird verstanden, dass die Konzentration oder der Partialdruck des Analyten in der Probe bis auf fachübliche Fehlergrenzen bestimmt wird, oder auch nur, dass bestimmt wird, ob Konzentration oder Partialdruck des Analyten innerhalb eines bestimmten Bereiches liegen. Dieser Bereich kann eine obere Grenze und eine untere Grenze, oder auch nur eine obere oder nur eine untere Grenze haben.

**[0040]** Bei der Probe kann es sich um ein Zellkulturmedium handeln, die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt. Erfindungsgemäße Sensoranordnung und erfindungsgemäße Messverfahren können allgemein bei flüssigen Proben, aber auch bei gasförmigen Proben eingesetzt werden; auch ein Einsatz bei Proben, die in Form granulärer Materie vorliegen, ist denkbar.

**[0041]** Nachfolgend werden die Erfindung und ihre Vorteile noch an Hand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

**Fig. 1** zeigt eine schematische perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung in einem Probengefäß.

**Fig. 2** zeigt eine schematische Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Sensoranordnung.

**Fig. 3** zeigt schematisch eine Vielzahl erfindungsgemäßer Sensoranordnungen bei Einsatz in einer Mikrotiterplatte.

**Fig. 4** zeigt schematisch ein Beispiel der Verwendung einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung zusammen mit einer Zellkrone.

**Fig. 5** zeigt schematisch ein weiteres Beispiel des Einsatzes einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung in einem Probengefäß.

**Fig. 6** zeigt schematisch ein weiteres Beispiel des Einsatzes einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung in einem Probengefäß.

**Fig. 7** zeigt schematisch jeweils eine erfindungsgemäße Sensoranordnung in Probengefäßen mit unterschiedlichem Verlauf der Sauerstoffkonzentration.

**Fig. 8** zeigt schematisch ein zu der Anordnung aus **Fig. 7** jeweils erfasstes Bild.

**Fig. 9** zeigt schematische Diagramme, die den Verlauf der Sauerstoffkonzentration als Funktion des Orts zeigen.

**Fig. 10** zeigt eine zu den **Fig. 7** bis **Fig. 9** gehörige Längenskala.

**Fig. 11** zeigt eine Mikrotiterplatte mit mehreren erfindungsgemäßen Sensoranordnungen zusammen mit einer Kamera.

**Fig. 12** zeigt eine Mikrotiterplatte mit mehreren erfindungsgemäßen Sensoranordnungen zusammen mit einer Vielzahl von Lichtleitern.

**[0042]** Die Zeichnungen stellen lediglich Beispiele dar, wie die Erfindung ausgestaltet sein kann und dienen zur Erläuterung und Veranschaulichung bestimmter Einzelheiten möglicher Ausführungsformen. Keinesfalls sind die Zeichnungen und ihre zugehörige Beschreibung als Beschränkung der Erfindung auf die in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsformen aufzufassen.

**[0043]** **Fig. 1** zeigt eine schematische perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung **1** in einem Probengefäß **100**. In der gezeigten Ausführungsform sind auf einem Träger **4** der Sensoranordnung **1** drei Lichtleiter **21**, **22**, **23** angeordnet. Ein jeweiliges erstes Ende, **211**, **221**, **231** der Lichtleiter **21**, **22**, **23** ist an einer definierten Position auf dem Träger **4** angeordnet. Ein jeweiliges zweites Ende, **212**, **222**, **232** der Lichtleiter **21**, **22**, **23** befindet sich in einem definierten Abstand **110** senkrecht vom Träger **4**. In der gezeigten Ausführungsform ist dieser definierte Abstand **110** für jeden der Lichtleiter **21**, **22**, **23** unterschiedlich. Am zweiten Ende **212**, **222**, **232** eines jeden Lichtleiters **21**, **22**, **23** ist jeweils mindestens ein Sensorelement vorgesehen (nicht gezeigt). Jedes Sensorelement weist ein optisches Verhalten auf, das von mindestens einem Analyten abhängt.

**[0044]** **Fig. 2** zeigt eine schematische Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Sensoranordnung **1**. Dargestellt sind der Träger **4** sowie die Lichtleiter **21**, **22**, **23**. An den zweiten Enden der Lichtleiter **21**, **22**, **23** sind in der gezeigten Ausführungsform jeweils drei Sensorelemente **31**, **32**, **33** angeordnet, und die Sensorelemente **31**, **32**, **33** sind für alle drei Lichtleiter **21**, **22**, **23** gleichartig. Jedes der Sensorelemente **31**, **32**, **33** ist auf einen anderen Analyten sensitiv, zeigt also ein jeweiliges optisches Verhalten, das von einem jeweils anderen Analyten abhängt. Beispielsweise kann Sensorelement **31** pH-sensitiv sein, das Sensorelement **32** kann auf Sauerstoff sensitiv sein und das Sensorelement **33** kann auf Kohlendioxid sensitiv sein. Allgemein kann eine erfindungsgemäße Sensoranordnung **1** mehr als drei Lichtleiter umfassen. Am zweiten Ende eines jeden Lichtleiters ist mindestens ein Sensorelement angeordnet, in der in **Fig. 2** gezeigten Anordnung sind es drei Sensorelemente pro zweitem Ende, was also keine Einschränkung der Erfindung darstellt. Ebenso stellt der kreisförmige Querschnitt von Träger, Lichtleitern und Sensorelementen keine Einschränkung der Erfindung dar. Es ist auch denkbar, dass am zweiten Ende eines Lichtleiters ein oder mehrere Elemente zur Referenzierung oder Kalibrierung vorgesehen sind. Ferner ge-

zeigt sind hier noch zwei Bereiche **42**, welche zur Zusammenwirkung mit einer Positioniereinrichtung vorgesehen sind.

**[0045]** Fig. 3 zeigt eine Vielzahl von erfindungsgemäßen Sensoranordnungen **1**, wobei jede der Sensoranordnungen **1** in eine Vertiefung einer Mikrotiterplatte **200** eingesetzt ist. Jede der Sensoranordnungen **1** umfasst vier Lichtleiter **21, 22, 23, 24**. Auf jedem der Lichtleiter **21, 22, 23, 24** können an seinem jeweiligen zweiten Ende ein oder mehrere Sensorelemente angeordnet sein, wie beispielsweise zu Fig. 2 erläutert.

**[0046]** Fig. 4 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Sensoranordnung **1** in Verbindung mit einer Zellkrone **6**, welche als Stützmittel für eine Zellkultur vorgesehen ist. Die Zellkrone **6** ist auf dem Träger **4** der Sensoranordnung **1** angebracht. Die Sensoranordnung **1** umfasst hier zwei Lichtleiter **21, 22**, an deren zweiten Enden **212** und **222** jeweils mindestens ein Sensorelement (nicht gezeigt) angeordnet ist. Die beiden zweiten Enden **212, 222** befinden sich bei unterschiedlichen Abständen **110** senkrecht vom Träger **4**. In der gezeigten Ausführungsform verläuft der Lichtleiter **21** gerade und senkrecht zum Träger **4**. Der Lichtleiter **22** hat einen gekrümmten Verlauf. Dadurch kann, obwohl das erste Ende **221** des Lichtleiters **22** auf dem Träger **4** seitlich der Zellkrone **6** angeordnet ist, das zweite Ende **222** des Lichtleiters **22** über der Zellkrone **6** positioniert werden, und so können das eine oder die mehreren Sensorelemente an zweiten Ende **222** einen oder mehrere Analyten oberhalb der Zellkrone **6** messen.

**[0047]** Fig. 5 zeigt ein Probengefäß **100**, in welchem eine erfindungsgemäße Sensoranordnung **1** angebracht ist. Dabei ist der Träger **4** der Sensoranordnung **1** über Halteelemente **41** am oberen Rand des Probengefäßes **100** aufgehängt. In dem gezeigten Beispiel erstrecken sich die Lichtleiter **21, 22, 23, 24, 25** der Sensoranordnung **1** nach unten. Die zweiten Enden der Lichtleiter **21, 22, 23, 24, 25** liegen bei unterschiedlichen definierten Abständen **110** senkrecht zum Träger **4**. Die Halteelemente **41** können so ausgestaltet sein, dass das Probengefäß **100** nach oben offen bleibt. Alternativ können Halteelemente **41** und Träger **4** zusammen einen Deckel bilden, welcher das Probengefäß **100** verschließt.

**[0048]** Fig. 6 zeigt eine Anordnung, welche weitgehend analog zu der in der Fig. 5 gezeigten ist. Im Unterschied zu der in Fig. 5 gezeigten Anordnung erstrecken sich die Lichtleiter **21, 22, 23, 24, 25** nach oben, zur Öffnung des Probengefäßes **100**.

**[0049]** Fig. 7 zeigt ein Probengefäß **100**, in dem sich eine Probe **150** befindet, sowie eine erfindungsgemäße Sensoranordnung **1**. In der gezeigten Ausführungsform ist der Träger **4** der Sensoranordnung **1**

durch eine Wandung **101**, genauer den Boden, des Probengefäßes **100** gegeben, und die Sensoranordnung **1** umfasst vier Lichtleiter **21, 22, 23, 24**. Für das gezeigte Beispiel sei angenommen, dass an den zweiten Enden der Lichtleiter **21, 22, 23, 24** jeweils ein auf Sauerstoff sensitives Sensorelement angeordnet ist. Ebenfalls gezeigt ist eine Kamera **300**, um ein Bild der Sensoranordnung **1** durch den transparenten Boden des Probengefäßes **100**, das heißt hier durch den Träger **4** der Sensoranordnung **1**, aufzunehmen. Lichtquellen zur Anregung des optischen Verhaltens der jeweiligen Sensorelemente der Sensoranordnung **1** können bei Bedarf an der Kamera **300** oder anderweitig in dem Aufbau vorgesehen sein. Im Übrigen können auch weitere optische Elemente zur Führung von Anregungslicht und Antwort der Sensorelemente vorgesehen sein. Diese optischen Elemente sind hier nicht dargestellt, da für die Erfindung unerheblich und vom Fachmann je nach konkretem Aufbau in bekannter Weise zu wählen.

**[0050]** Der eben beschriebene Aufbau ist in Fig. 7 in drei Situationen A, B, C dargestellt, welche sich in der Abhängigkeit der Sauerstoffkonzentration vom Abstand **110** senkrecht zum Träger **4** unterscheiden. Bereiche unterschiedlicher Sauerstoffkonzentration sind in der Darstellung durch verschiedene Grautöne angedeutet. Dunklere Grautöne bedeuten eine höhere Sauerstoffkonzentration.

**[0051]** Fig. 8 zeigt mit Bezug auf Fig. 7 schematisch die in den Situationen A, B und C jeweils von der Kamera **300** aufgezeichneten Bilder, das heißt, die über die Lichtleiter **21, 22, 23, 24** und durch den Träger **4** geleitete optische Antwort der Sensorelemente an den zweiten Enden der Lichtleiter **21, 22, 23, 24**, welche durch einen Detektor in der Kamera **300** erfasst wurde. Dabei sind die dargestellten Kreise, die den jeweiligen Lichtleitern entsprechen, gemäß der jeweiligen Sauerstoffkonzentration in unterschiedlichen Grautönen wiedergegeben. Die Zahlen unterhalb der Kreise sind Prozentangaben, welche die jeweilige Sauerstoffkonzentration relativ zur Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre angeben.

**[0052]** Fig. 9 zeigt mit Bezug auf Fig. 7 drei Diagramme, eines für jede der Situationen A, B, C, welche schematisch den Verlauf der Sauerstoffkonzentration als Funktion des Abstandes vom Träger zeigen. Die vier Punkte auf der Kurve entsprechen dabei jeweils dem Wert der Sauerstoffkonzentration am Ort eines der zweiten Enden der Lichtleiter **21, 22, 23, 24**.

**[0053]** Fig. 10 zeigt mit Bezug auf Fig. 7 und Fig. 8 am Beispiel der Kreisbilder der Situation B konkret die Abstandsabhängigkeit der Sauerstoffkonzentration an Hand einer Skala, welche den Abstand der zweiten Enden der jeweiligen Lichtleiter **21, 22, 23, 24** vom Träger **4** angibt.



**[0054] Fig. 11** zeigt schematisch eine transparente Mikrotiterplatte **200**, in deren Vertiefungen **210** jeweils eine erfindungsgemäße Sensoranordnung **1** eingesetzt ist. Von der Sensoranordnung **1** sind der ebenfalls transparente Träger und drei Lichtleiter angedeutet. An einer Kamera **300** mit Detektor **310** ist ein Ringlicht **400** angeordnet. Das Ringlicht **400** ist dazu vorgesehen, Anregungslicht **410** in Richtung der Vielzahl der Sensoranordnungen **1** in der Mikrotiterplatte **200** auszusenden. Licht **420** einer optischen Antwort der Sensorelemente der Sensoranordnungen **1** wird durch die Kamera **300** auf den Detektor **310** abgebildet. Zur Steuerung des Ringlichtes **400** und der Kamera **300** ist eine Kontrolleinheit **500** vorgesehen. Die Kontrolleinheit **500** übernimmt in dem gezeigten Beispiel auch die Auswertung der Ausgabesignale des Detektors **310**, um aus diesen Ausgabesignalen Konzentration oder Partialdruck mindestens eines Analyten zu ermitteln. Zur Durchführung ihrer Aufgaben verfügt die Kontrolleinheit **500** beispielsweise über einen oder mehrere Mikroprozessoren und Speichereinheiten. In den Speichereinheiten sind Programmanweisungen zur Durchführung von Messprotokollen und Auswerteverfahren gespeichert, sowie zusätzliche hierfür erforderliche Daten, etwa Kalibrierdaten.

**[0055]** Eine Kamera und ein Ringlicht oder eine andere Beleuchtungsquelle können selbstverständlich auch dann eingesetzt werden, wenn das Probengefäß nicht durch eine Mikrotiterplatte gegeben sondern anderweitig ausgestaltet ist; nicht einschränkende Beispiele für andere Probengefäße wären etwa Bechergläser, Erlenmeyerkolben, Flaschen.

**[0056] Fig. 12** zeigt schematisch eine transparente Mikrotiterplatte **200**, in deren Vertiefungen **210** jeweils eine erfindungsgemäße Sensoranordnung **1** eingesetzt ist. Von der Sensoranordnung **1** sind der ebenfalls transparente Träger und drei Lichtleiter angedeutet. Jeder Vertiefung **210** der Mikrotiterplatte **200** sind jeweils ein Lichtleiter **610** und eine Koppeloptik **620** zugeordnet. Die Koppeloptik **620** ist dazu vorgesehen, Licht aus dem Lichtleiter **610** durch die transparente Mikrotiterplatte **200** zu der jeweiligen erfindungsgemäßen Sensoranordnung **1** zu leiten, und Licht, das einer optischen Antwort der Sensorelemente der Sensoranordnung entspricht, in den jeweiligen Lichtleiter **610** zu fokussieren. Alle Lichtleiter sind mit einem Detektorsystem **600** verbunden. Das Detektorsystem **600** erfasst das in den einzelnen Lichtleitern **610** geführte Licht, das einer optischen Antwort der Sensorelemente der jeweiligen Sensoranordnung **1** entspricht, und wandelt dieses in Ausgangssignale um, welche von einer Kontrolleinheit **500** ausgewertet werden, um Konzentration oder Partialdruck mindestens eines Analyten zu ermitteln. Die Auswertung erfolgt dabei getrennt für jedes Sensorelement jeder Sensoranordnung **1**. Im Detektorsystem **600** ist ferner mindestens eine Licht-

quelle vorgesehen, um Anregungslicht für die Sensorelemente der Sensoranordnungen **1** in die Lichtleiter **610** einzuspeisen. Die Kontrolleinheit **500** übernimmt in der gezeigten Ausführungsform auch die Steuerung dieser mindestens einen Lichtquelle.

**[0057]** Zur Durchführung ihrer Aufgaben verfügt die Kontrolleinheit **500** beispielsweise über einen oder mehrere Mikroprozessoren und Speichereinheiten. In den Speichereinheiten sind Programmanweisungen zur Durchführung von Messprotokollen und Auswerteverfahren gespeichert, sowie zusätzliche hierfür erforderliche Daten, etwa Kalibrierdaten.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Sensoranordnung
<b>4</b>	Träger
<b>6</b>	Zellkrone
<b>21, 22, 23, 24, 25</b>	Lichtleiter
<b>31, 32, 33</b>	Sensorelement
<b>41</b>	Halteelement
<b>42</b>	Bereich (zur Zusammenwirkung mit Positioniereinrichtung)
<b>100</b>	Probengefäß
<b>101</b>	Wandung (des Probengefäßes)
<b>110</b>	Abstand (senkrecht vom Träger)
<b>150</b>	Probe
<b>200</b>	Mikrotiterplatte
<b>210</b>	Vertiefung (der Mikrotiterplatte)
<b>211, 221, 231</b>	erstes Ende (der Lichtleiter)
<b>212, 222, 232</b>	zweites Ende (der Lichtleiter)
<b>300</b>	Kamera
<b>310</b>	Detektor
<b>400</b>	Ringlicht
<b>410</b>	Anregungslicht
<b>420</b>	Licht (optische Antwort)
<b>500</b>	Kontrolleinheit
<b>600</b>	Detektorsystem
<b>610</b>	Lichtleiter
<b>620</b>	Koppeloptik

## Patentansprüche

1. Sensoranordnung (1), umfassend:
  - eine Vielzahl an Lichtleitern (21, 22, 23, 24, 25), wobei jeder Lichtleiter ein erstes Ende (211, 221, 231) und ein zweites Ende (212, 222, 232) hat;
  - eine Vielzahl an Sensorelementen (31, 32, 33), wobei jedes Sensorelement (31, 32, 33) der Vielzahl an Sensorelementen (31, 32, 33) ein optisches Verhalten aufweist, das von mindestens einem Analyten abhängt, und wobei jedes Sensorelement (31, 32, 33) der Vielzahl der Sensorelemente (31, 32, 33) auf dem zweiten Ende (212, 222, 232) eines Lichtleiters (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) angeordnet ist;
  - einen Träger (4), auf dem das erste Ende (211, 221, 231) eines jeden Lichtleiters (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) an einer jeweils definierten Position angeordnet ist, wobei das zweite Ende (212, 222, 232) eines jeden Lichtleiters (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) sich bei einem definierten Abstand (110) senkrecht vom Träger (4) befindet;
  - dadurch gekennzeichnet**, dass sich die definierten Abstände (110) der zweiten Enden (212, 222, 232) für mindestens zwei Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) unterscheiden.
2. Sensoranordnung (1) nach Anspruch 1, wobei jeder Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) von seinem ersten Ende (211, 221, 231) zu seinem zweiten Ende (212, 222, 232) einem vorgegebenen Verlauf folgt.
3. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei auf dem zweiten Ende (212, 222, 232) wenigstens eines Lichtleiters (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) mehr als ein Sensorelement (31, 32, 33) angeordnet ist.
4. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Gruppe von Lichtleitern (21, 22, 23, 24, 25) der Vielzahl der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) hinsichtlich der an ihrem jeweiligen zweiten Ende (212, 222, 232) angeordneten Sensorelemente (31, 32, 33) übereinstimmt, und für jeden Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) der Gruppe der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) das jeweilige zweite Ende (212, 222, 232) bei einem anderen Abstand (110) senkrecht vom Träger (4) befindlich ist.
5. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Träger (4) aus Glas oder einem Polymer gebildet ist.
6. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) und der Träger (4) aus dem gleichen Material bestehen und stoffschlüssig miteinander verbunden sind.
7. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei am Träger (4) ein Stützmittel (6) für eine Zellkultur vorgesehen ist.
8. Sensoranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei am Träger (4) ein oder mehrere Bereiche (42) zur Zusammenwirkung mit einer Positioniereinrichtung für die Sensoranordnung (1) ausgebildet sind.
9. Sensoranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Träger (4) durch mindestens eine Wandung (101) eines Probengefäßes (100) gebildet ist.
10. Herstellungsverfahren für eine Sensoranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) durch 3D-Druck gebildet werden.
11. Herstellungsverfahren nach Anspruch 10, wobei der Träger (4) durch 3D-Druck gebildet wird.
12. Herstellungsverfahren für eine Sensoranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) durch Materialabtrag und/oder Materialrestrukturierung mittels Laserstrahlung hergestellt werden.
13. Verfahren zur Messung mindestens eines Analyten in einer Probe (150), das Verfahren umfassend mindestens die Schritte:
  - Anbringen wenigstens einer Sensoranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 in einem Probengefäß (100, 200);
  - Einkoppeln von Anregungslicht (410) in mindestens eine Teilmenge der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) der Sensoranordnung (1), wobei das Anregungslicht (410) geeignet ist, das von einem Analyten abhängige optische Verhalten wenigstens eines Sensorelements (31, 32, 33), welches am zweiten Ende (212, 222, 232) eines Lichtleiters (21, 22, 23, 24, 25) der Teilmenge der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) angeordnet ist, anzuregen;
  - Erfassen des durch die Teilmenge der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) geführten Lichts (420), welches der dem angeregten optischen Verhalten entsprechenden Antwort des wenigstens einen Sensorelements (31, 32, 33) entspricht, mit mindestens einem Detektor (310);
  - Auswerten eines Ausgangssignals des mindestens einen Detektors (310) zur Messung des mindestens einen Analyten.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Probengefäß eine Mikrotiterplatte (200) ist, und in einer Vielzahl von Vertiefungen (210) der Mikrotiterplatte

(200) jeweils eine Sensoranordnung (1) angebracht wird.

15. Verfahren zur Messung mindestens eines Analyten in einer Probe (150), das Verfahren umfassend mindestens die Schritte:

Befüllen eines Probengefäßes (100) gemäß Anspruch 9 mit der Probe;

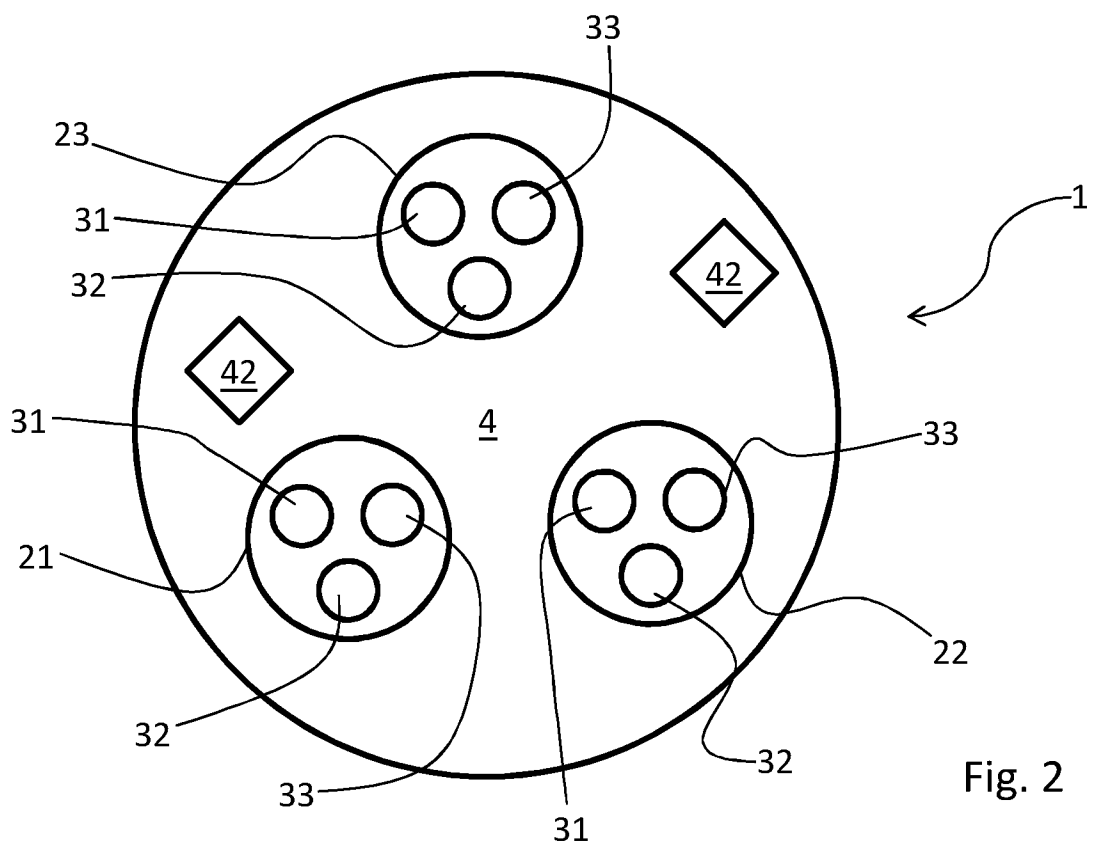
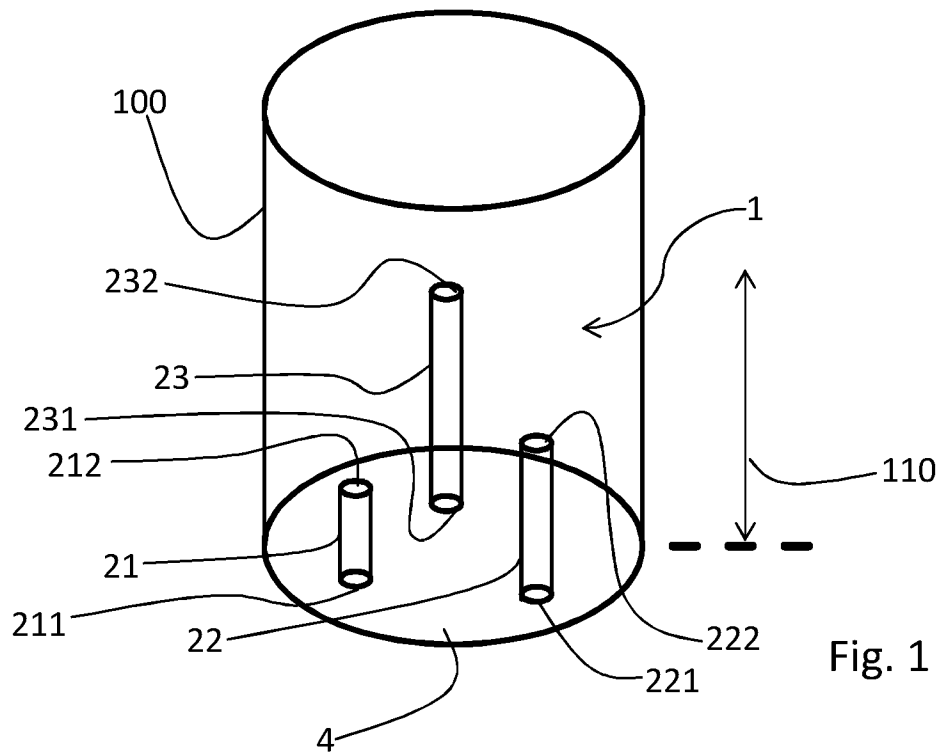
Einkoppeln von Anregungslicht (410) in mindestens eine Teilmenge der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) der Sensoranordnung (1), wobei das Anregungslicht (410) geeignet ist, das von einem Analyten abhängige optische Verhalten wenigstens eines Sensorelements (31, 32, 33), welches am zweiten Ende (212, 222, 232) eines Lichtleiters (21, 22, 23, 24, 25) der Teilmenge der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) angeordnet ist, anzuregen;

Erfassen des durch die Teilmenge der Lichtleiter (21, 22, 23, 24, 25) geführten Lichts (420), welches der dem angeregten optischen Verhalten entsprechenden Antwort des wenigstens einen Sensorelements (31, 32, 33) entspricht, mit mindestens einem Detektor (310);

Auswerten eines Ausgangssignals des mindestens einen Detektors (310) zur Messung des mindestens einen Analyten.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



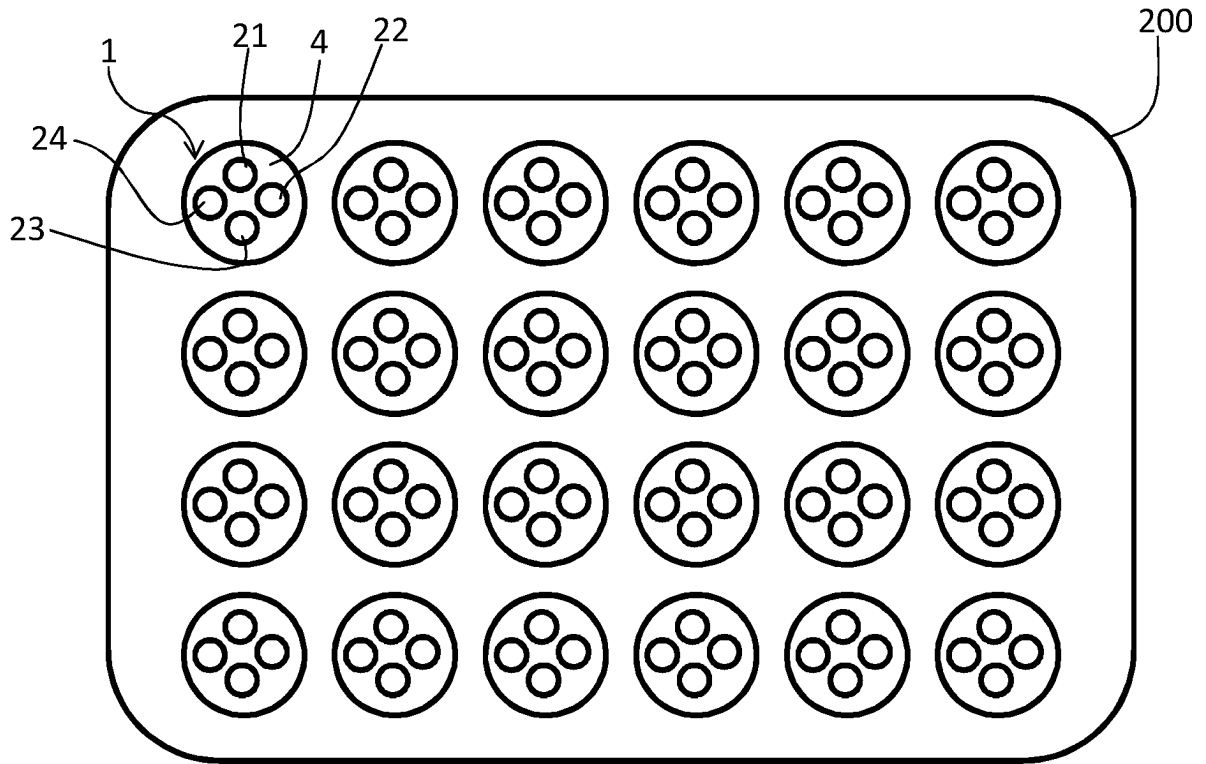


Fig. 3

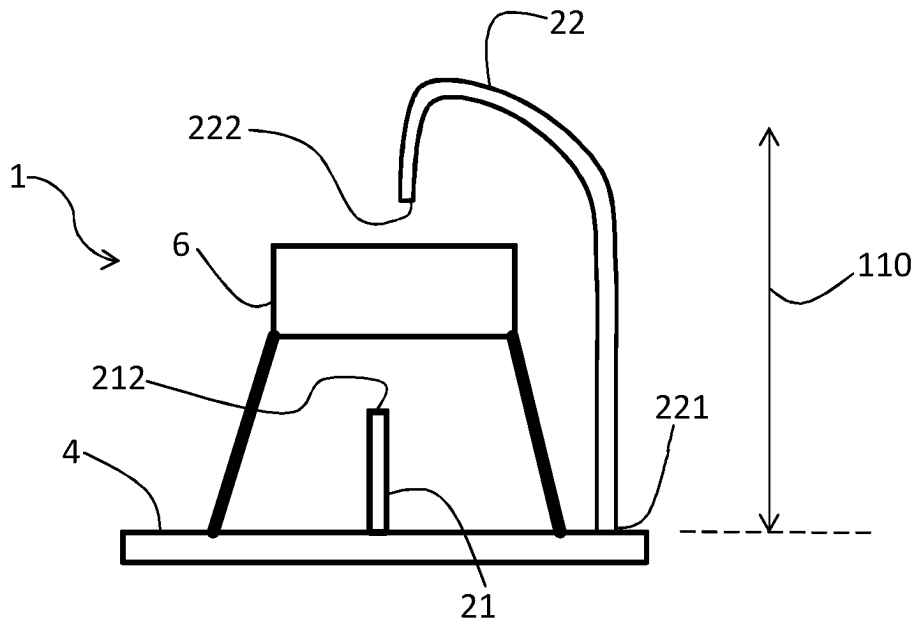


Fig. 4

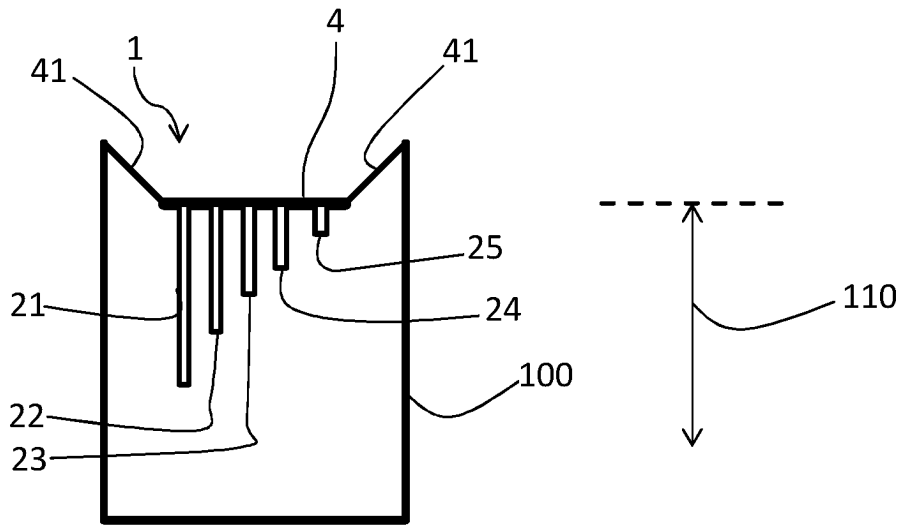


Fig. 5

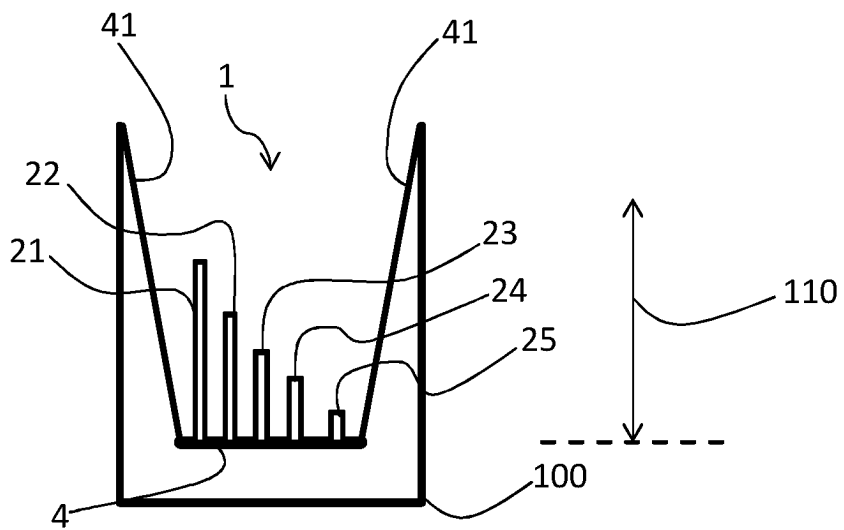
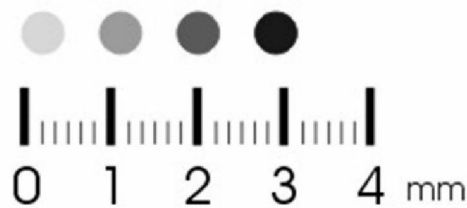
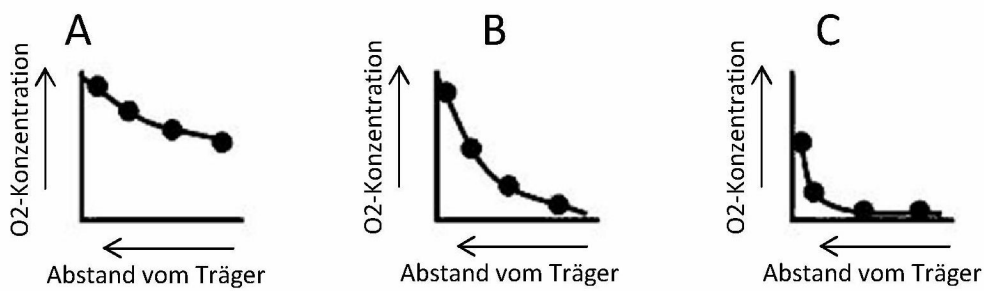
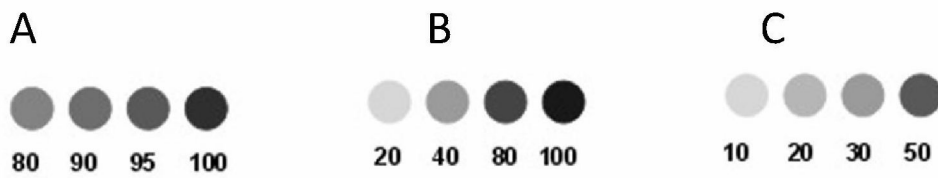
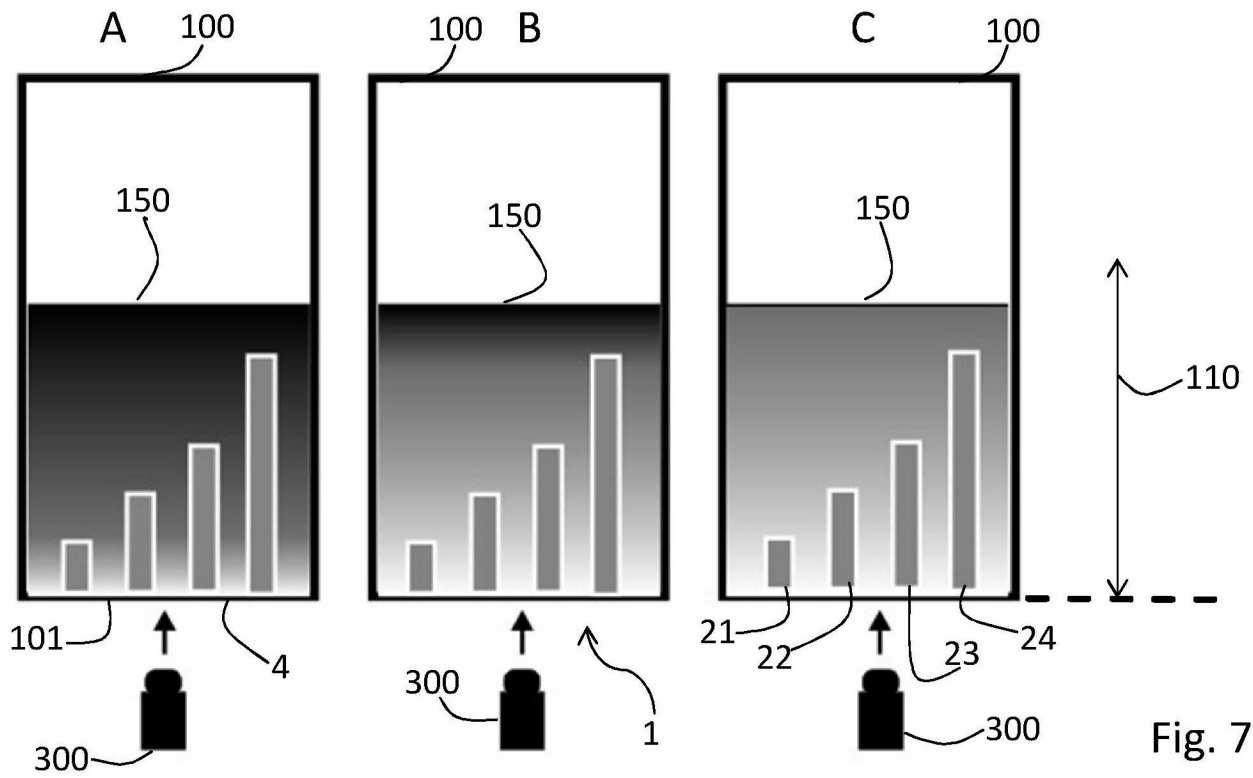


Fig. 6



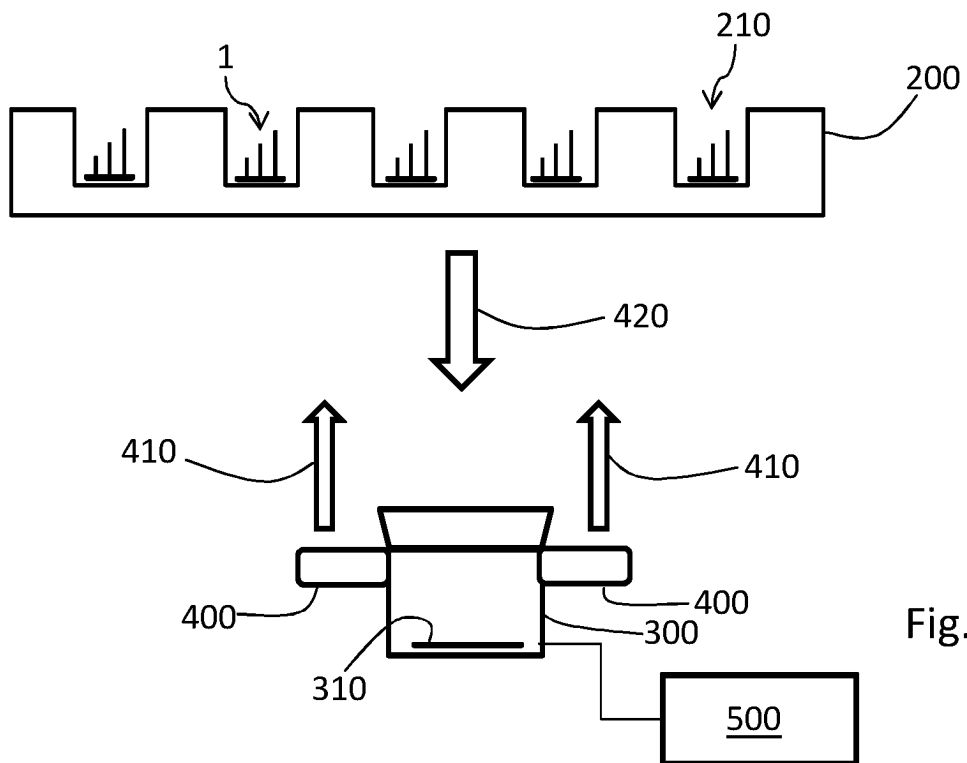


Fig. 11

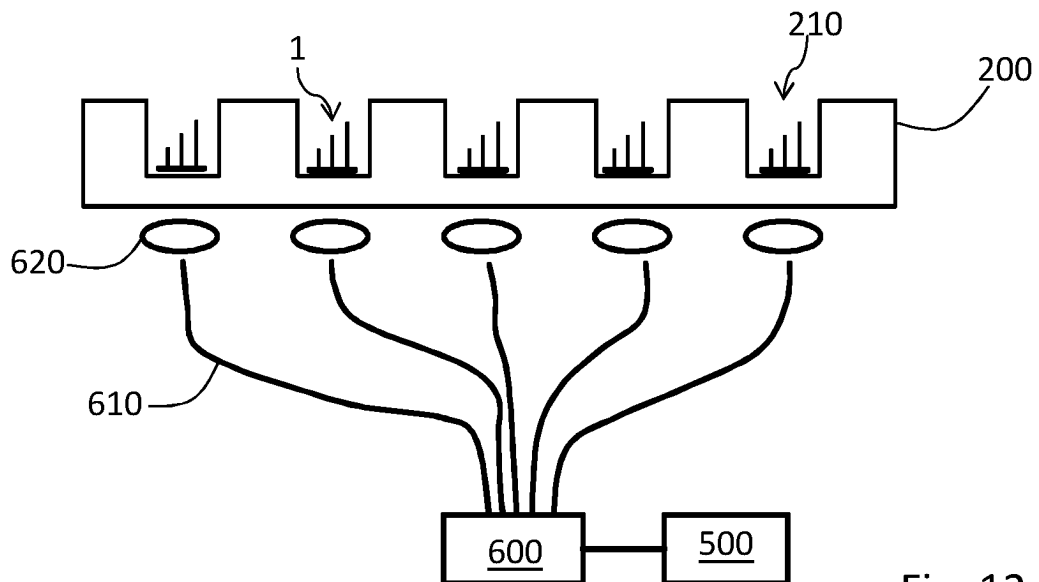


Fig. 12