

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. März 2009 (19.03.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/033645 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 23/292 (2006.01)

(74) Anwalt: **SIEMONS, Norbert**; Hauck Patent- und Rechtsanwältin, Neuer Wall 50, 20354 Hamburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/007404

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. September 2008 (10.09.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 043 741.4
10. September 2007 (10.09.2007) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EPENDORF AG** [DE/DE]; Barkhausenweg 1, 22339 Hamburg (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **GÖTZ, Reinhold** [DE/DE]; Saseler Mühlenweg 27, 22395 Hamburg (DE). **HARNACK, Kurt** [DE/DE]; Wacholderweg 13, 22889 Tangstedt (DE). **KNOFF, Helmut** [DE/DE]; Schleswiger Hagen 13, 22844 Norderstedt (DE). **KROOG, Jens-Peter** [DE/DE]; Sieker Landstr. 214 B, 22927 Grosshansdorf (DE). **SCHEFFLER, Peter** [DE/DE]; Landahlweg 3, 22399 Hamburg (DE).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(54) **Title:** OPTICAL SENSOR SYSTEM ON A DEVICE FOR THE TREATMENT OF LIQUIDS

(54) **Bezeichnung:** OPTISCHES SENSORSYSTEM AN EINER VORRICHTUNG ZUR BEHANDLUNG VON FLÜSSIGKEITEN

(57) **Abstract:** The invention relates to an optical sensor system on a device for the treatment of liquids, having at least one device for projecting light in the direction of an optical axis onto at least one lighting location in the room, an adjustment device for adjusting the relative position of the at least one lighting location, and an interface in a direction transversely to the optical axis, a control unit for controlling the adjustment devices such that the same simultaneously adjust the relative position of the at least one lighting location and the interface transversely to the optical axis and in the direction of the optical axis, at least one device for imaging the at least one lighting location during the adjustment of the relative positions on at least one photodetector, and an analysis device connected to the at least one photodetector for analyzing the at least one measurement signal.

(57) **Zusammenfassung:** Optisches Sensorsystem an einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten mit mindestens einer Einrichtung zum Projizieren von Licht in Richtung einer optischen Achse auf mindestens eine Beleuchtungsstelle im Raum, einer Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und einer Grenzfläche in einer Richtung quer zu der optischen Achse, einer Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in Richtung der optischen Achse, einer Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verstelleinrichtungen, so dass diese gleichzeitig die relative Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche quer zu der optischen Achse und in Richtung der optischen Achse verstellen, mindestens einer Einrichtung zum Abbilden der mindestens einen Beleuchtungsstelle beim der Verstellung der relativen Lage auf mindestens einen Fotodetektor und einer mit dem mindestens einen Fotodetektor verbundenen Auswerteinrichtung zum Auswerten des mindestens einen Messsignals.

WO 2009/033645 A2

1.

Optisches Sensorsystem an einer Vorrichtung zur
Behandlung von Flüssigkeiten

Die Erfindung bezieht sich auf ein optisches Sensorsystem an einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten.

Ein optisches Sensorsystem der erfindungsgemäßen Art dient z.B. der Bestimmung der Höhe eines Flüssigkeitsspiegels in Gefäßen (z.B. Reaktionsgefäßen oder Aufnahmen von Mikroplatten), der Lage und Identität von Gefäßen (z.B. Reaktionsgefäßen oder Mikroplatten) und der Lage und der Identität von Gegenständen (z.B. Werkzeugen, Zubehör, Pipettenspitzen in einem Gestell und anderer sogenannter „Labware“) in einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten.

Eine Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten kann insbesondere eine Vorrichtung zum Dosieren und/oder Transportieren und/oder Untersuchen und/oder Bearbeiten (z.B. chemisch, physikalisch oder biologisch) von Flüssigkeiten sein. Bei bekannten Vorrichtungen zur Behandlung von Flüssigkeiten werden die Abläufe entweder manuell oder zum Teil oder vollständig automatisch durchgeführt. So sind beispielsweise für das Dosieren manuelle Pipetten, PC-unterstützte Dosiersysteme und vollautomatische Dosierstationen bekannt. Für das Dosieren, Transportieren, Untersuchen und Bearbeiten von Flüssigkeiten gibt es vollautomatische Behandlungsstationen (sogenannte „Workstations“).

2.

Sowohl beim manuellen als auch beim automatischen Pipettieren muss bei der Flüssigkeitsaufnahme die Pipettenspitze mit möglichst geringer Eintauchtiefe in die Flüssigkeit eingetaucht werden, weil der Dosierfehler mit der Eintauchtiefe steigt und bei einem zu tiefen Eintauchen die Pipettenspitze bzw. das Gefäß beschädigt werden können. Außerdem muss die Pipettenspitze während der Flüssigkeitsaufnahme fortwährend eintauchen, damit keine Luft eingesogen wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Flüssigkeitsspiegel im Gefäß bei der Flüssigkeitsaufnahme sinkt. Bei manuellen Pipetten muss der Benutzer ständig die Eintauchtiefe der Pipettenspitze kontrollieren und die Pipettenspitze nachführen. Bei automatischen Dosiervorrichtungen werden hierfür Überwachungs- und Steuereinrichtungen eingesetzt.

Aus der EP 1 288 635 A2 ist eine Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten mit einer Beleuchtungseinrichtung zum Beleuchten einer etwa punktförmigen Beleuchtungsstelle im Raum und einer etwa punktförmigen Lichtempfangseinrichtung mit einem Fotodetektor zum Liefern eines von der Intensität des empfangenen Lichtes abhängigen Messsignales bekannt. Die Vorrichtung weist ein abbildendes System zum Abbilden der Beleuchtungsstelle auf die etwa punktförmige Lichtempfangseinrichtung auf. Ferner hat sie eine Auswerteeinrichtung zum Erfassen der Annäherung einer Grenzfläche zwischen zwei Medien mit unterschiedlichen Brechzahlen an die Beleuchtungsstelle durch Auswerten der vom Fotodetektor gelieferten Messsignale. Wenn eine Grenzfläche zwischen zwei Medien mit unterschiedlichen Brechzahlen in die Beleuchtungsstelle eintritt, ändert sich die Intensität der von der Lichtempfangseinrichtung empfangenen Lichtstrahlung und damit das vom

3.

Fotodetektor gelieferte Messsignal stark. Somit ist feststellbar, ob sich eine Grenzfläche in der Beleuchtungsstelle befindet oder nicht.

Da der Lichtstrahl der Beleuchtungseinrichtung und das abbildende System koaxial auf die Beleuchtungsstelle ausgerichtet werden können, ist ein berührungsloses Erfassen von Grenzschichten aus größerer Distanz und unter geringem seitlichem Raumbedarf möglich. Dies begünstigt das Erfassen des Flüssigkeitsspiegels in Gefäßen mit verhältnismäßig kleiner Öffnung und/oder verhältnismäßig großer Tiefe.

Es kann gezielt mit Licht einer Wellenlänge gearbeitet werden, für die eine Flüssigkeit (z.B. Wasser) undurchsichtig ist, um einen Flüssigkeitsspiegel frei von Störungen durch nahe Gefäße zu erfassen.

Für die Bestimmung der Lage einer Grenzfläche kann die relative Lage von Beleuchtungsstelle und Grenzfläche verändert werden, bis sich die Grenzfläche in der Beleuchtungsstelle befindet. Ferner ist es möglich, die Oberfläche eines Objektes mit der Beleuchtungsstelle abzutasten, um aufgrund einzelner Werte oder des Verlaufs des Meßsignals auf die Lage des gesamten Objektes und/oder seine Identität zu schließen. Hierfür kann die Vorrichtung eine Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage von Beleuchtungsstelle und Grenzfläche in Richtung der optischen Achse des abbildenden Systems und/oder quer dazu aufweisen. Mittels der Verstelleinrichtung kann die relative Lage der von der Beleuchtungseinrichtung, dem abbildenden System und der Lichtsempfangseinrichtung gebildeten Optik und der Grenzfläche verstellbar sein. Es ist aber auch möglich, dass die Verstelleinrichtung ein

4.

Zoom-Objektiv im abbildenden System aufweist. Die Auswerteeinrichtung kann das Verstellen der relativen Lage von Beleuchtungsstelle und Grenzfläche durch die Verstelleinrichtung steuern. Dann kann das Verstellen in Abhängigkeit von Messsignalen erfolgen, beispielsweise um die Beleuchtungsstelle auf die Grenzfläche einzustellen und/oder entlang der Grenzfläche zu verfahren.

Für die Positionierung des Beleuchtungspunktes auf der Grenzfläche bzw. das Auffinden der Grenzfläche muß die Verstelleinrichtung vielfach lange Verfahrwege zurücklegen. Dieses kostet viel Zeit und mindert die Arbeitsschwindigkeit der Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeit.

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein optisches Sensorsystem an einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten und ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen optischen Sensorsystems zur Verfügung zu stellen, das eine schnellere Detektion von Grenzflächen ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch ein optisches Sensorsystem mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Sensorsystems sind in den Unteransprüchen angegeben.

Das erfindungsgemäße optische Sensorsystem an einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten hat

- mindestens eine Einrichtung zum Projizieren von Licht in Richtung einer optischen Achse auf mindestens eine Beleuchtungsstelle im Raum,

5.

- eine Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und einer Grenzfläche in einer Richtung quer zu der optischen Achse,
- eine Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in Richtung der optischen Achse,
- eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verstelleinrichtungen, so dass diese gleichzeitig die relative Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in Richtung quer zu der optischen Achse und in Richtung der optischen Achse verstellen,
- mindestens eine Einrichtung zum Abbilden der mindestens einen Beleuchtungsstelle beim Verstellen der relativen Lage auf mindestens einen Fotodetektor und
- eine mit dem mindestens einen Fotodetektor verbundene Auswerteeinrichtung zum Auswerten des mindestens einen Messsignals.

Der Erfindung liegen insbesondere folgende Erkenntnisse zugrunde: Das optische Sensorsystem der Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten gemäß EP 1 288 635 A2 ist darauf angewiesen, dass die Beleuchtungseinrichtung, die Lichtempfangseinrichtung und die Grenzfläche so zueinander ausgerichtet sind, dass Licht aus der Beleuchtungsstelle auf der Grenzfläche genau auf die punktförmige Lichtempfangseinrichtung reflektiert wird. Bei koaxialer Ausrichtung der Beleuchtungseinrichtung und des abbildenden Systems auf die Beleuchtungsstelle müssen die Beleuchtungseinrichtung und das abbildende System senkrecht auf die Grenzfläche gerichtet sein, damit das Licht aus der punktförmigen Beleuchtungsstelle auf die punktförmige Licht-

6.

empfangseinrichtung reflektiert wird. Ab einem bestimmten Winkel der Neigung der Grenzfläche zur Achse der Beleuchtungseinrichtung trifft das reflektierte Licht nicht mehr auf die Lichtempfangseinrichtung. Damit wird diese geneigte Grenzfläche von dem optischen Sensorsystem nicht detektiert.

In Gefäßen bilden sich die Oberflächen von Flüssigkeiten unterschiedlich aus, insbesondere in Gefäßen mit kleinen Abmessungen, wie Reaktionsgefäßen und Vertiefungen von Mikrotiterplatten. Die Formen dieser Grenzflächen werden insbesondere durch Gravitation, Dimensionen der Gefäße, Einfüllart der Flüssigkeit, Oberflächenspannung der Flüssigkeit, Benetzungseigenschaften der Wandungen der Gefäße und weitere vielschichtige Einflüsse bestimmt, die eine Vorhersage der optimalen Reflexionsstelle nicht erlauben, in der die Beleuchtungseinrichtung und das abbildende System senkrecht auf die Grenzfläche ausgerichtet sind.

Die optimale Reflexionsstelle kann insbesondere bei ebenen Flüssigkeitsoberflächen in relativ großen Gefäßen großflächig und insbesondere bei relativ unebenen Flüssigkeitsoberflächen in kleinen Gefäßen kleinflächig sein. Gerade bei von Hand pipettierten Flüssigkeitsproben kann die Flüssigkeitsoberfläche schräg stehen, da die Flüssigkeit bevorzugt an der Wandung des Gefäßes abgegeben wird. Dadurch kann die optimale Reflexionsstelle weit außermittig liegen.

Das bekannte optische Sensorsystem muss gegebenenfalls mehrfach horizontal und vertikal verfahren werden, bis die optimale Reflexionsstelle

7.

aufgefunden wird. Dementsprechend kann die Detektion der Grenzfläche lange Fahrwege erfordern und ist der Zeitbedarf entsprechend hoch.

Das erfindungsgemäße optische Sensorsystem projiziert Licht auf mindestens eine Beleuchtungsstelle, deren Lage bezüglich der Grenzfläche in einer Richtung quer zur optischen Achse und in Richtung der optischen Achse des optischen Sensorsystems veränderbar ist. Hierbei kann die Beleuchtungsstelle oder die Grenzfläche oder die Beleuchtungsstelle und die Grenzfläche in einer Richtung quer zur optischen Achse und in Richtung der optischen Achse verlagerbar sein. Soweit nachfolgend zur Vereinfachung auf eine Verlagerung der Beleuchtungsstelle quer zur optischen Achse und in Richtung der optischen Achse Bezug genommen wird, gelten diese Ausführungen sinngemäß auch für die anderen genannten Verlagerungsmöglichkeiten. Die Lage der Beleuchtungsstelle bezüglich der Grenzfläche ist in einer Richtung quer zur optischen Achse des optischen Sensorsystems mittels der Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und einer Grenzfläche in einer Richtung quer zu der optischen Achse veränderbar. Die Lage der Beleuchtungsstelle bezüglich der Grenzfläche ist in Richtung der optischen Achse des optischen Sensorsystems mittels der Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in Richtung der optischen Achse veränderbar. Die Grenzfläche kann insbesondere eine Fläche zwischen Luft und einer Flüssigkeit in einem Gefäß oder auf einem Träger, eine Fläche zwischen einer Flüssigkeit und einem Gefäß oder einem Träger (z. B. der Boden eines Gefäßes) oder eine Fläche zwischen Luft und einem Laborgegenstand (z. B. die Oberfläche einer Mikrotiterplatte oder eines oder mehrerer Reakti-

8.

onsgefäße oder eines Werkzeuges) sein. Zum Verstellen der relativen Lage der Beleuchtungsstelle bezüglich der Grenzfläche kann die Verstelleinrichtung die Einrichtung zum Projizieren vom Licht ganz oder teilweise verlagern und/oder die Grenzfläche oder einen die Grenzfläche lagernden Teil des optischen Sensorsystems verlagern.

Die Verlagerung der Beleuchtungsstelle in einer Richtung quer zur optischen Achse kann sehr schnell erfolgen. Der Bereich der Verlagerung der Beleuchtungsstelle quer zur optischen Achse kann der Querschnittsfläche von Laborgefäßen im Füllbereich entsprechen. Die der Bewegung in Richtung der optischen Achse überlagerte Bewegung der Beleuchtungsstelle quer zur optischen Achse bestreicht – im Vergleich zu dem herkömmlichen optischen Sensorsystem – in kurzer Zeit eine größere Fläche, so dass schneller der optimale Reflexpunkt räumlich gekrümmten Oberflächen von Flüssigkeiten in Gefäßen (sogenannte „Menisken“) gefunden werden kann. Durch die Verlagerung der Beleuchtungsstelle quer zur optischen Achse gleichzeitig mit der Verlagerung der Beleuchtungsstelle in Richtung der optischen Achse kann das Messverfahren wesentlich beschleunigt werden, da das optische Sensorsystem die optimalen Reflexionspunkte schneller findet. Infolgedessen kann die Lage von Oberflächen im Raum mit weniger Verlagerungen der Beleuchtungsstelle in Richtung der optischen Achse ermittelt werden. Hierdurch wird bei den Detektionsvorgängen Zeit eingespart.

Einbezogen in die gleichzeitige Verstellung der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in einer Richtung quer zu der optischen Achse und in Richtung der optischen Achse ist die quasi gleich-

9.

zeitige Verstellung, bei der abwechselnd bzw. einander zeitlich überlappend eine Verlagerung in Richtung quer zu der optischen Achse und eine Verlagerung in Richtung der optischen Achse erfolgt. Die abwechselnde bzw. zeitlich überlappende Verstellung der relativen Lage in den verschiedenen Richtungen wird in schneller Folge durchgeführt.

In einem weiteren Unterschied zur bekannten Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten mit optischem Sensorsystem wird die Beleuchtungsstelle nicht abwechselnd über den gesamten Verstellweg in Richtung der optischen Achse verstellt und dann seitlich versetzt bis eine Reflexionsstelle gefunden ist, sondern beim Verfahren entlang der optischen Achse schnell seitlich verlagert, so dass die optimale Reflexionsstelle schneller aufgefunden wird. Bei dem optischen Sensorsystem gemäß der Erfindung wird der Lichtstrahl nach Bedarf dynamisch bezüglich der optischen Achse verlagert oder aus dieser ausgelenkt. Bei dem bekannten optischen Sensorsystem wird das Licht statisch entlang der optischen Achse der Einrichtung zum Projizieren abgestrahlt.

Die Steuerungseinrichtung und die Auswerteeinrichtung können verschiedene Einrichtungen sein. Sie können auch von einer gemeinsamen Einrichtung gebildet sein, die die Steuerungs- und die Auswertefunktionen ausführt. Bevorzugt handelt es sich bei der Steuerungseinrichtung und der Auswerteeinrichtung um eine oder mehrere elektronische Einrichtungen.

Durch Auswerten des mindestens einen Messsignals ermittelt die Auswerteeinrichtung, ob sich die Grenzfläche in der mindestens einen Beleuchtungsstelle

10.

befindet. Wenn sich die Grenzfläche in der mindestens einen Beleuchtungsstelle befindet, kann die Steuerungseinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche mittels der Verstelleinrichtungen abbrechen bzw. eine definierte relative Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche einstellen.

Die optische Achse entspricht einer Grundausrichtung der Projektionsachse der Einrichtung zum Projizieren. Die optische Achse kann von der Projektionsachse zu Beginn eines Abtastvorganges eingenommen und/oder im Verlauf eines Abtastvorganges einmal oder wiederholt eingenommen werden.

Die Veränderung der relativen Lage der Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in einer Richtung quer zur optischen Achse kann auf verschiedene Weisen erfolgen. Gemäß einer Ausgestaltung ist die Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in einer Richtung quer zu der optischen Achse eine Einrichtung zum Schwenken einer Projektionsachse der Einrichtung zum Projizieren bezüglich der optischen Achse und/oder eine Einrichtung zum Parallelversetzen der Projektionsachse der Einrichtung zum Projizieren bezüglich der optischen Achse. Demnach wird die Projektionsachse ausgelenkt und/oder parallel versetzt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist die Einrichtung zum Schwenken der Projektionsachse des Lichtes einen um zwei Achsen schwenkbaren Spiegel und/oder andere Strahlablenkungsmittel im Strahlengang der mindestens einen Einrichtung zum Projizieren auf.

11.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung weist die Einrichtung zum Parallelversetzen der Projektionsachse des Lichtes ein um zwei Achsen schwenkbares, planes Glas im Strahlengang der mindestens einen Einrichtung zum Projizieren und/oder eine Einrichtung zum Verlagern der mindestens einen Einrichtung zum Projizieren entlang zweier verschiedener Achsen quer zu der optischen Achse auf. Insbesondere kann die Einrichtung zum Parallelversetzen eine Einrichtung sein, die die Einrichtung zum Projizieren quer zur optischen Achse verlagert, nicht aber die Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in Richtung der optischen Achse verlagert.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung sind die Verstelleinrichtungen zum Verstellen in einer Richtung zur optischen Achse und in Richtung der optischen Achse von einer gemeinsamen Einrichtung gebildet, z.B. von einer X-, Y-, Z-Transporteinrichtung, d.h. von einer Verstelleinrichtung, die den optischen Sensor entlang drei Raumachsen verlagern kann.

Gemäß einer Ausgestaltung ist die Steuerungseinrichtung eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle in einer Richtung quer zur optischen Achse innerhalb eines begrenzten Bereiches um die optische Achse. Die Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle kann auf einen verhältnismäßig kleinen Bereich begrenzt sein. Der Bereich kann vorteilhaft abgestimmt sein auf die Größe des Querschnittes der Gefäße in den Bereichen, in die der abzutastende Flüssigkeitsspiegel steigt. Beispielsweise gibt es standardisierte Mikroplatten mit 96, 384

12.

oder 1536 Aufnahmen. Die Aufnahmen haben standardisierte Querschnitte. Der Bereich der Verlagerung in einer Richtung quer zur optischen Achse kann so gewählt sein, dass er einen, mehrere oder alle standardisierten Querschnitte von Mikroplatten abdeckt oder entsprechend einstellbar ist. Entsprechendes gilt für Laborgefäße (z.B. sogenannte „Eppendorf“-Röhrchen), die in quasi standardisierten Größen vorliegen. Gemäß einer Ausgestaltung passt das optische Sensorsystem den Bereich der Verlagerung quer zur optischen Achse automatisch an die Größe eines identifizierten und/oder durch Abtasten ermittelten Querschnittes eines Gefäßes ein. Ferner kann die Verlagerung in einer Richtung quer zur optischen Achse innerhalb eines begrenzten Bereiches um die optische Achse durch die Konstruktion der Verstelleinrichtung zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche quer zu der optischen Achse vorgegeben sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Steuerungseinrichtung eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zur optischen Achse so, dass die optische Achse etwa im Zentrum der Verlagerung angeordnet ist.

Die Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle in einer Richtung quer zur optischen Achse kann entlang verschiedener Bahnen erfolgen. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist die Steuerungseinrichtung eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle in einer Richtung quer zu der optischen Achse entlang einer spiralförmigen und/oder zyklodischen und/oder kreisförmigen und/oder

13.

zickzackförmigen und/oder einer anderen vorgegebenen Bahn und/oder einer zufälligen und/oder einer chaotischen Bahn und/oder einer kontinuierlichen und/oder einer unterbrochenen Bahn.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist die Steuerungseinrichtung eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle von der optischen Achse weg bis zum Erreichen eines maximalen Abstandes von der optischen Achse und/oder der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle von einem maximalen Abstand von der optischen Achse aus zur optischen Achse hin. Der Bewegungsablauf kann auch in umgekehrter Reihenfolge erfolgen. Dies kann insbesondere mit der Bewegung entlang einer spiralförmigen Bahn kombiniert werden. Nach spiralförmiger Verlagerung bis zum maximalen Abstand kann die Rückkehr zur optischen Achse sprunghaft erfolgen. Ferner kann die Bewegung bis zum maximalen Abstand und die Bewegung zur optischen Achse zurück jeweils entlang einer spiralförmigen Bahn absolviert werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist die Steuerungseinrichtung eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle wiederholt von der optischen Achse weg bis zum Erreichen eines maximalen Abstandes von der optischen Achse und von dem maximalen Abstand aus zur optischen Achse hin.

Gemäß einer Ausgestaltung ist die optische Achse vertikal ausgerichtet.

14.

Die Auswerteeinrichtung kann die optimale Reflexionsstelle auf verschiedene Weisen ermitteln. Gemäß einer Ausgestaltung ist sie eine Auswerteeinrichtung zum Ermitteln des maximalen Messsignals beim Verlagern der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zu der optischen Achse und/oder in Richtung der optischen Achse.

Bei dem so ermittelten maximalen Messsignal ist die Beleuchtungsstelle nicht zwangsläufig auf der optimalen Reflexionsstelle positioniert. Zur Verbesserung der Positionierung steuert gemäß einer Ausgestaltung die Steuerungseinrichtung nach Ermittlung eines maximalen Messsignals durch die Auswerteeinrichtung die Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle etwa auf die Position oder in einen bestimmten Abstand von der Position in Richtung der optischen Achse, in der das maximale Messsignal ermittelt wurde, und steuert erneut die Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zu der optischen Achse und in Richtung der optischen Achse, wobei die erneute Verlagerung um eine kürzere Strecke und/oder mit einer geringeren Geschwindigkeit als die vorangegangene Verlagerung erfolgt. Hierdurch wird die Beleuchtungsstelle näher an der optimalen Reflexionsstelle positioniert. Der Vorgang kann mehrfach wiederholt werden.

Gemäß einer Ausgestaltung ist die Einrichtung zum Projizieren eine Einrichtung zum gleichzeitigen Projizieren von Licht auf mehrere Beleuchtungsstellen und/oder ist die Einrichtung zum Projizieren eine Einrichtung zum gleichzeitigen Projizieren von Licht unter verschiedenen Winkeln auf dieselbe

15.

Beleuchtungsstelle und/oder weist das optische Sensorsystem mehrere Fotodetektoren auf.

Nach dieser Ausgestaltung beleuchtet das optische Sensorsystem gleichzeitig mehrere Beleuchtungsstellen und/oder beleuchtet gleichzeitig dieselbe Beleuchtungsstelle unter verschiedenen Winkeln und/oder weist mehrere Fotodetektoren auf, die gleichzeitig Licht empfangen können und ein vom empfangenen Licht abhängiges Messsignal liefern. Mehrere Beleuchtungsstellen bzw. mehreren Fotodetektoren haben verschiedene Positionen im Raum. Mehrere Beleuchtungsstellen können somit gleichzeitig einen größeren Bereich der zu detektierenden Grenzfläche beleuchten. Bei Beleuchtung einer Beleuchtungsstelle unter verschiedenen Winkeln wird das Licht unter verschiedenen Winkeln von der zu detektierenden Grenzfläche reflektiert. Mehrere Fotodetektoren können Licht empfangen, das von der Grenzfläche unter verschiedenen Winkeln abgestrahlt wird. Bei allen vorgenannten Varianten ist die Wahrscheinlichkeit erhöht, bei einer bestimmten Anordnung der Einrichtung zum Projizieren und der Einrichtung zum Abbilden bezüglich der zu detektierenden Grenzfläche eine optimale Reflexionsstelle zu finden, in der auf eine Beleuchtungsstelle projiziertes Licht so von der Grenzfläche reflektiert wird, dass es auf mindestens einen Fotodetektor trifft. Dieser liefert ein entsprechendes Messsignal, so dass die Auswerteeinrichtung die Anordnung der Grenzfläche in der Beleuchtungsstelle feststellen kann. Infolgedessen ist es möglich, dass sich ein Verfahren des optischen Sensorsystems bezüglich der Grenzfläche erübrigt. Sofern ein Verfahren des optischen Sensorsystems bezüglich der Grenzfläche erforderlich ist, weil nicht sogleich eine optimale Reflexionsstelle festgestellt wird, kann das optische Sensorsystem bezüglich

16.

der Grenzfläche verfahren werden, bis die Auswerteeinrichtung durch Auswerten der Messsignale feststellt, daß sich eine optimale Reflexionsstelle der Grenzfläche in einer Beleuchtungsstelle befindet. Die Wahrscheinlichkeit des Auffindens der optimalen Reflexionsstelle wird zusätzlich durch die gleichzeitige Verlagerung der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in einer Richtung quer zu der Richtung und in Richtung der optischen Achse erhöht. Die Verfahrenwege für das Auffinden der optimalen Reflexionsstelle können reduziert werden. Hierdurch wird eine schnellere Detektion der Grenzfläche ermöglicht und kann die Arbeitsgeschwindigkeit einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten gesteigert werden.

Die genannten vorteilhaften Wirkungen werden insbesondere erreicht, wenn die Einrichtung zum Projizieren das Licht gleichzeitig auf mehrere Beleuchtungsstellen projiziert und/oder das Licht gleichzeitig unter verschiedenen Winkeln auf dieselbe Beleuchtungsstelle projiziert und nur ein einziger Fotodetektor vorhanden ist. Ferner werden sie erreicht, wenn die Einrichtung zum Projizieren nur eine Beleuchtungsstelle unter nur einem Winkel beleuchtet und mehrere Fotodetektoren vorhanden sind. In besonders vorteilhafter Weise werden sie erreicht, wenn die Einrichtung zum Projizieren gleichzeitig mehrere Beleuchtungsstellen beleuchtet und/oder dieselbe Beleuchtungsstelle gleichzeitig unter verschiedenen Winkeln beleuchtet und mehrere Fotodetektoren vorhanden sind.

Das optische Sensorsystem kann verschiedene Arten von Grenzflächen detektieren, insbesondere Flüssigkeiten oder Gegenstände, insbesondere mit

17.

diffus oder gerichtet reflektierenden Grenzflächen. Damit kann es insbesondere für die Ermittlung der Lage und/oder Identität von Grenzflächen bzw. der diese aufweisenden Flüssigkeiten oder Gegenstände verwendet werden. Die Einrichtung zum Projizieren kann grundsätzlich das Licht einer fremden Lichtquelle projizieren. Gemäß einer Ausgestaltung weist die Einrichtung zum Projizieren mindestens eine eigene Lichtquelle auf. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist die Lichtquelle mindestens ein Laser, eine LED oder ein Glühlämpchen. Der Laser ist beispielsweise ein Halbleiterlaser, insbesondere eine Laserdiode.

Falls die Einrichtung zum Projizieren mehrere Lichtquellen aufweist, kann das Licht verschiedener Lichtquellen absolut gleichzeitig auf verschiedene Beleuchtungsstellen projiziert und/oder gleichzeitig unter verschiedenen Winkeln auf dieselbe Beleuchtungsstelle projiziert werden. Die Erfindung bezieht jedoch auch Ausführungen ein, bei denen das Licht verschiedener Lichtquellen zeitversetzt auf mehrere Beleuchtungsstellen projiziert und/oder zeitversetzt unter verschiedenen Winkeln auf dieselbe Beleuchtungsstelle projiziert wird, so dass zu einem bestimmten Zeitpunkt nur eine Lichtquelle eingeschaltet ist. Diese Ausführungen ermöglichen ebenfalls eine schnellere Detektion der Grenzfläche, insbesondere, wenn die Lichtquellen in sehr schneller Folge eingeschaltet werden, weil hierdurch die Grenzfläche sehr viel schneller abgetastet werden kann, als durch Verlagern des bekannten einstrahligen Sensorsystems mittels der Verstelleinrichtung. Das aufeinander folgende Einschalten der Lichtquellen kann hilfreich sein, die Messsignale den verschiedenen Lichtquellen zuzuordnen. Mehrere nacheinander eingeschaltete Lichtquellen beleuchten deshalb die verschiedenen Beleuchtungs-

18.

stellen quasi gleichzeitig bzw. beleuchten eine Beleuchtungsstelle unter verschiedenen Winkeln quasi gleichzeitig und werden daher im Sinne der Erfindung gleichzeitig eingeschaltet.

Gemäß einer Ausgestaltung gibt die Lichtquelle Licht mit einer Wellenlänge ab, das in besonders starkem Maße von einer zu detektierenden Grenzfläche reflektiert wird. Dementsprechend kann für die Detektion der Oberfläche einer Flüssigkeit Licht mit einer anderen Wellenlänge als für die Detektion der Oberfläche eines Gegenstandes verwendet werden. Falls mit Licht einer Wellenlänge gearbeitet wird, für das die Flüssigkeit nahezu bis vollständig undurchsichtig ist, kann der Flüssigkeitsspiegel frei von Störungen durch nahe Gefäßwände erfasst werden. Ist die Flüssigkeit für Licht einer bestimmten Wellenlänge durchsichtig, kann mit diesem Licht durch die Flüssigkeit hindurch die Lage eines Gefäßbodens ermittelt werden. Die geeignete Wellenlänge für die Detektion einer Flüssigkeit kann von deren Zusammensetzung (z.B. wässrige oder organische Lösung) abhängig sein. Die geeignete Wellenlänge für die Detektion der Oberfläche eines Gegenstandes kann davon abhängig sein, aus welchem Material (z.B. Metall oder Kunststoff) mit welcher Beschaffenheit (transparent, reflektierend, glänzend, matt etc.) dieser besteht. In Betracht kommen Wellenlängen in einem weiten Bereich, der sichtbares und unsichtbares Licht (IR- und UV-Strahlung) einschließt. Insbesondere für den Bereich des sichtbaren Lichtes stehen Laserdioden zur Verfügung.

Gemäß einer Ausgestaltung weist die Einrichtung zum Projizieren mehrere Lichtquellen mit verschiedener Wellenlänge auf, die in Abhängigkeit von der

zu detektierenden Grenzfläche eingeschaltet werden können. Gemäß einer anderen Ausgestaltung weist die Einrichtung zum Projizieren eine Lichtquelle mit einstellbarer Wellenlänge auf (z.B. eine durchstimmbare Laserdiode).

Diese Ausgestaltungen ermöglichen, eine Grenzfläche mit Licht verschiedener Wellenlängen zu detektieren. Ungültige Messwerte können nach Überprüfung der Messung mit Licht einer anderen Wellenlänge erkannt und verworfen werden. Insbesondere wenn in einem Gefäß eine nur sehr kleine Flüssigkeitsmenge enthalten ist, ist es wichtig, zwischen der Oberfläche der Flüssigkeit und dem Boden des Gefäßes zu unterscheiden. Bei Messung mit Licht nur einer Wellenlänge kann dies sehr schwierig sein. Der Einsatz von Licht mit verschiedenen Wellenlängen erleichtert die Zuordnung, insbesondere wenn die Wellenlänge je nach Messfall und Material optimiert wird.

Gemäß einer Ausgestaltung ist die Einrichtung zum Projizieren eine Einrichtung zum Projizieren von Licht auf mindestens eine punktförmige, linienförmige oder flächige Beleuchtungsstelle. Die punktförmige Beleuchtungsstelle ist insbesondere vorteilhaft für das Detektieren kleiner Grenzflächen, z.B. von Flüssigkeitsspiegeln in engen Gefäßen oder in den Aufnahmen von Mikroplatten. Außerdem werden bei Fokussierung des Lichts auf mindestens eine punktförmige Beleuchtungsstelle besonders starke Messsignale erhalten, wenn eine punktförmige Beleuchtungsstelle auf eine optimale Reflexionsstelle trifft. Zum Erzeugen einer punktförmigen Beleuchtungsstelle ist gemäß einer Ausgestaltung die mindestens eine Lichtquelle punktförmig. Nach einer weiteren Ausgestaltung weist die Einrichtung zum Projizieren im Strahlengang der mindestens einen Lichtquelle mindestens eine Blende und/oder

20.

mindestens einen Lichtleiter auf, so dass an der Lichtaustrittsseite der Blende bzw. des Lichtleiters eine gleichsam punktförmige Lichtquelle vorhanden ist.

Die Beleuchtungsstellen können verschiedene Anordnungen im Raum haben. Gemäß Ausgestaltungen haben sie eine dreidimensionale Anordnung oder eine Anordnung in einer Fläche. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist die Fläche eine Ebene. Gemäß einer anderen Ausgestaltung sind die Beleuchtungsstellen in einer konvexen oder konkaven Fläche oder in zueinander geneigten Flächen angeordnet. Diese Ausgestaltungen nähern charakteristische Formen von Grenzflächen (z.B. von Flüssigkeitsoberflächen in engen Gefäßen) an und können deshalb das Auffinden einer optimalen Reflexionsstelle erleichtern.

Bei einer dreidimensionalen Anordnung können die Beleuchtungsstellen insbesondere auf den Schnittpunkten eines Raumgitters angeordnet sein. Bei einer Anordnung in einer Fläche können sie insbesondere auf den Schnittpunkten eines flächigen Gitternetzes (bzw. rasterartig) oder in anderen Mustern angeordnet sein.

Mehrere verschiedene Beleuchtungsstellen können insbesondere voneinander getrennte bzw. diskrete Beleuchtungsstellen sein. Sie können aber auch einander berühren oder einander teilweise überdecken.

Nach einer Ausgestaltung hat der die mindestens eine Beleuchtungsstelle beleuchtende Lichtstrahl einen Aperturwinkel von 8° oder darunter, so dass der Lichtstrahl ohne Abblendung im Randbereich in Gefäße mit verhältnismäßig

21.

kleinem Öffnungsdurchmesser und/oder großer Tiefe einführbar ist. Dieses können insbesondere Gefäße mit einem Füllvolumen im mL-Bereich und darunter sein, die vielfach für die Aufnahme von Flüssigkeiten in Dosierstationen und vollautomatischen Behandlungsstationen verwendet werden.

Nach einer Ausgestaltung beträgt der Abstand der mindestens einen Beleuchtungsstelle von dem abbildenden System 100 mm oder mehr, wodurch eine berührungslose Messung des Flüssigkeitsspiegels in vielen gebräuchlichen Gefäßen vorstehender Art möglich ist.

Die mindestens eine Beleuchtungsstelle kann auf verschiedene Weisen erzeugt werden. Beispielsweise kann die Beleuchtungsstelle von einem linienförmigen Lichtstrahl beleuchtet sein, der beispielsweise mittels eines Lasers erzeugt werden kann. Durch mindestens eine Einrichtung zum Abbilden kann auf dem linienförmigen Lichtstrahl mindestens eine punktförmige Beleuchtungsstelle definiert werden, die auf mindestens einen Fotodetektor abgebildet wird.

Gemäß einer Ausgestaltung weist die Einrichtung zum Projizieren eine einzige Lichtquelle und mindestens eine Einrichtung zum Abbilden der Lichtquelle auf mindestens eine Beleuchtungsstelle auf. Diese Einrichtung zum Projizieren kann insbesondere eine einzige Beleuchtungsstelle beleuchten. Zum gleichzeitigen Projizieren von Licht auf mehrere verschiedene Beleuchtungsstellen und/oder zum gleichzeitigen Projizieren von Licht auf dieselbe Beleuchtungsstelle unter verschiedenen Winkeln weist gemäß einer Ausgestaltung die Einrichtung zum Projizieren eine Einrichtung zum Aufteilen der

22.

Lichtquelle auf mehrere virtuelle Lichtquellen und mindestens eine Einrichtung zum Abbilden der mehreren virtuellen Lichtquellen auf mindestens eine Beleuchtungsstelle auf.

Gemäß einer Ausgestaltung umfaßt die Einrichtung zum Aufteilen der Lichtquelle einen sich auffächernden Lichtleiter und/oder eine Mehrlochblende. Der sich auffächernde Lichtleiter wendet das nicht aufgefächerte Ende der Lichtquelle und das aufgefächerte Ende der Einrichtung zum Abbilden zu. Die virtuellen Lichtquellen befinden sich am aufgefächerten Ende des aufgefächerten Lichtleiters. Die Mehrlochblende ist im Strahlengang zwischen der Lichtquelle und der Einrichtung zum Abbilden angeordnet. Die mehreren virtuellen Lichtquellen sind durch die Blendenöffnungen der Mehrlochblende definiert.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung umfaßt die Einrichtung zum Projizieren mehrere Lichtquellen und mindestens eine Einrichtung zum Abbilden der mehreren Lichtquellen auf mindestens eine Beleuchtungsstelle. Bei dieser Ausgestaltung wird das Licht mehrerer Lichtquellen zum gleichzeitigen Projizieren von Licht auf mehrere Beleuchtungsstellen und/oder zum gleichzeitigen Projizieren von Licht auf dieselbe Beleuchtungsstelle unter verschiedenen Winkeln herangezogen.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist die Einrichtung zum Projizieren eine gemeinsame Einrichtung zum Abbilden der mehreren virtuellen Lichtquellen oder der mehreren Lichtquellen auf mindestens eine Beleuchtungsstelle auf.

23.

Gemäß einer Ausgestaltung ist der mindestens eine Fotodetektor punktförmig, linienförmig oder flächig. Der mindestens eine Fotodetektor kann beispielsweise eine Fotodiode, eine Fotodiodenzeile, eine Fotodiodenmatrix oder ein Flächenfotodetektor sein. Vorzugsweise entspricht die Form des Fotodetektors der Form der Beleuchtungsstelle, die auf den Fotodetektor abgebildet wird. Vorzugsweise wird also eine punktförmige Beleuchtungsstelle auf einen punktförmigen Fotodetektor, eine linienförmige Beleuchtungsstelle auf einen linienförmigen Fotodetektor und eine flächige Beleuchtungsstelle auf einen flächigen Fotodetektor abgebildet.

Die Fotodetektoren können verschiedene Anordnungen im Raum haben, beispielsweise eine dreidimensionale Anordnung oder eine Anordnung in einer Fläche. Die Fläche kann insbesondere eine Ebene sein. Die Fotodetektoren können insbesondere auf den Schnittpunkten eines Raumgitters oder eines flächigen Gitternetzes (bzw. rasterartig) oder in anderen Mustern angeordnet sein. Bevorzugt entspricht die Anordnung der Fotodetektoren der Anordnung der Beleuchtungsstellen, wobei jede Beleuchtungsstelle auf einen dieser zugeordneten Fotodetektor abgebildet wird. So sind beispielsweise die Beleuchtungsstellen und die Fotodetektoren jeweils auf den Schnittpunkten eines Raumgitters oder eines flächigen Gitternetzes angeordnet, wobei die Abstände der Beleuchtungsstellen voneinander den Abständen der Fotodetektoren voneinander entsprechen.

24.

Die Abstände der Beleuchtungsstellen und/oder der Fotodetektoren voneinander liegen beispielsweise im Bereich von einem Zehntel Millimeter bis zu einigen Millimetern.

Die mehreren Fotodetektoren können insbesondere voneinander getrennte bzw. diskrete Fotodetektoren sein oder einander berühren. Mehrere Fotodetektoren können verschiedene Bauteile oder Teile eines einzigen Bauteils sein.

Ein punktförmiger Fotodetektor kann ein Fotodetektor mit einer besonders kleinen lichtempfindlichen Fläche sein. Nach einer Ausgestaltung ist im Strahlengang zwischen der mindestens einen Einrichtung zum Abbilden und dem mindestens einen Fotodetektor mindestens eine Blende und/oder mindestens ein Lichtleiter angeordnet. Die Blende bzw. der Lichtleiter begrenzt den Lichtdurchgang auf einen punktförmigen Bereich der lichtempfindlichen Fläche des Fotodetektors, so daß ein gleichsam punktförmiger Fotodetektor erhalten wird.

Gemäß einer Ausgestaltung ist ein einziger Fotodetektor und mindestens eine Einrichtung zum Abbilden mindestens einer Beleuchtungsstelle auf den Fotodetektor vorhanden. Bevorzugt bildet die mindestens eine Einrichtung zum Abbilden mehrere Beleuchtungsstellen auf den einzigen Fotodetektor ab, um das Auffinden einer optimalen Reflexionsstelle zu erleichtern. Einbezogen sind aber auch Ausführungen, bei denen die Einrichtung zum Abbilden nur eine Beleuchtungsstelle auf den Fotodetektor abbildet, auf die Licht unter verschiedenen Winkeln projiziert wird, um Licht unter einem Einfallswinkel

25.

auf die Beleuchtungsstelle zu projizieren, für den die Reflexionsstelle optimal ist.

Gemäß einer Ausgestaltung ist zwischen der mindestens einen Einrichtung zum Abbilden und dem Fotodetektor eine Einrichtung zum Zusammenführen von Licht angeordnet. Die Einrichtung zum Zusammenführen hat mehrere Eingänge, durch die Licht eintreten kann. In der Einrichtung zum Zusammenführen wird das eingetretene Licht zusammengeführt und durch einen gemeinsamen Ausgang dem Fotodetektor zugeführt. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist die Einrichtung zum Zusammenführen von Licht sich vereinigende Lichtleiter auf.

Gemäß einer Ausgestaltung sind mehrere Fotodetektoren und mindestens eine Einrichtung zum Abbilden mindestens einer Beleuchtungsstelle auf mehrere Fotodetektoren vorhanden. Durch die mehreren Fotodetektoren ist die Wahrscheinlichkeit erhöht, reflektiertes Licht aus einer einzigen Beleuchtungsstelle zu empfangen. Sind mehrere Beleuchtungsstellen vorhanden, ist durch die mehreren Fotodetektoren die Wahrscheinlichkeit erhöht, reflektiertes Licht aus mindestens einer Beleuchtungsstelle zu empfangen.

Gemäß einer Ausgestaltung sind die Einrichtungen zum Projizieren und die mindestens eine Einrichtung zum Abbilden coaxial angeordnet. Hierdurch wird eine Erfassung von Grenzflächen in engen Gefäßen und ein Abtasten von Gegenständen mit stark strukturierter Oberfläche begünstigt.

26.

Gemäß einer Ausgestaltung wird das Licht der mindestens einen Lichtquelle über einen Strahlteiler der Einrichtung zum Abbilden der mindestens einen Lichtquelle auf die mindestens eine Beleuchtungsstelle zugeführt und bildet dieselbe Einrichtung zum Abbilden die mindestens eine Beleuchtungsstelle über den Strahlteiler auf den mindestens einen Fotodetektor ab. Hierdurch wird eine Auflichtmessung ermöglicht. Da nur eine Einrichtung zum Abbilden vorhanden ist, ist der Aufwand verhältnismäßig klein.

Gemäß einer Ausgestaltung weist die mindestens eine Einrichtung zum Abbilden der mindestens einen Lichtquelle und/oder die mindestens eine Einrichtung zum Abbilden der mindestens einen Beleuchtungsstelle eine Linse und/oder mehrere nebeneinander angeordnete Linsen und/oder ein Linsenarray und/oder eine Stufenlinse auf. Mehrere quer zur Achse der Einrichtung zum Abbilden nebeneinander angeordnete Linsen, das Linsenarray und die Stufenlinse werden insbesondere zum Abbilden mehrerer Lichtquellen oder virtueller Lichtquellen auf mindestens eine Beleuchtungsstelle und/oder zum Abbilden mindestens einer Beleuchtungsstelle auf mehrere Fotodetektoren herangezogen.

Gemäß einer Ausgestaltung hat die Auswerteeinrichtung Mittel zum Filtern des von dem mindestens einen Fotodetektor gelieferten Meßsignals. Hierdurch können Rauschanteile des Meßsignals unterdrückt und Fremdlichteinträge und andere Störungen ausgeschaltet werden. Hierfür werden beispielsweise die beim Verlagern der mindestens einen Beleuchtungsstelle in einer Richtung quer zu und in Richtung der optischen Achse von den Fotodetektoren gelieferten Messsignale abgeleitet und die Grenzfläche an der Stelle

27.

ermittelt, an der die Ableitung den Wert Null annimmt. Weitere Auswerteverfahren (z.B. logarithmisch, Integration höherer Ordnung) zum Herausfiltern der Rauschsignale aus dem Meßsignal stehen zur Verfügung. Durch das Filtern der Messsignale wird die Empfindlichkeit des optischen Sensorsystems und die Schnelligkeit der Detektion von Grenzflächen mittels des optischen Sensorsystems gesteigert.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist mittels der Verstelleinrichtungen die relative Lage der von der mindestens einen Einrichtung zum Projizieren, der mindestens einen Einrichtung zum Abbilden und dem mindestens einen Fotodetektor gebildeten Optik und der Grenzfläche verstellbar. Dafür kann das optische Sensorsystem und/oder die Grenzfläche, die z.B. auf einem Objektträger angeordnet ist, z.B. mittels einer horizontal und vertikal (in Richtung der X-, Y- und Z-Achse) verfahrbaren Transporteinrichtung, verlagerbar sein.

Für das Verstellen in Richtung der optischen Achse der mindestens einen Einrichtung zum Abbilden hat die Verstelleinrichtung gemäß einer weiteren Ausgestaltung ein Zoom-Objektiv und/oder Autofokus-System in der mindestens einen Einrichtung zum Abbilden. Für die Verstellung quer zur optischen Achse kann die Verstelleinrichtung mindestens einen Scan-Spiegel in der mindestens einen Einrichtung zum Abbilden haben.

Gemäß einer Ausgestaltung sind die Verstelleinrichtungen motorgetrieben, z.B. für eine Integration in eine automatische Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten.

28.

Die Steuerungseinrichtung steuert das Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche durch die Verstell-einrichtungen. Die Steuerungseinrichtung gemeinsam mit der Auswerteeinrichtung kann das Verstellen in Abhängigkeit von den Messsignalen vornehmen, um mindestens eine Beleuchtungsstelle auf die Grenzfläche einzustellen und/oder entlang der Grenzfläche zu verfahren.

Gemäß einer Ausgestaltung ermittelt die Auswerteeinrichtung die Lage und/oder die Identität von Grenzflächen bzw. der diese aufweisenden Flüssigkeiten oder Gegenstände. Die Identität von Flüssigkeiten und Gegenständen kann z.B. durch Abtasten ihrer Grenzflächen mit Licht bestimmter Wellenlängen und Vergleich der Messsignale mit Referenzdaten ermittelt werden. Die Identität von Gegenständen kann durch Vergleich des durch Abtastung ermittelten Profils der Grenzfläche mit Referenzdaten ermittelt werden. Die Referenzdaten können gespeichert werden, z.B. nach Ermittlung durch vorherige Abtastung von Referenzflüssigkeiten bzw. Referenzgegenständen. Die Ergebnisse dieser Ermittlungen können zur automatischen Steuerung von Abläufen der Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten verwendet werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung erfaßt die Auswerteeinrichtung die Lage und/oder Identität von Grenzflächen in Gefäßen (z.B. Reaktionsgefäßen oder Aufnahmen von Mikrotiterplatten) und/oder von Laborwaren (sog. „Labware“, wie z.B. Reaktionsgefäße, Mikrotiterplatten, Pipettenspitzen) und/oder von Werkzeugen.

29.

Gemäß einer Ausgestaltung ist das optische Sensorsystem an einer automatischen Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten angeordnet.

Gemäß einer Ausgestaltung ist die Auswerteeinrichtung eine Auswerteeinrichtung zum Erfassen einer optisch abtastbaren Markierung von Gegenständen. Die optisch abtastbare Markierung ist beispielsweise ein auf einem Gegenstand angeordneter Barcode oder Strichcode oder eine codierte Anordnung von Löchern oder von Linien eines Rasters auf dem Gegenstand.

Ferner wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 49 gelöst. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Abtasten von Grenzflächen von Flüssigkeiten in Laborgefäßen und Laborgegenständen wird

- Licht in Richtung einer optischen Achse auf mindestens eine Beleuchtungsstelle im Raum projiziert,
- die relative Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in einer Richtung quer zu der optischen Achse und gleichzeitig in Richtung der optischen Achse verändert,
- die mindestens eine Beleuchtungsstelle auf mindestens einen Fotodetektor abgebildet und
- das Messsignal des Fotodetektors ausgewertet.

Durch die gleichzeitige Änderung der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in einer Richtung quer zu der optischen Achse und in Richtung der optischen Achse wird in einem Zeitabschnitt

30.

eine größere Fläche abgetastet als bei dem herkömmlichen Verfahren. Dies ist insbesondere bei einer schnellen Auslenkung der Beleuchtungsstelle quer zu der optischen Achse der Fall. Die Auslenkung kann auf den Nahbereich der optischen Achse beschränkt werden, der etwa der Größe des Querschnitts der Gefäße entspricht, in denen der Flüssigkeitsspiegel abgetastet werden soll. Einbezogen in die gleichzeitige Verlagerung in Richtung quer zu der optischen Achse und in Richtung der optischen Achse ist die absolut gleichzeitige Verlagerung und die quasi gleichzeitige Verlagerung, bei der in schneller Folge abwechselnd bzw. einander zeitlich überlappend eine Verlagerung in einer Richtung quer zu der optischen Achse und eine Verlagerung in Richtung der optischen Achse erfolgt. Während der Veränderung der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche wird die mindestens eine Beleuchtungsstelle auf mindestens einem Fotodetektor abgebildet. Durch Auswertung des Messsignals mindestens eines Fotodetektors ist feststellbar, ob sich die Grenzfläche in der mindestens einen Beleuchtungsstelle befindet. Bei der Ortung der Grenzfläche in der mindestens einen Beleuchtungsstelle, kann die Veränderung der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche abgebrochen werden.

Die Erfindung umfasst Verfahren, bei denen die Beleuchtungsstelle oder die Grenzfläche oder die Beleuchtungsstelle und die Grenzfläche in einer Richtung quer zur optischen Achse und in Richtung der optischen Achse verlagerbar ist. Soweit zur Vereinfachung auf eine Verlagerung der Beleuchtungsstelle quer zur optischen Achse und in Richtung der optischen Achse Bezug genommen wird, gelten diese Ausführungen sinngemäß auch für die anderen Verlagerungsmöglichkeiten.

31.

Die Beleuchtungsstelle ist eine Stelle im Raum, auf die Licht projiziert wird.

Gemäß einer Ausgestaltung wird die Achse der Projektion des Lichtes auf die mindestens eine Beleuchtungsstelle bezüglich der optischen Achse geschwenkt und/oder bezüglich der optischen Achse parallel versetzt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird die mindestens eine Beleuchtungsstelle spiralförmig und/oder zyklodisch und/oder zickzackförmig und/oder zufällig und/oder chaotisch und/oder kontinuierlich und/oder unterbrochen quer zu der optischen Achse verlagert.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird die mindestens eine Beleuchtungsstelle innerhalb vorgegebener Grenzen um die optische Achse verlagert.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist die optische Achse vertikal ausgerichtet.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird die mindestens eine Beleuchtungsstelle immer weiter von der optischen Achse weg bis zum Erreichen eines maximalen Abstandes von der optischen Achse verlagert und/oder wird die mindestens eine Beleuchtungsstelle von einem maximalen Abstand von der optischen Achse aus immer näher zur optischen Achse hin bewegt. Dies kann auch mehrfach und/oder in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt werden.

32.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird die mindestens eine Beleuchtungsstelle wiederholt von der optischen Achse weg bis zum Erreichen eines maximalen Abstandes von der optischen Achse und vom dem maximalen Abstand aus zur optischen Achse hin verlagert. Dies kann auch wiederholt und/oder in umgekehrter Abfolge durchgeführt werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird das maximale Messsignal beim Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle in Richtung quer zu der optischen Achse und/oder in Richtung der optischen Achse ermittelt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird nach Ermittlung eines maximalen Messsignals die mindestens eine Beleuchtungsstelle etwa auf die oder in einem geringeren Abstand von der Position entlang der optischen Achse eingestellt, in der das maximale Messsignal ermittelt wurde und erneut das maximale Messsignal mindestens eines Fotodetektors beim Verlagern der mindestens einen Beleuchtungsstelle in Richtung quer zu der optischen Achse und in Richtung der optischen Achse ermittelt, wobei die mindestens eine Beleuchtungsstelle um eine kürzere Strecke und/oder mit einer geringeren Geschwindigkeit als zuvor verlagert wird.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird die Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle beim Maximum des Messsignals als Lage der Grenzfläche und/oder als Lage des optimalen Reflexionspunktes auf der Grenzfläche bestimmt.

33.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung wird gleichzeitig Licht auf mehrere Beleuchtungsstellen projiziert und/oder Licht unter verschiedenen Winkel auf dieselbe Beleuchtungsstelle projiziert und/oder mindestens eine Beleuchtungsstelle auf mehrere Fotodetektoren abgebildet.

Diese Ausgestaltung ermittelt die räumliche Lage der Grenzfläche in vertikaler Richtung (bzw. in Richtung der Z-Achse), d.h. in oder entgegen der Richtung der Erdgravitation. Eine Bestimmung der Lage in horizontaler Richtung (bzw. in Richtung der X- und Y-Achse) und die Zuordnung der optimalen Reflexionsstelle zu einer bestimmten Stelle auf der Grenzfläche kann entfallen. Hierdurch wird die Detektion des Flüssigkeitsspiegels beschleunigt.

Gemäß einer Ausgestaltung wird die Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle in Querrichtung zur Vertikalen verändert, falls beim Verändern des vertikalen Abstandes zwischen Beleuchtungsstelle und Grenzfläche kein Maximum des Messsignals mindestens eines Fotodetektors ermittelt wird und wird danach erneut unter Veränderung des vertikalen Abstandes der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche nach einem Maximum des Messsignals gesucht. Diese ergänzenden Schritte brauchen nur durchgeführt zu werden, wenn bei der ersten Veränderung des vertikalen Abstandes kein Maximum des Messsignals ermittelt wird.

Gemäß einer Ausgestaltung wird

- Licht in Richtung einer Grenzfläche auf mindestens eine Beleuchtungsstelle projiziert,

34.

- die Verteilung der reflektierten Lichtmenge mittels mehrerer Fotodetektoren ermittelt und
- aufgrund der ermittelten Lichtmengenverteilung die wahrscheinliche Lage der optimalen Reflexionsstelle auf der Grenzfläche und/oder die wahrscheinliche Lage und/oder die wahrscheinliche Identität der Grenzfläche ermittelt.

Bei dieser Ausgestaltung wird aus der Verteilung des reflektierten Lichts auf die wahrscheinliche Lage der Grenzfläche und/oder der optimalen Reflexionsstelle auf der Grenzfläche und/oder auf die wahrscheinliche Identität der Grenzfläche bzw. den diese aufweisende Flüssigkeit oder den diese aufweisenden Gegenstand geschlossen. Die von den mehreren Fotodetektoren gelieferten Messsignale werden entsprechend ausgewertet. Die Information über die wahrscheinliche Lage bzw. die wahrscheinliche Identität reicht für manche Anwendungen aus, beispielsweise wenn lediglich ermittelt werden muss, ob ein Gefäß überhaupt Flüssigkeit enthält, ob ein Gegenstand am Ende eines Prozesses angelangt ist oder ob eine bestimmte Art von Gegenständen (z.B. eine Mikroplatte mit 384 Aufnahmen) vorliegt. Die genaue Ermittlung der Lage bzw. die genaue Identifizierung der Grenzfläche kann gemäß einer Ausgestaltung in einem nachgeschalteten Schritt beschleunigt durchgeführt werden, weil bereits nach Auswertung weniger Messsignale zielgerichtet gemessen werden kann. Hierfür wird gemäß einer Ausgestaltung die mindestens eine Beleuchtungsstelle auf die wahrscheinliche Lage der Grenzfläche bzw. der optimalen Reflexionsstelle eingestellt und die Messung wiederholt.

Gemäß einer Ausgestaltung wird

35.

- Licht auf mehrere Beleuchtungsstellen projiziert,
- die Beleuchtungsstellen über eine Grenzfläche verfahren,
- jede Beleuchtungsstelle auf einen dieser zugeordneten Fotodetektor abgebildet und
- die von den mehreren Fotodetektoren gelieferten Messsignale verglichen und im Falle einer Abweichung ein Messfehler festgestellt.

Bei dieser Ausgestaltung wird die Oberfläche von Gegenständen mehrfach abgetastet und werden die Messsignale herangezogen, um Messfehler festzustellen. Die Feststellung von Messfehlern kann Ausgangspunkt für eine erneute Abtastung der Grenzfläche des Gegenstandes sein. Eine Korrektur kann aber auch vorgenommen werden, indem die Messsignale weitere Abtastungen, die in einem einzigen Arbeitsgang gewonnen werden, für die Korrektur einer fehlerhaften Messung herangezogen werden. Für dieses Verfahren können sämtliche Kanäle des optischen Sensorsystem herangezogen werden oder nur ein Teil davon. Es kann insbesondere zur Abtastung eines Barcodes, Strichcodes, einer codierten Anordnung von Löchern oder von Linien eines Rasters auf einem Gegenstand herangezogen werden. Das Verfahren ist aber auch zur Abtastung von Grenzflächen für eine Identifikation von Gegenständen geeignet.

Grundsätzlich kann das optische Sensorsystem auch zur Identifizierung bzw. zur Ermittlung der Lage von Gegenständen herangezogen werden. Dabei wird vorzugsweise die Projektionsachse nicht bezüglich der optischen Achse verlagert. Bei dieser Anwendung ist es wichtiger, dass sich das Signal des Fotodetektors deutlich ändert, wenn die Beleuchtungsstelle auf eine Körper-

36.

kante trifft, so dass die Auswerteeinrichtung über die Zuordnung der Bewegungsdaten den genaueren Ort der Körperkante ermitteln kann. Bei einem mehrkanaligen optischen Sensorsystem wird vorzugsweise nur ein Kanal genutzt, d.h. indem mittels eines einzigen Lichtstrahles eine einzige Beleuchtungsstelle erzeugt wird, die auf einen einzigen Fotodetektor abgebildet wird. Das mehrkanalige optische Sensorsystem kann durch geeignete Maßnahmen auf ein einkanaliges optisches Sensorsystem umgeschaltet werden, z.B. durch Auslesen nur eines Fotodetektors und/oder durch Abdecken von Beleuchtungsstellen durch geeignete Blenden der Einrichtung zum Projizieren und/oder durch Abschalten von Lichtquellen. Das System ist dann in der Lage, über Horizontalbewegungen (in X- und Y-Richtung) der Verstelleinrichtung die Lage von Gegenständen im Raum zu erfassen.

Gemäß einer Ausgestaltung werden die ermittelten Lagen und/oder Identitäten von Grenzflächen gespeichert und/oder zur Steuerung und/oder zur Überprüfung eines Verfahrens zur Behandlung von Flüssigkeiten verwendet. Die ermittelten Werte können in Datenspeichern abgelegt und zur Bestimmung von Flüssigkeitsvolumina bzw. zur Bestimmung der Lage von Gegenständen herangezogen werden. Ferner können die gemäß den obigen Verfahren ermittelten Daten über ein Bussystem einer Steuereinrichtung zur Verfügung gestellt werden, die wiederum eine Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten steuert.

Gemäß einer Ausgestaltung werden die Lagen und/oder Identitäten von Grenzflächen und/oder von Gegenständen zu Beginn eines Verfahrens zur Behandlung von Flüssigkeiten ermittelt und/oder im Verlauf eines Verfahrens

37.

zur Behandlung von Flüssigkeiten erneut ermittelt und/oder ausgehend von den ermittelten Lagen und/oder Identitäten Veränderungen der Zustände durch das Verfahren zur Behandlung von Flüssigkeiten errechnet. Mittels einer Pipettiereinrichtung können je nach Anforderung des Verfahrens zur Behandlung von Flüssigkeiten Flüssigkeitsvolumina aus bestimmten Gefäßen entnommen und auch zugegeben werden. Die Veränderungen der Volumina in jedem Gefäß können durch eine Steuereinrichtung berechnet und protokolliert und für die weiteren Schritte des Verfahrens zur Behandlung von Flüssigkeiten gespeichert werden. Eine erneute Ermittlung der Lage der Grenzflächen von Flüssigkeiten ist dann grundsätzlich nicht mehr notwendig. Ferner können über eine Greif- oder eine andere Transporteinrichtung gemäß dem Verfahren zur Behandlung von Flüssigkeiten Gegenstände bewegt werden. Auch hierbei ist es grundsätzlich nicht erforderlich, die neue Lage oder die Abwesenheit der Gegenstände an einen bestimmten Ort zu ermitteln, da die neue Lage berechnet werden kann. Grundsätzlich reicht es somit aus, mittels des optischen Sensorsystem die Zustände (Lagen und/oder Identitäten von Grenzflächen bzw. der diese aufweisenden Flüssigkeiten oder Gegenstände) am Anfang des Verfahrens zur Behandlung von Flüssigkeiten zu ermitteln, falls sie nicht vom Anwender vorgegeben werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung werden die errechneten Werte durch eine erneute Ermittlung der Lagen und/oder Identitäten überprüft. Bei jedem Zwischenstand des Verfahrens zur Behandlung von Flüssigkeiten können die vorher ausgeführten Befehle und Aktionen überprüft und die Werte bei diesem Zwischenstand gespeichert werden.

38.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung werden die ermittelten und/oder errechneten Lagen und/oder Identitäten archiviert und/oder ausgegeben. Nach Abschluss eines Verfahrens ist eine Überprüfung aller ausgeführten Befehle bzw. Aktionen mittels des optischen Sensors zur Qualitätssicherung bzw. Validierung möglich. Die Ergebnisse können abgespeichert und/oder zur Archivierung und/oder Nachweisführung ausgegeben werden.

Die Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die anliegenden Zeichnungen von Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 einen Lichtstrahl an einer optimalen Reflexionsstelle einer konkav gekrümmten Grenzfläche einer Flüssigkeit in einem Gefäß in einem Vertikalschnitt;

Fig. 2 einen Lichtstrahl an einer optimalen Reflexionsstelle einer konvex gekrümmten Grenzfläche einer Flüssigkeit in einem Gefäß in einem Vertikalschnitt;

Fig. 3 Lage einer idealen Reflexionsstelle der Grenzfläche einer Flüssigkeit in einem Gefäß in der Draufsicht;

Fig. 4 Lage einer realen Reflexionsstelle der Grenzfläche einer Flüssigkeit in einem Gefäß in einer Draufsicht;

Fig. 5a, b und c ein ausgelenkter Lichtstrahl (Fig. 5a), ein rotierender Lichtstrahl (Fig. 5b) und mehrere parallele Lichtstrahlen

39.

(Fig. 5c) an einer konkav gekrümmten Grenzfläche einer Flüssigkeit in einem Gefäß in einem Vertikalschnitt;

Fig. 6a, b und c ein ausgelenkter Lichtstrahl (Fig. 6a), ein rotierender Lichtstrahl (Fig. 6b) und mehrere parallele Lichtstrahlen (Fig. 6c) an einer konvex gekrümmten Grenzfläche einer Flüssigkeit in einem Gefäß in einem Vertikalschnitt;

Fig. 7a und d Abtasten der realen Grenzfläche einer Flüssigkeit in einem Gefäß mittels eines spiralförmig verlagerten Lichtstrahles (Fig. 7a) mehrerer matrixartig angeordneter Lichtstrahlen (Fig. 7d) in der Draufsicht;

Fig. 7b und c Verlagerung spiralförmig verstellter Beleuchtungsstellen in Richtung der optischen Achse stufenweise auf verschiedenen Niveaus (Fig. 7b) und kontinuierlich (Fig. 7c);

Fig. 8 optisches Sensorsystem mit mehreren Lichtquellen und mehreren Fotodetektoren in schematischer Seitenansicht;

Fig. 9 optisches Sensorsystem mit mehreren virtuellen Lichtquellen und mehreren Fotodetektoren in schematischer Seitenansicht;

40.

Fig. 10 optisches Sensorsystem mit mehreren virtuellen Lichtquellen und einem Fotodetektor mit vorgeordneter Lichtzusammenführung in schematischer Seitenansicht;

Fig. 11 optisches Sensorsystem mit mehreren Lichtquellen und einem Fotodetektor mit vorgeordneter Lichtzusammenführung in schematischer Seitenansicht;

Fig. 12 optisches Sensorsystem mit einer Lichtquelle mit divergierenden Lichtstrahlen und mehreren Fotodetektoren mit konvergierender Ausrichtung in schematischer Seitenansicht;

Fig. 13 optisches Sensorsystem mit auf geneigte Grenzflächen gerichteten divergierenden Lichtstrahlen und mehreren parallelen Fotodetektoren in schematischer Seitenansicht;

Fig. 14 optisches Sensorsystem mit mehreren Lichtquellen mit unter verschiedenen Winkeln auf einen gemeinsamen Beleuchtungspunkt gerichteten Lichtstrahlen und mehreren darauf ausgerichteten Fotodetektoren in schematischer Seitenansicht;

Fig. 15 Blockschaltbild eines optischen Sensorsystems gemäß Fig. 10;

Fig. 16 beispielhafte Anordnung von Mikrotiterplatten in einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten mit einem optischen Sensorsystem

41.

insbesondere für Lageerkennung und Identifizierung von Labware in der Draufsicht;

Fig. 17 beispielhafte Anordnung von Laborwaren in einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten mit einem optischen Sensorsystem insbesondere für Lageerkennung und Identifizierung von Laborwaren;

Fig. 18 optisches Sensorsystem beim Abtasten eines Barcodes in einer schematischen Seitenansicht;

Fig. 19 optisches Sensorsystem mit einer verstellbaren Projektions- und Abbildungseinrichtung zum spiralförmigen Abtasten einer Grenzfläche in Seitenansicht;

Fig. 20 optisches Sensorsystem gemäß Fig. 19 beim Abtasten eines Barcodes;

Fig. 21 optisches Sensorsystem gemäß Fig. 19 beim Abtasten eines seitlich am Objekt angebrachten Barcodes.

Bei der nachfolgenden Beschreibung sind übereinstimmende Teile verschiedener Ausführungsbeispiele mit denselben Bezugsziffern bezeichnet.

Die Fig. 1 bis 7 zeigen Beispiele für die Ausbildung des Flüssigkeitsspiegels in einem Reaktionsgefäß mit einem Fassungsvermögen im Bereich von einem Bruchteil eines Milliliters bis zu einigen Millilitern. Derartige

42.

Reaktionsgefäße werden z.B. von der Anmelderin unter der Bezeichnung „Eppendorf Röhrchen“ bzw. „Eppendorf Tubes“ vermarktet.

Die Gefäße 1 sind im unteren Bereich 2 konisch und haben einen innen konkav gewölbten Gefäßboden 3. Die Gefäße 1 sind mit ihrer Achse 4 vertikal ausgerichtet.

Gemäß Fig. 1 hat eine im Gefäß 1 angeordnete Flüssigkeit 5 einen konkav gekrümmten „Meniskus“ bzw. Grenzfläche 6.

Ein parallel zur Gefäßachse 4 auf die Grenzfläche 6 gerichteter Lichtstrahl 7 trifft in einer optimalen Reflexionsstelle 8 senkrecht auf die Grenzfläche 6. Aus der optimalen Reflexionsstelle 8 wird er parallel zur Gefäßachse 4 reflektiert. Eine Vorrichtung zum Erfassen von Grenzflächen gemäß Fig. 1 der EP 1 288 635 A2 kann bei Ausrichtung des Lichtstrahles auf die optimale Reflexionsstelle 8 die Lage der Grenzfläche 6 ermitteln.

Fig. 2 zeigt die optimale Reflexionsstelle 8 an einer konvex gekrümmten Grenzfläche 6 in dem Gefäß 1.

Gemäß Fig. 3 ist die optimale Reflexionsstelle 8 im Idealfall auf der Mittelachse 4 des Gefäßes 1 angeordnet. Wenn die Lage des Gefäßes 1 bekannt ist, kann der Füllstand mittels der Vorrichtung zum Erfassen von Grenzflächen gemäß EP 1 288 635 A2 leicht bestimmt werden. Gemäß Fig. 4 ist die optimale Reflexionsstelle 8 real außermittig angeordnet. Ein Sensor-

43.

system gemäß EP 1 288 635 A2 muß vertikal und horizontal verfahren werden, um die optimale Reflexionsstelle 8 zu finden.

Erfindungsgemäß wird gemäß Fig. 5a und 6a ein Lichtstrahl 7 aus der Gefäßachse 4, die zugleich eine optische Achse einer Einrichtung zum Projizieren ist, ausgelenkt. In Fig. 5a und 6a ist der Lichtstrahl 7 beim Auftreffen auf die optimale Reflexionsstelle 8 auf der Grenzfläche 6 im Gefäß gezeigt. In dieser Situation ist das reflektierte Licht mittels eines nicht gezeigten Fotodetektors detektierbar, der auf die Reflexionsstelle 8 gerichtet ist.

Die Fig. 5b und 6b zeigen den rotierenden Lichtstrahl 7 beim Abtasten der Grenzfläche 6. Der auf die optimale Reflexionsstelle 8 gerichtete Lichtstrahl 7 ist grafisch hervorgehoben.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung werden entsprechend Fig. 5c und 6c mehrere parallele Lichtstrahlen 7 auf die Grenzfläche 6 im Gefäß 1 gerichtet. Jeweils einer der parallelen Lichtstrahlen 7 trifft auf die optimale Reflexionsstelle 8. Das reflektierte Licht ist somit mittels eines nicht gezeigten Fotodetektors detektierbar, der auf das reflektierte Licht ausgerichtet ist. Die Verfahren gemäß Fig. 5a, 5b und 5c bzw. 6a, 6b und 6c werden kombiniert durchgeführt.

Fig. 7a zeigt das Auffinden der optimalen Reflexionsstelle 8 durch spiralförmiges Bewegen des Lichtstrahles 7 bzw. der Beleuchtungsstelle 12 über die Grenzfläche 6. Wenn die Beleuchtungsstelle 12 der optimalen Reflexionsstelle 8 am nächsten ist, liefert der Fotodetektor das stärkste Signal.

44.

Die Beleuchtungsstelle hat beispielsweise einen Durchmesser von etwa 0,3 mm und die Bahnen der Beleuchtungsstelle 12 haben beispielsweise einen Abstand von 0,2 mm voneinander, um nahezu jeden Punkt der Grenzfläche zu bestreichen. Dies gilt auch für andere als spiralförmige Verlagerungen der Beleuchtungsstelle.

Gemäß Fig. 7b wird der Lichtstrahl 7 schrittweise in verschiedenen Ebenen entlang der optischen Achse 4 bewegt. In der obersten Ebene (bezogen auf die zeichnerische Darstellung) wird der spiralförmig von der optischen Achse 4 aus bis auf einen maximalen Abstand von der optischen Achse 4 bewegt. Danach wird er parallel zur optischen Achse 4 in die nächsttiefere Ebene bewegt. Dort wird er vom maximalen Abstand von der optischen Achse 4 spiralförmig bis auf die optische Achse 4 verlagert. Danach wird die Beleuchtungsstelle 12 auf der optischen Achse 4 bis zur nächsttieferen Ebene bewegt. Dort wird er wieder spiralförmig nach außen bis auf einen maximalen Abstand von der optischen Achse 4 bewegt usw..

Gemäß Fig. 7c führt die vom Lichtstrahl 7 beleuchtete Beleuchtungsstelle 12 eine überlagerte spiralförmige Bewegung um die optische Achse 4 und in Richtung der optischen Achse 4 nach unten aus. Die spiralförmige Bewegung geht von der optischen Achse 4 aus bis auf einen maximalen Abstand von der optischen Achse 4 und von dem maximalen Abstand zur optischen Achse 4 zurück.

45.

Die Abtastprozeduren gemäß Fig. 7b und 7c können abgebrochen werden, sobald die größte Annäherung der Beleuchtungsstelle 12 an die optimale Reflexionsstelle 8 festgestellt wird.

Fig. 7d veranschaulicht das Auffinden der optimalen Reflexionsstelle 8 mittels einer matrixartigen Anordnung von Lichtstrahlen 7 an einer realen Grenzfläche 6 entsprechend Fig. 4. Die optimale Reflexionsstelle 8 ist grundsätzlich in einem einzigen Abtastvorgang auffindbar. Gegebenenfalls muss eine Einrichtung zum Projizieren der Lichtstrahlen 7 in der Vertikalen (senkrecht zur Zeichenebene) verfahren werden, um einen Lichtstrahl 7 an der optimalen Reflexionsstelle 8 auf der Grenzfläche 6 zu fokussieren. Das Verfahren von Fig. 7d wird mit dem Verfahren von Fig. 7a kombiniert.

Mehrere Lichtstrahlen 7 zum Abtasten der Grenzfläche 6 können auf verschiedene Weisen erzeugt werden. Nachfolgend sind hierfür einige Beispiele erläutert:

Gemäß Fig. 8 sind parallele Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 aus parallelen Lichtquellen 9.1, 9.2, 9.3 auf einen Strahlteiler 10 gerichtet. Vom Strahlteiler 10 werden die Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 auf ein Linsenarray 11 reflektiert. Das Linsenarray 11 hat eine Vielzahl nebeneinander angeordneter Linsen, wobei jedem Lichtstrahl 7.1, 7.2, 7.3 eine Linse zugeordnet ist. Durch das Linsenarray 11 werden die Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 auf rasterartig angeordnete Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 fokussiert.

46.

Im Beispiel treffen sämtliche Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 senkrecht auf eine reflektierende Grenzfläche 6, so dass das Licht in Richtung der einfallenden Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 reflektiert wird. Das reflektierte Licht wird durch das Linsenarray 11 und den Strahlenteiler 10 auf parallele Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3 abgebildet.

Das Linsenarray 11 fokussiert die Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 auf Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 und das aus den Beleuchtungsstellen reflektierte Licht auf die Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3. Wenn sich die Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 auf der Grenzfläche 6 befinden, ist die von den Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3 empfangene Lichtmenge maximal. Die Messsignale der Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3 zeigen damit an, dass sich die Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 auf der Grenzfläche 6 befinden. Damit ist der Abstand der Grenzfläche 6 vom optischen Sensorsystem bekannt.

In Fig. 8 ist die Grenzfläche 6 eben. Bei einer unebenen Grenzfläche 6 trifft nur ein senkrecht auf einen Bereich dieser Grenzfläche auftreffender Lichtstrahl 7.1 oder 7.2 oder 7.3 auf die optimale Reflexionsstelle 8. Das reflektierte Licht wird vom Fotodetektor 13.1 oder 13.2 oder 13.3 empfangen, auf den die betreffende Beleuchtungsstelle 12.1 oder 12.2 oder 12.3 abgebildet wird. Das Messsignal dieses Fotodetektors 13.1 oder 13.2 oder 13.3 indiziert das Auffinden der optimalen Reflexionsstelle 8, so dass der Abstand der Grenzfläche 6 vom optischen Sensorsystem auf einer nicht planen Grenzfläche 6 feststellbar ist.

47.

Das optische Sensorsystem von Fig. 9 weist nur eine einzige Lichtquelle 9 auf. Das Licht dieser Lichtquelle wird über einen sich auffächernden Lichtleiter 14.1, 14.2, 14.3 auf mehrere virtuelle Lichtquellen 9.1, 9.2, 9.3 aufgeteilt. Die davon ausgehenden Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 werden wiederum in der bereits beschriebenen Weise über eine Anordnung aus Strahlteiler 10 und Linsenarray 11 auf Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 fokussiert. Die aus optimalen Beleuchtungsstellen reflektierten Lichtstrahlen werden auf parallele Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3 abgebildet.

Das optische Sensorsystem von Fig. 10 unterscheidet sich von dem Vorbeschriebenen dadurch, dass es nur einen Fotodetektor 12 aufweist. Dem Fotodetektor 12 vorgeordnet sind sich vereinigende bzw. miteinander verschmelzende Lichtleiter 15.1, 15.2, 15.3. Die aufgefächerten Enden der Lichtleiter 15.1, 15.2, 15.3 sind jeweils einem Lichtstrahl 7.1, 7.2, 7.3 zugeordnet. Das aus den Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 in Richtung der einfallenden Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 reflektierte Licht wird auf die Eingänge der Lichtleiter 15.1, 15.2, 15.3 abgebildet. Das dort eintreffende Licht wird gebündelt dem Fotodetektor 13 zugeführt. Die Anordnung einer optimalen Reflexionsstelle 8 der Grenzfläche 6 in mindestens einer Beleuchtungsstelle 12.1, 12.2, 12.3 zeigt sich in einem erhöhten Meßsignal des Fotodetektors 13.

Das optische Sensorsystem gemäß Fig. 11 kombiniert die mehreren Lichtquellen 9.1, 9.2, 9.3 des optischen Sensorsystems von Fig. 8 mit sich vereinigenden Lichtleitern 15.1, 15.2, 15.3 und einem nachgeordneten Fotodetektor 13 von Fig. 10. Die virtuellen Lichtquellen von Fig. 10 sind also

48.

durch tatsächliche Lichtquellen 9.1, 9.2, 9.3 ersetzt. Falls zumindest eine Beleuchtungsstelle 12.1, 12.2, 12.3 auf eine optimale Reflexionsstelle 8 einer Grenzfläche 6 trifft, zeigt sich das in einem Anstieg des vom Fotodetektor 13 gelieferten Messsignals.

Bei der Anordnung von Fig. 12 liefert eine Lichtquelle 9 divergierende Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3, die vom Strahlteiler 10 reflektiert und über ein Linsenarray 11 auf Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 fokussiert werden. Sämtliche Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 treffen auf eine ebene Grenzfläche 6. Die von dort reflektierten Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 werden durch das Linsenarray 11 und den Strahlteiler 10 auf Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3 abgebildet. Falls nur ein Bereich der Grenzfläche 6 eben ist, wird nur der dort auftreffende Lichtstrahl 7.1 oder 7.2 oder 7.3 zum zugeordneten Fotodetektor 13.1 oder 13.2 oder 13.3 reflektiert. Infolgedessen ist am Anstieg des Messsignals zumindest eines Fotodetektors 13.1, 13.2, 13.3 erkennbar, dass sich die Grenzfläche 6 in einer Beleuchtungsstelle 12.1, 12.2, 12.3 befindet.

Die Ausführung von Fig. 13 unterscheidet sich von der vorbeschriebenen dadurch, dass sich sämtliche Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3 auf Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 befinden, die parallel von einer Grenzfläche 6 reflektiert werden. Da die Lichtquelle 9 divergierende Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 abgibt, werden sie nur von einer Grenzfläche 6 mit einem planen Zentralbereich 6.1 und zwei entgegengesetzt geneigten Randbereichen 6.2, 6.3 auf die zugeordneten Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3 reflektiert. Die Form der Grenzfläche 6 entspricht etwa der Form eines konkaven Meniskus, der vielfach von der Oberfläche einer Flüssigkeit in einem Gefäß gebildet wird. Diese Anordnung ist deshalb

49.

besonders zur Detektion von Flüssigkeitsspiegeln in Gefäßen geeignet. Anhand des Anstieges der Summe der Messsignale der Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3 ist die Anordnung der Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 auf der Grenzfläche 6.1, 6.2, 6.3 besonders gut erkennbar.

Das optische Sensorsystem von Fig. 14 hat Lichtquellen 9.1, 9.2, 9.3, deren Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 konvergieren, so dass sie nach Reflexion durch einen Strahlteiler 10 und Bündelung durch ein Linsenarray 11 in einer gemeinsamen Beleuchtungsstelle 12 zusammentreffen. Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3 sind auf den Lichtstrahlen 7.1, 7.2, 7.3 angeordnet, die von einer planen Grenzfläche 6, die senkrecht zur Achse des Linsenarrays 11 ausgerichtet ist, reflektiert werden. Die Anordnung einer optimalen Reflexionsstelle in der Beleuchtungsstelle zeigt sich an dem Anstieg der Messsignale sämtlicher Fotodetektoren 13.1, 13.2, 13.3. Falls nur einer der einfallenden Lichtstrahlen 7.1 oder 7.2 oder 7.3 auf einen Fotodetektor 13.1 oder 13.2 oder 13.3 reflektiert wird, zeigt sich dies in einem Anstieg des Messsignals des betreffenden Fotodetektors. Deshalb erleichtert auch dieses optische Sensorsystem das Auffinden einer optimalen Reflexionsstelle.

Treffen die Beleuchtungsstellen 12.1, 12.2, 12.3 der vorbeschriebenen optischen Sensorsysteme nicht auf eine optimale Reflexionsstelle 8 einer Grenzfläche 6, so kann durch Verlagern der optischen Sensorsysteme bezüglich der Grenzfläche 6 erreicht werden, dass eine Beleuchtungsstelle auf eine optimale Reflexionsstelle 8 trifft und damit die Lage der Grenzfläche 6 feststellbar ist.

50.

Gemäß Fig. 15 hat ein optisches Sensorsystem eine Spannungsversorgung 16 für mehrere Lichtquellen 9, die verschiedene Wellenlängen haben. Gesteuert werden die Lichtquellen 9 von einer Lichtsteuereinrichtung 17. Mittels der Lichtsteuereinrichtung 17 ist gezielt eine der verschiedenen Lichtquellen 9 einschaltbar, wobei die beste Wellenlänge für die Detektion einer bestimmten Grenzfläche gewählt werden kann.

Das Messsignal eines Fotodetektors 13 wird über einen Verstärker 18 mit einer Verstärkungsregelung 19 einem Rauschfilter 20 zugeführt. Das gefilterte Messsignal wird nach Digitalisierung mittels eines nicht gezeigten A/D-Wandlers einer Auswerte- und Steuerungseinrichtung in Form einer Recheneinheit 21 zugeführt, der die Messsignale auswertet. In Abhängigkeit von den Messsignalen steuert die Recheneinheit 21 eine Verstelleinrichtung 22 zum Verstellen des optischen Sensorsystems bezüglich einer Grenzfläche in Horizontal(X-Y-) und Vertikal(Z-)Richtung.

Gemäß Fig. 16 kann ein erfindungsgemäßes optisches Sensorssystem die Lage von Mikroplatten 23 im Arbeitsbereich 24 einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten 25 feststellen. Eine Verschwenkung, eine Parallelverschiebung oder eine anderweitige Fehlanordnung einer Mikroplatte 23 gegenüber einer zugeordneten Position wird mit Hilfe des optischen Sensorsystems erkannt. Sie kann bei der Bearbeitung von Flüssigkeiten in den Aufnahmen der Mikroplatten 23 und/oder bei einem Transport der Mikroplatten 23 berücksichtigt bzw. korrigiert werden.

51.

Gemäß Fig. 17 wird mit Hilfe eines optischen Sensorsystems die Lage von Mikroplatten 23 und Vorlagegefäßen 26 in einem Gestell 27 und das Fehlen einer Mikroplatte an einer dieser zugedachten Position 28 festgestellt. Der ermittelte Zustand der Laborwaren im Arbeitsbereich 24 der Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten 25 wird bei den weiteren Behandlungsschritten berücksichtigt.

Fig. 18 zeigt ein optisches Sensorsystem, bei dem zum Abtasten eines Barcodes nur eine Lichtquelle 9 und nur ein Fotodetektor 13 eingeschaltet ist, so dass die Messanordnung dem Ausführungsbeispiel gemäß EP 1 288 635 A2 entspricht. Die diesbezüglichen Ausführungen in der vorgenannten Offenlegungsschrift werden durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung einbezogen. Mittels der Messanordnung wird ein Barcode 29 auf einem Gegenstand 30 abgetastet, um diesen zu identifizieren. Zur Überprüfung der Abtastung kann durch Aktivierung einer – nicht gezeigten – zweiten Lichtquelle 9 und eines – nicht gezeigten – zweiten Fotodetektors eine gleichzeitige Messung vorgenommen werden. Hierfür wird das optische Sensorsystem in Horizontalrichtung bezüglich des Barcodes 29 verfahren.

Das optische Sensorsystem gemäß Fig. 19 entspricht grundsätzlich dem optischen Sensorsystem von Fig. 18. Die Projektions- und Abbildungseinrichtung 11 ist mit einer Verstelleinrichtung 31 ausgestattet, die ein Verstellen der Achse der Projektion des Lichtstrahles auf den Beleuchtungspunkt und der Abbildung des Beleuchtungspunktes auf den Detektor 10 quer zur optischen Achse des Systems ermöglicht. Ferner ist eine zusätzliche Verstelleinrichtung 32 zum Verstellen des optischen Sensorsystems in Richtung der

52.

optischen Achse 4 vorhanden, um eine Abtastung auch in Richtung senkrecht zur Grenzfläche vorzunehmen. Eine Auswerte- und Steuerungseinrichtung wertet die Signale des Detektors 10 aus und steuert die Verstelleinrichtung 11 so, dass die punktförmige Beleuchtungsstelle 12 eine spiralförmige Bahn durchläuft, um eine Grenzfläche abzutasten. Das optische Sensorsystem ist in eine automatische Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten 33 integriert.

Gemäß Fig. 20 wird das optische Sensorsystem von Fig. 19 zum Abtasten eines in einer horizontalen Fläche eines Objektes (z.B. einer Mikrotiterplatte) Barcodes vorgenommen. Hierzu kann die Beleuchtungsstelle mittels der Verstelleinrichtung 31 in Richtung quer zur optischen Achse 4 verlagert werden.

Schließlich zeigt Fig. 21 eine Anwendung, bei der ein Barcode 29 an einer senkrechten Ebene eines Objektes (z.B. einer Mikroplatte) abgetastet wird. Hierfür ist ein Spiegel 33 vorhanden, über den der Lichtstrahl auf den Barcode 29 reflektiert wird. Die Wanderung des Lichtstrahles entlang des Barcodes 29 wird durch Verstellen der Projektions- und Abbildungseinrichtung 11 mittels der Verstelleinrichtung 31 gesteuert.

Ansprüche

1. Optisches Sensorsystem an einer Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten mit
 - mindestens einer Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) von Licht in Richtung einer optischen Achse (4) auf mindestens eine Beleuchtungsstelle (12) im Raum,
 - einer Verstelleinrichtung (11) zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und einer Grenzfläche in einer Richtung quer zu der optischen Achse,
 - einer Verstelleinrichtung (32) zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in Richtung der optischen Achse,
 - einer Steuerungseinrichtung (21) zum Steuern der Verstelleinrichtungen, so dass diese gleichzeitig die relative Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche quer zu der optischen Achse und in Richtung der optischen Achse verstellen,
 - mindestens einer Einrichtung zum Abbilden (11) der mindestens einen Beleuchtungsstelle beim der Verstellung der relativen Lage auf mindestens einen Fotodetektor (13) und
 - einer mit dem mindestens einen Fotodetektor (13) verbundenen Auswerteeinrichtung (21) zum Auswerten des mindestens einen Messsignals.

54.

2. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 1, bei dem die Verstelleinrichtung (31) zum Verstellen der relativen Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche quer zu der optischen Achse eine Einrichtung zum Schwenken einer Projektionsachse der Einrichtung zum Projizieren bezüglich der optischen Achse und/oder eine Einrichtung zum Parallelversetzen der Projektionsachse der Einrichtung zum Projizieren bezüglich der optischen Achse ist.
3. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 2, bei dem die Einrichtung zum Schwenken (31) der Projektionsachse einen um zwei Achsen schwenkbaren Spiegel und/oder asymmetrische Linsen und/oder andere Strahlablenkungsmittel im Strahlengang der mindestens einen Einrichtung zum Projizieren aufweist.
4. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 2, bei dem die Einrichtung zum Parallelversetzen (31) der Projektionsachse ein um zwei Achsen schwenkbares, planes Glas im Strahlengang der mindestens einen Einrichtung zum Projizieren und/oder eine Einrichtung zum Verlagern der mindestens einen Einrichtung zum Projizieren entlang zweier verschiedener Achsen quer zu der optischen Achse aufweist.
5. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Steuerungseinrichtung (21) eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zur optischen Achse innerhalb eines begrenzten Bereiches um die optische Achse ist.

55.

6. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Steuerungseinrichtung (21) eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zu der optischen Achse mit der optischen Achse etwa im Zentrum der Verlagerung ist.
7. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Steuerungseinrichtung (21) eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zu der optischen Achse entlang einer spiralförmigen und/oder zyklodischen und/oder kreisförmigen und/oder zickzackförmigen und/oder einer anderen vorgegebenen Bahn und/oder einer zufälligen und/oder einer chaotischen Bahn und/oder einer kontinuierlichen und/oder einer unterbrochenen Bahn ist.
8. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Steuerungseinrichtung (21) eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle von der optischen Achse weg bis zum Erreichen eines maximalen Abstandes von der optischen Achse und/oder der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle von einem maximalen Abstand von der optischen Achse aus zur Referenzachse hin ist.
9. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 8, bei dem die Steuerungseinrichtung (21) eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle wiederholt von

56.

der optischen Achse weg bis zum Erreichen eines maximalen Abstandes von der optischen Achse und von dem maximalen Abstand aus zur optischen Achse hin ist.

10. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die optische Achse (4) vertikal ausgerichtet ist.
11. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die Auswerteeinrichtung (21) eine Auswerteeinrichtung zum Ermitteln des maximalen Messsignals beim Verlagern der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zu der optischen Achse und/oder in Richtung der optischen Achse ist.
12. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Steuerungseinrichtung (21) nach Ermittlung eines maximalen Messsignals durch die Auswerteeinrichtung die Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle etwa auf die Position oder in einem bestimmten Abstand von der Position in Richtung der optischen Achse steuert, in der das maximale Messsignal ermittelt wurde, und erneut die Verlagerung der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zu der optischen Achse und/oder in Richtung der optischen Achse steuert, wobei die erneute Verlagerung um eine kürzere Strecke und/oder mit einer geringeren Geschwindigkeit als die vorangegangene Verlagerung erfolgt.

57.

13. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei der die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) eine Einrichtung zum gleichzeitigen Projizieren von Licht auf mehrere Beleuchtungsstellen ist und/oder die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) eine Einrichtung zum gleichzeitigen Projizieren von Licht unter verschiedenen Winkeln auf dieselbe Beleuchtungsstelle (12) ist und/oder mehrere Fotodetektoren (13) vorhanden sind.
14. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) mindestens eine Lichtquelle (9) aufweist.
15. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 14, bei dem die mindestens eine Lichtquelle (9) mindestens ein Laser, LED oder Glühlämpchen ist.
16. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 14 oder 15, bei dem die mindestens eine Lichtquelle (9) Licht mit einer Wellenlänge abgibt, das in besonders starkem Maße von einer zu detektierenden Grenzfläche (6) reflektiert wird.
17. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 14 bis 16, bei dem die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) mehrere gesondert schaltbare Lichtquellen (9) mit verschiedener Wellenlänge aufweist und/oder eine Lichtquelle (9) mit einstellbarer Wellenlänge aufweist.

58.

18. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei dem die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) eine Einrichtung zum Projizieren von Licht auf mindestens eine punktförmige, linienförmige oder flächige Beleuchtungsstelle (12) ist.
19. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 14 bis 18, bei dem die mindestens eine Lichtquelle (9) punktförmig ist.
20. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 19, bei dem die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) im Strahlengang der mindestens einen Lichtquelle (9) mindestens eine Blende und/oder mindestens einen Lichtleiter (14) aufweist.
21. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 20, bei dem die Beleuchtungsstellen (12) eine dreidimensionale Anordnung oder eine Anordnung in einer Fläche haben.
22. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 21, bei dem die Beleuchtungsstellen (12) in einer Ebene angeordnet sind.
23. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 22, bei dem die Beleuchtungsstellen (12) in einer konvexen oder konkaven Fläche oder in zueinander geneigten Flächen angeordnet sind.

59.

24. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 23, bei dem der die mindestens eine Beleuchtungsstelle (12) beleuchtende Lichtstrahl (7) einen Aperturwinkel von 8° oder darunter aufweist.
25. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 24, bei dem der Abstand der mindestens einen Beleuchtungsstelle (12) von der Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) 100 mm oder mehr beträgt.
26. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 25, bei dem die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) eine einzige Lichtquelle (9) und mindestens eine Einrichtung zum Abbilden (11) der Lichtquelle auf mindestens eine Beleuchtungsstelle (12) aufweist.
27. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 26, bei dem Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) eine Einrichtung zum Aufteilen (14) der Lichtquelle auf mehrere virtuelle Lichtquellen und mindestens eine Einrichtung zum Abbilden (11) der mehreren virtuellen Lichtquellen auf mindestens eine Beleuchtungsstelle (12) aufweist.
28. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 27, bei dem die Einrichtung zum Aufteilen (14) der Lichtquelle (9) einen sich auffächernden Lichtleiter und/oder eine Mehrlochblende umfasst.
29. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 16 bis 25, bei dem die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) mehrere Lichtquellen (9) und

60.

mindestens eine Einrichtung zum Abbilden (11) der mehreren Lichtquellen auf mindestens eine Beleuchtungsstelle (12) aufweist.

30. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 29, bei dem die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) eine gemeinsame Einrichtung zum Abbilden (11) der mehreren virtuellen Lichtquellen oder der mehreren Lichtquellen auf mindestens eine Beleuchtungsstelle (12) aufweist.
31. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 30, bei dem der mindestens eine Fotodetektor (13) punktförmig, linienförmig oder flächig ist.
32. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 31, bei dem im Strahlengang zwischen der mindestens einen Einrichtung zum Abbilden (11) und dem mindestens einen Fotodetektor (13) mindestens eine Blende und/oder mindestens ein Lichtleiter (15) angeordnet ist.
33. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 32 mit einem einzigen Fotodetektor (13) und mindestens einer Einrichtung zum Abbilden (11) mindestens einer Beleuchtungsstelle (12) auf den Fotodetektor (13).
34. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 33, bei dem im Strahlengang zwischen der mindestens einen Einrichtung zum Abbilden (11) und dem

61.

Fotodetektor (13) eine Einrichtung zum Zusammenführen (15) von Licht angeordnet ist.

35. Optisches Sensorsystem nach Anspruch 34, bei dem die Einrichtung zum Zusammenführen (15) von Licht sich vereinigende Lichtleiter aufweist.
36. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 35 mit mehreren Fotodetektoren (13) und mindestens einer Einrichtung zum Abbilden (11) mindestens einer Beleuchtungsstelle (12) auf die mehreren Fotodetektoren (13).
37. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 36, bei dem die Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11) und die mindestens eine Einrichtung zum Abbilden (11) koaxial angeordnet ist.
38. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 37, bei dem das Licht der mindestens einen Lichtquelle (9) über einen Strahlteiler (10) der Einrichtung zum Abbilden (11) der mindestens einen Lichtquelle auf die mindestens eine Beleuchtungsstelle (12) zugeführt wird und dieselbe Einrichtung zum Abbilden (11) die mindestens eine Beleuchtungsstelle (12) über den Strahlteiler (10) auf den mindestens einen Fotodetektor (13) abbildet.
39. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 38, bei dem die mindestens eine Einrichtung zum Abbilden (11) der mindestens einen

62.

Lichtquelle (9) und/oder die mindestens eine Einrichtung zum Abbilden (11) der mindestens einen Beleuchtungsstelle (12) eine Linse und/oder mehrere nebeneinander angeordnete Linsen und/oder ein Linsenarray und/oder eine Stufenlinse aufweist.

40. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 39, bei dem die Auswerteeinrichtung (21) Mittel zum Filtern (20) des von dem mindestens einen Fotodetektor (13) gelieferten Messsignals hat.
41. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 40, bei dem mittels der Verstelleinrichtungen (22) die relative Lage der von der mindestens einen Einrichtung zum Projizieren (9, 10, 11), der mindestens einen Einrichtung zum Abbilden (11) und dem mindestens einen Fotodetektor (13) gebildeten Optik und der Grenzfläche (6) verstellbar ist.
42. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 41, bei dem die Verstelleinrichtung (22) zum Verstellen in Richtung der optischen Achse ein Zoom-Objektiv und/oder Autofokus-System im abbildenden System aufweist.
43. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 42, bei dem die Verstelleinrichtungen (22) motorgetrieben sind.
44. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 43, bei dem die Auswerteeinrichtung (21) eine Auswerteeinrichtung zum Ermitteln der

63.

Lage und/oder der Identität und/oder der Form von Grenzflächen und/oder von diese aufweisenden Laborgegenständen und/oder des optimalen Reflexionspunktes auf Grenzflächen ist.

45. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 44, bei dem die Auswerteeinrichtung (21) eine Auswerteeinrichtung zum Erfassen einer optisch abtastbaren Markierung von Gegenständen ist.
46. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 45 an einer Einrichtung zum Verlagern eines Dosierwerkzeuges und/oder an einer Transportvorrichtung zum Verlagern von Laborgegenständen der Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten (33).
47. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 46 an einer Halteeinrichtung oberhalb einer Einrichtung zum Verlagern von Laborgegenständen der Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten (33).
48. Optisches Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 47 an einer automatischen Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten (33).
49. Verfahren zum Abtasten von Grenzflächen von Flüssigkeiten in Laborgefäßen und von Laborgegenständen, bei dem
 - Licht in Richtung einer optischen Achse auf mindestens eine Beleuchtungsstelle im Raum projiziert wird,

64.

- die relative Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche in einer Richtung quer zu der optischen Achse und gleichzeitig in Richtung der optischen Achse verändert wird,
 - die mindestens eine Beleuchtungsstelle auf mindestens einen Fotodetektor abgebildet wird und
 - das Messsignal des Fotodetektors ausgewertet wird.
50. Verfahren nach Anspruch 49, bei dem die Achse der Projektion des Lichtes auf die mindestens eine Beleuchtungsstelle bezüglich der Referenzachse geschwenkt und/oder bezüglich der optischen Achse parallel versetzt wird.
51. Verfahren nach Anspruch 49 oder 50, bei dem die mindestens eine Beleuchtungsstelle spiralförmig und/oder zyklodisch und/oder zickzackförmig und/oder zufällig und/oder chaotisch und/oder kontinuierlich und/oder unterbrochen quer zu der optischen Achse verlagert wird.
52. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 51, bei dem die mindestens eine Beleuchtungsstelle innerhalb vorgegebener Grenzen um die optische Achse verlagert wird.
53. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 52, bei dem die optische Achse vertikal ausgerichtet ist.
54. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 53, bei dem die mindestens eine Beleuchtungsstelle immer weiter von der optischen Achse weg bis

65.

zum Erreichen eines maximalen Abstandes von der optischen Achse verlagert wird und/oder bei dem die mindestens eine Beleuchtungsstelle von einem maximalen Abstand von der optischen Achse aus immer näher zur optischen Achse hin bewegt wird.

55. Verfahren nach Anspruch 54, bei dem die mindestens eine Beleuchtungsstelle wiederholt von der optischen Achse weg bis zum Erreichen eines maximalen Abstandes von der optischen Achse und von dem maximalen Abstand aus zur optischen Achse hin verlagert wird.
56. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 55, bei dem das maximale Messsignal beim Verlagern der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zu der optischen Achse und/oder entlang der optischen Achse ermittelt wird.
57. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 56, bei dem nach Ermittlung eines maximalen Messsignales die mindestens eine Beleuchtungsstelle etwa auf die oder in einem geringen Abstand von der Position entlang der optischen Achse eingestellt wird, in der das maximale Messsignal ermittelt wurde, und erneut das maximale Messsignal mindestens eines Fotodetektors beim Verlagern der mindestens einen Beleuchtungsstelle quer zur optischen Achse und/oder entlang der optischen Achse ermittelt wird, wobei die mindestens eine Beleuchtungsstelle um eine kürzere Strecke und/oder mit einer geringeren Geschwindigkeit als bei der vorangegangenen Verlagerung verlagert wird.

66.

58. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 57, bei dem Lage der Beleuchtungsstelle beim Maximum des Messsignals als Lage der Grenzfläche und/oder als Lage des optimalen Reflexionspunktes auf der Grenzfläche bestimmt wird.
59. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 58, bei dem gleichzeitig Licht auf mehrere Beleuchtungsstellen projiziert wird und/oder Licht unter verschiedenen Winkeln auf dieselbe Beleuchtungsstelle projiziert wird und/oder die mindestens eine Beleuchtungsstelle auf mehrere Fotodetektoren abgebildet wird.
60. Verfahren nach Anspruch 59, bei dem die Lage der mindestens einen Beleuchtungsstelle in Querrichtung zur Vertikalen verändert wird, falls beim Verändern des vertikalen Abstandes zwischen Beleuchtungsstelle und Grenzfläche kein Maximum des Messsignals mindestens eines Fotodetektors ermittelt wird und danach erneut unter Veränderung des vertikalen Abstands der mindestens einen Beleuchtungsstelle und der Grenzfläche nach einem Maximum des Messsignals gesucht wird.
61. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 60, bei dem
- Licht in Richtung einer Grenzfläche auf mindestens eine Beleuchtungsstelle projiziert wird,
 - die Verteilung der reflektierten Lichtmenge mittels mehrerer Fotodetektoren ermittelt wird und
 - aufgrund der ermittelten Lichtmengenverteilung die wahrscheinliche Lage der optimalen Reflexionsstelle auf der Grenzfläche und/oder

67.

die wahrscheinliche Lage und/oder die Identität der Grenzfläche ermittelt wird.

62. Verfahren nach Anspruch 61, bei dem die mindestens eine Beleuchtungsstelle auf die wahrscheinliche Lage der optimalen Reflexionsstelle und/oder die wahrscheinliche Lage der Grenzfläche eingestellt und die Messung wiederholt wird.
63. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 62, bei dem
- Licht auf mehrere Beleuchtungsstellen projiziert wird,
 - die Beleuchtungsstellen über eine Grenzfläche verfahren werden,
 - jede Beleuchtungsstelle auf einen dieser zugeordneten Fotodetektor abgebildet wird und
 - die von den mehreren Fotodetektoren gelieferten Messsignale verglichen und im Falle einer Abweichung ein Messfehler festgestellt wird.
64. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 63, bei dem die ermittelten Lagen und/oder Identitäten von Grenzflächen und/oder Gegenständen gespeichert und/oder zur Steuerung und/oder zur Überprüfung eines Verfahrens zur Behandlung von Flüssigkeiten verwendet werden.
65. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 64, bei dem die Lagen und/oder Identitäten von Grenzflächen und/oder von Gegenständen zu Beginn eines Verfahrens zur Behandlung von Flüssigkeiten ermittelt und/oder im Verlauf eines Verfahrens zur Behandlung von Flüssigkeiten

68.

erneut ermittelt und/oder ausgehend von den ermittelten Lagen und/oder Identitäten Veränderungen der Zustände durch das Verfahren zur Behandlung von Flüssigkeiten errechnet werden.

- 66. Verfahren nach Anspruch 65, bei dem die errechneten Werte durch eine erneute Ermittlung überprüft werden.
- 67. Verfahren nach Anspruch 65 oder 66, bei dem die ermittelten und/oder errechneten Lagen und/oder Identitäten archiviert und/oder ausgegeben werden.

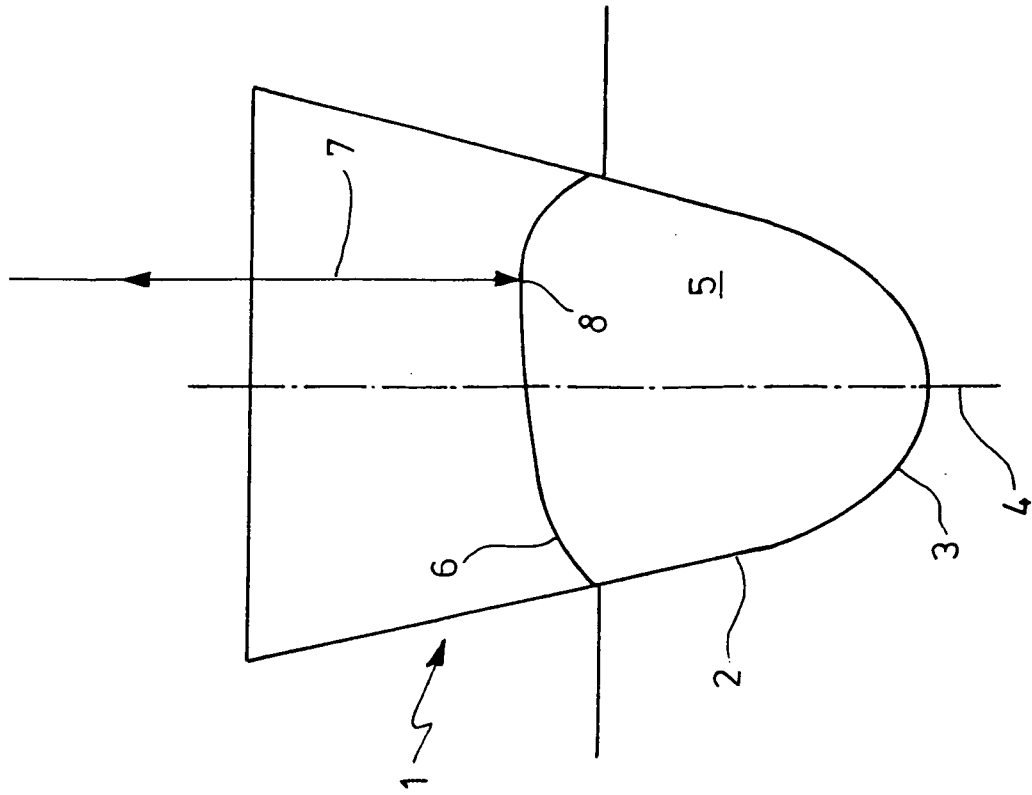


FIG. 1

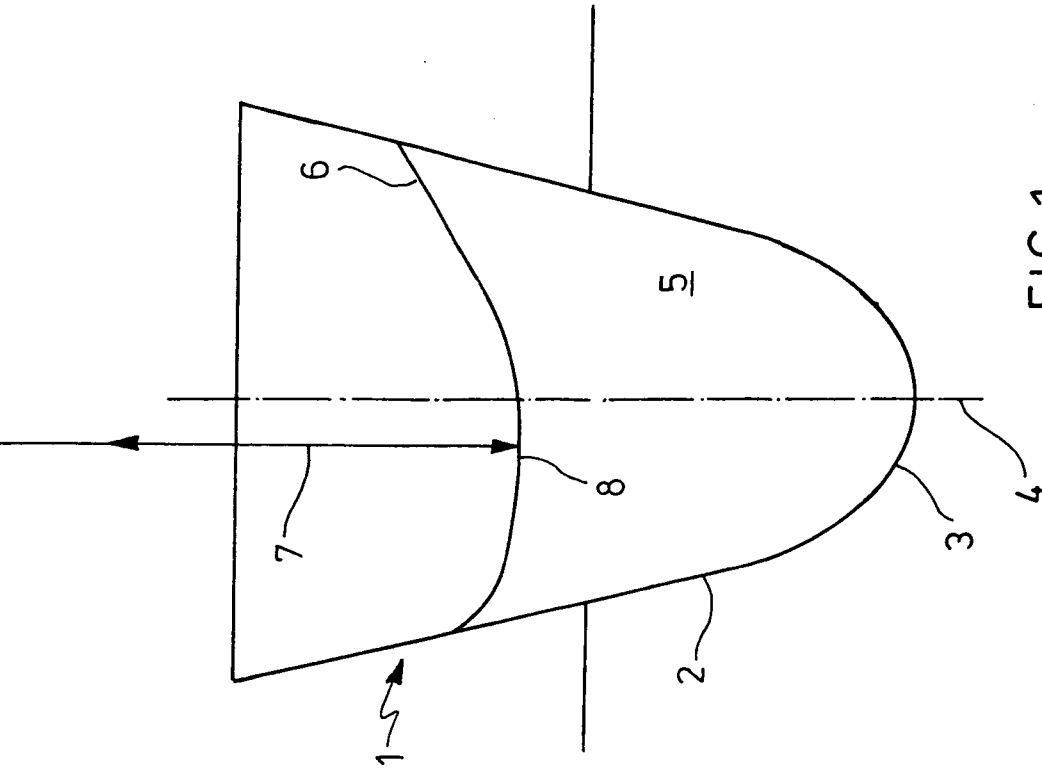


FIG. 2

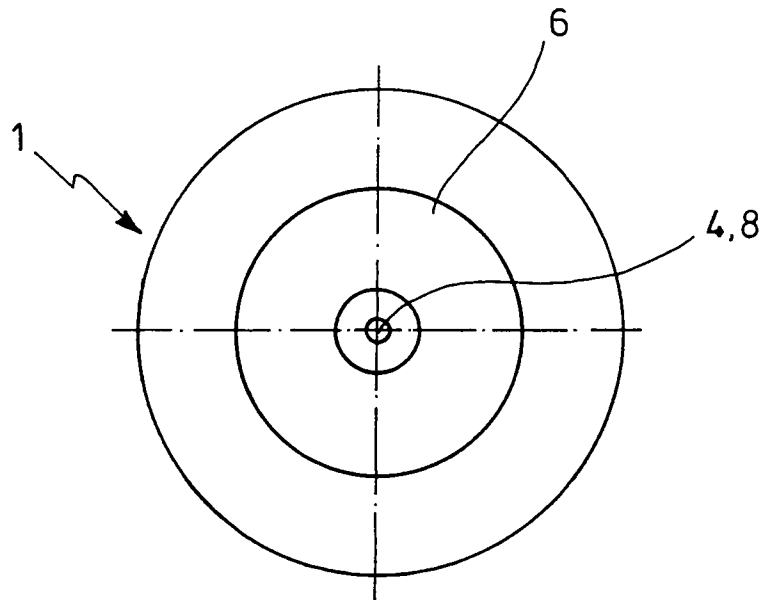


FIG.3

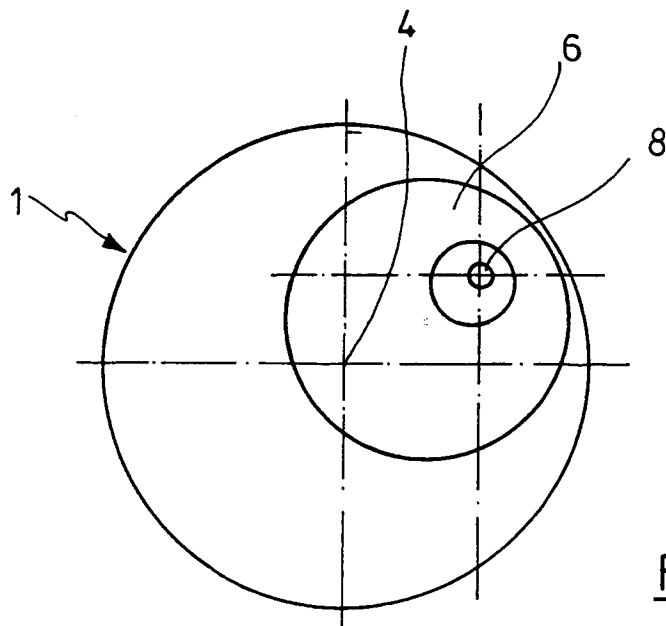


FIG.4

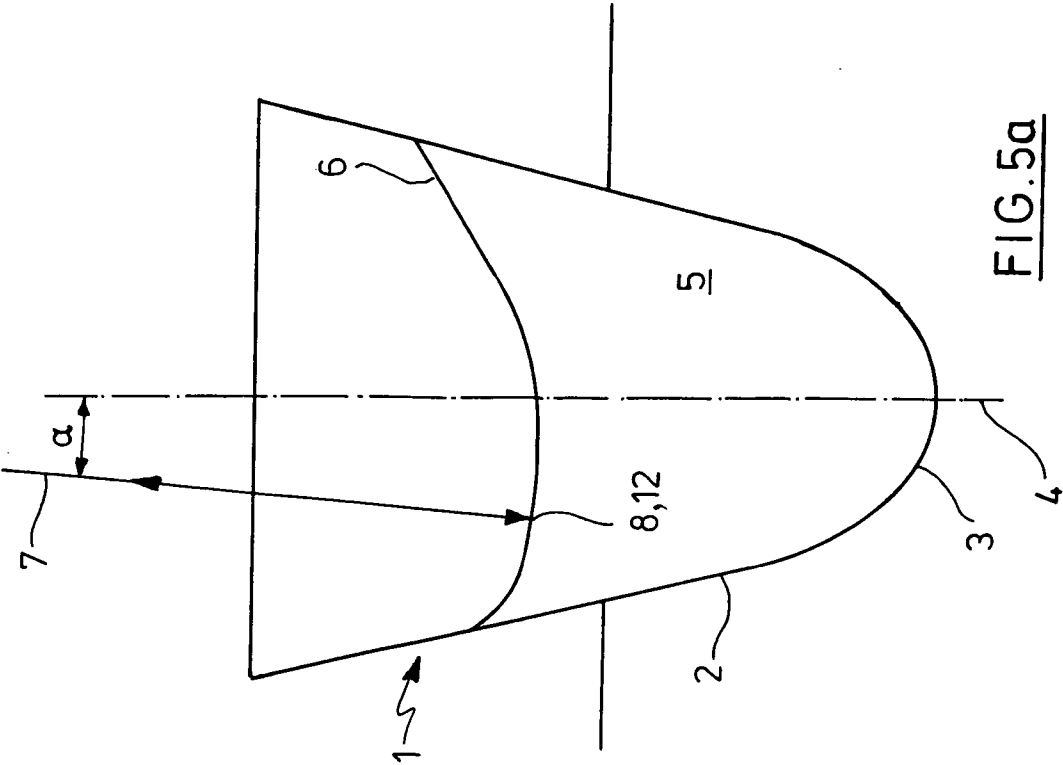


FIG. 5a

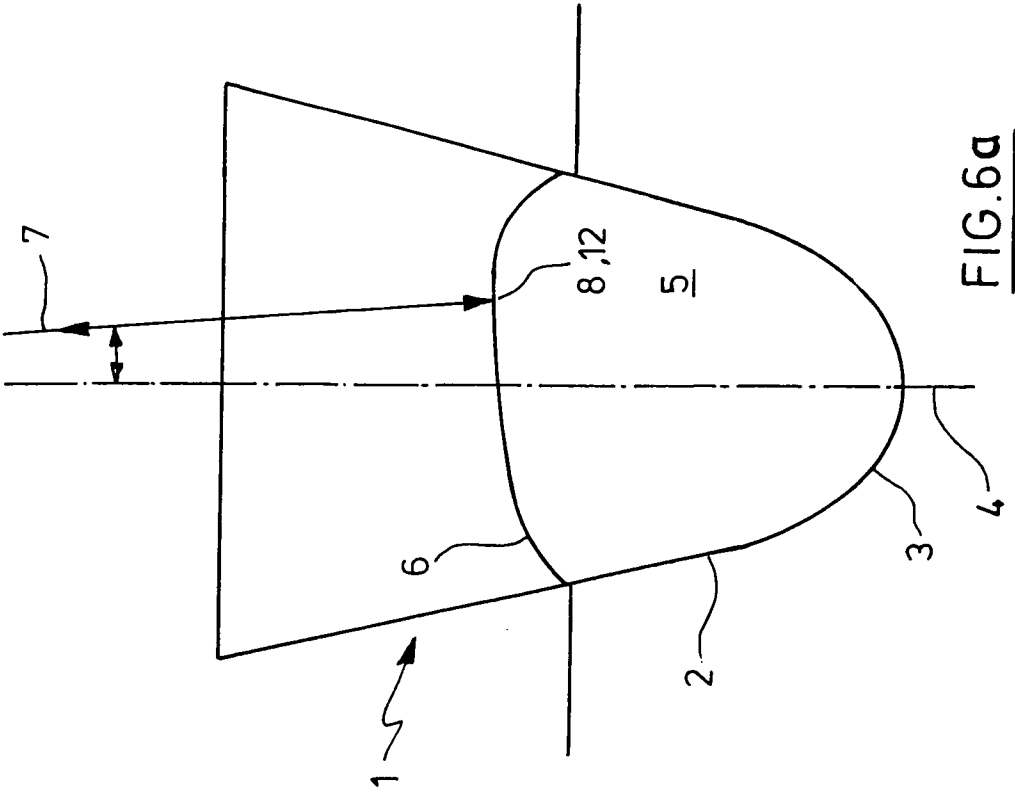


FIG. 6a

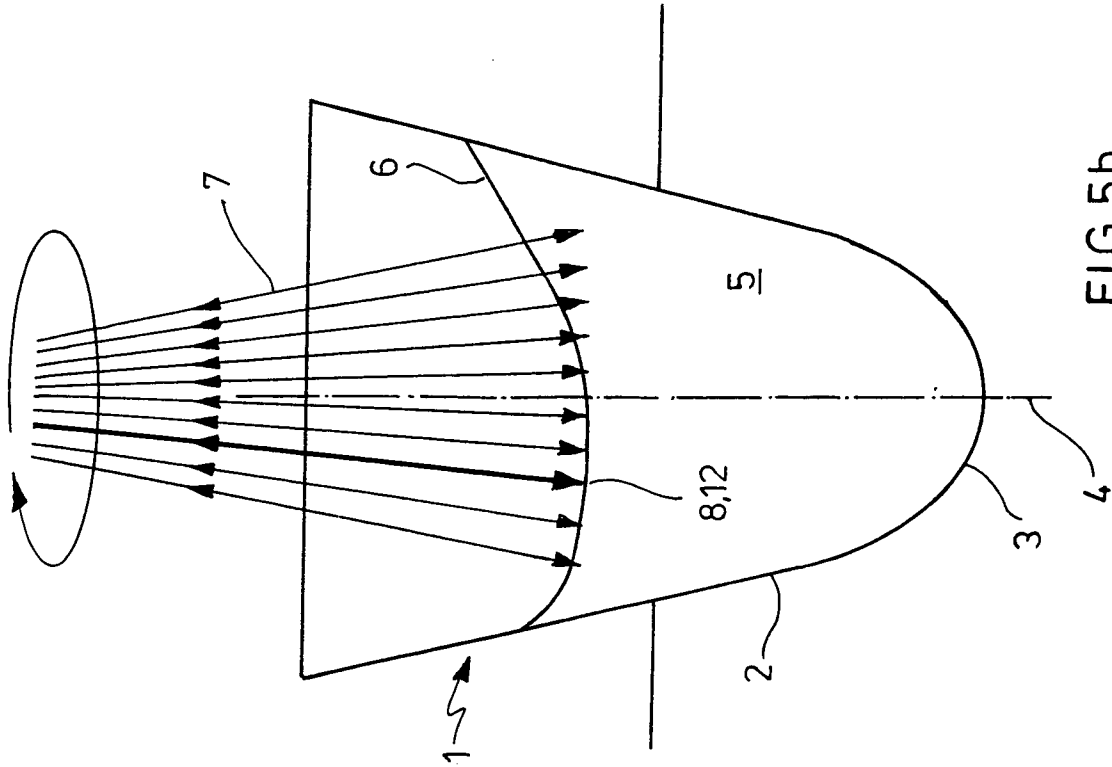


FIG. 5b

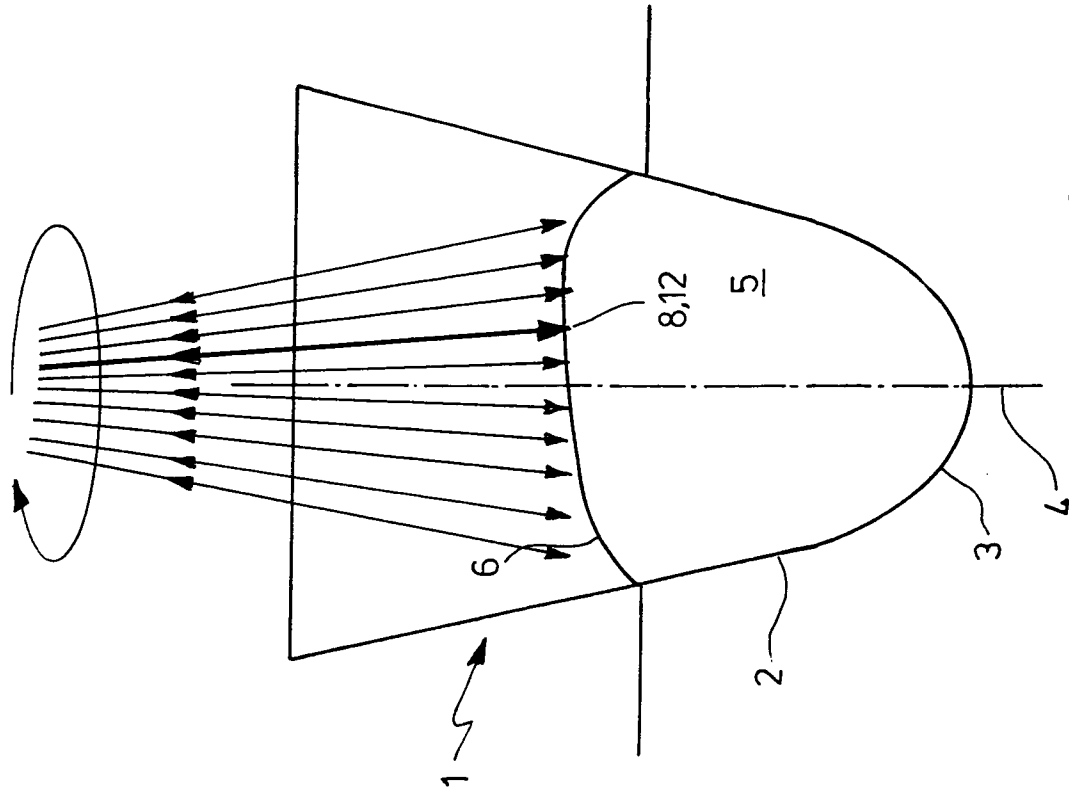


FIG. 6b

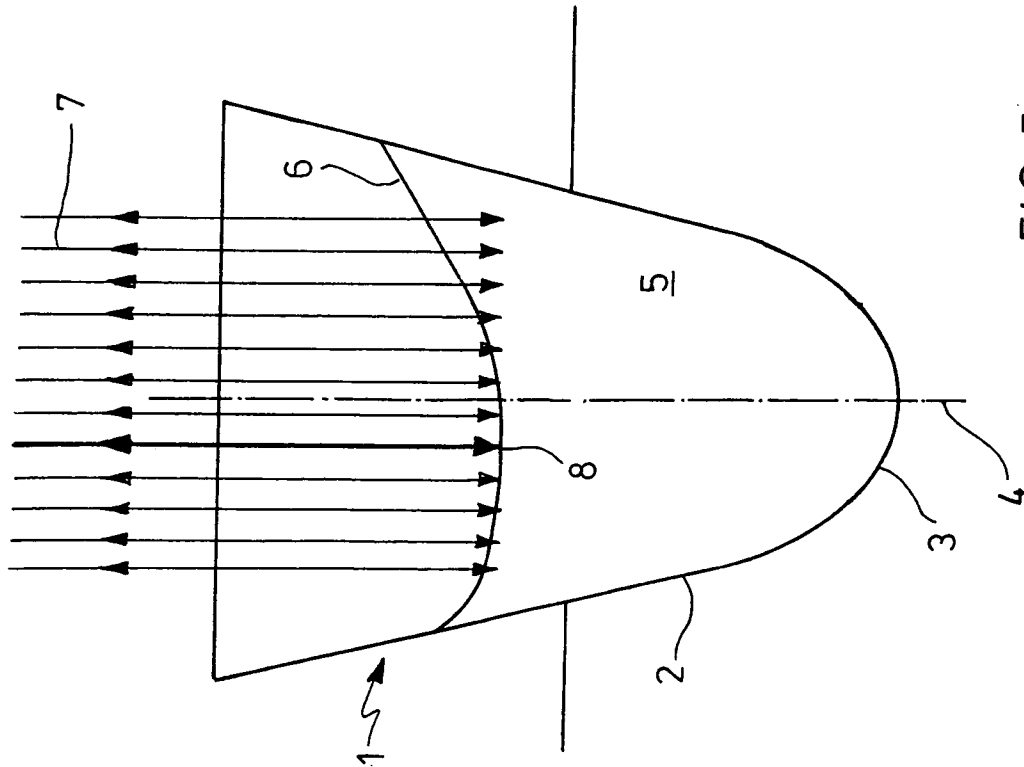


FIG. 5c

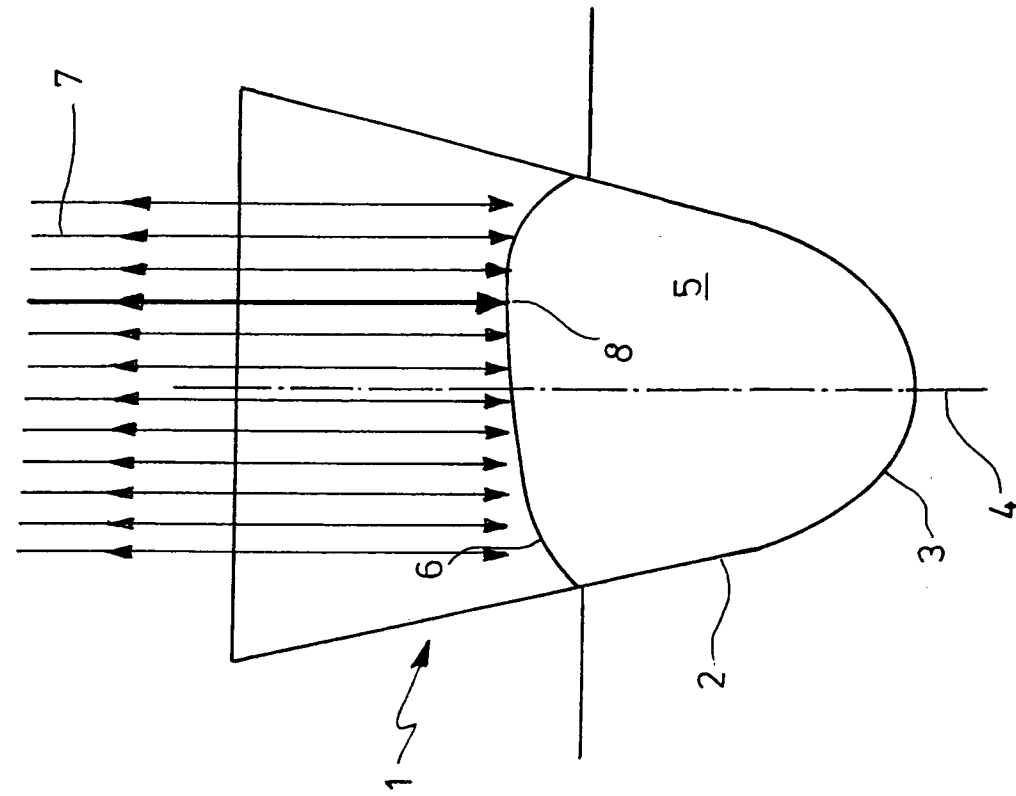


FIG. 6c

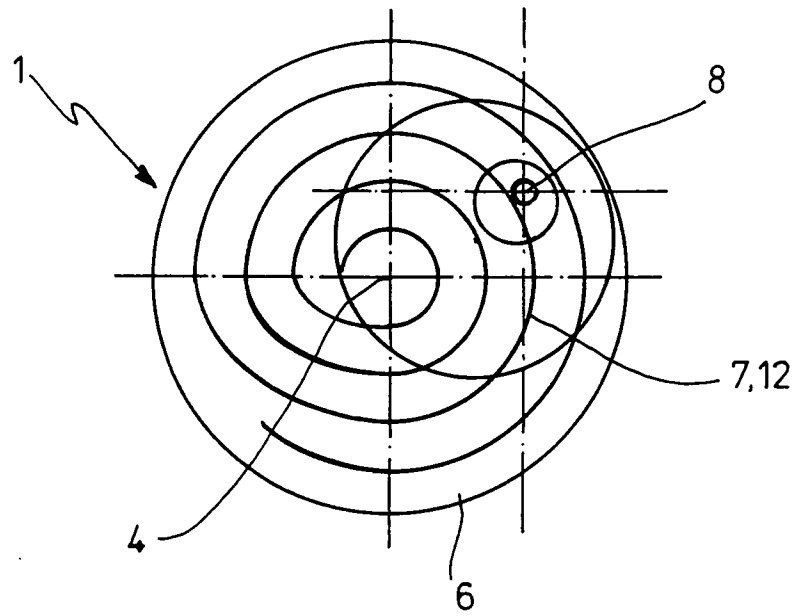


FIG. 7a

FIG. 7b

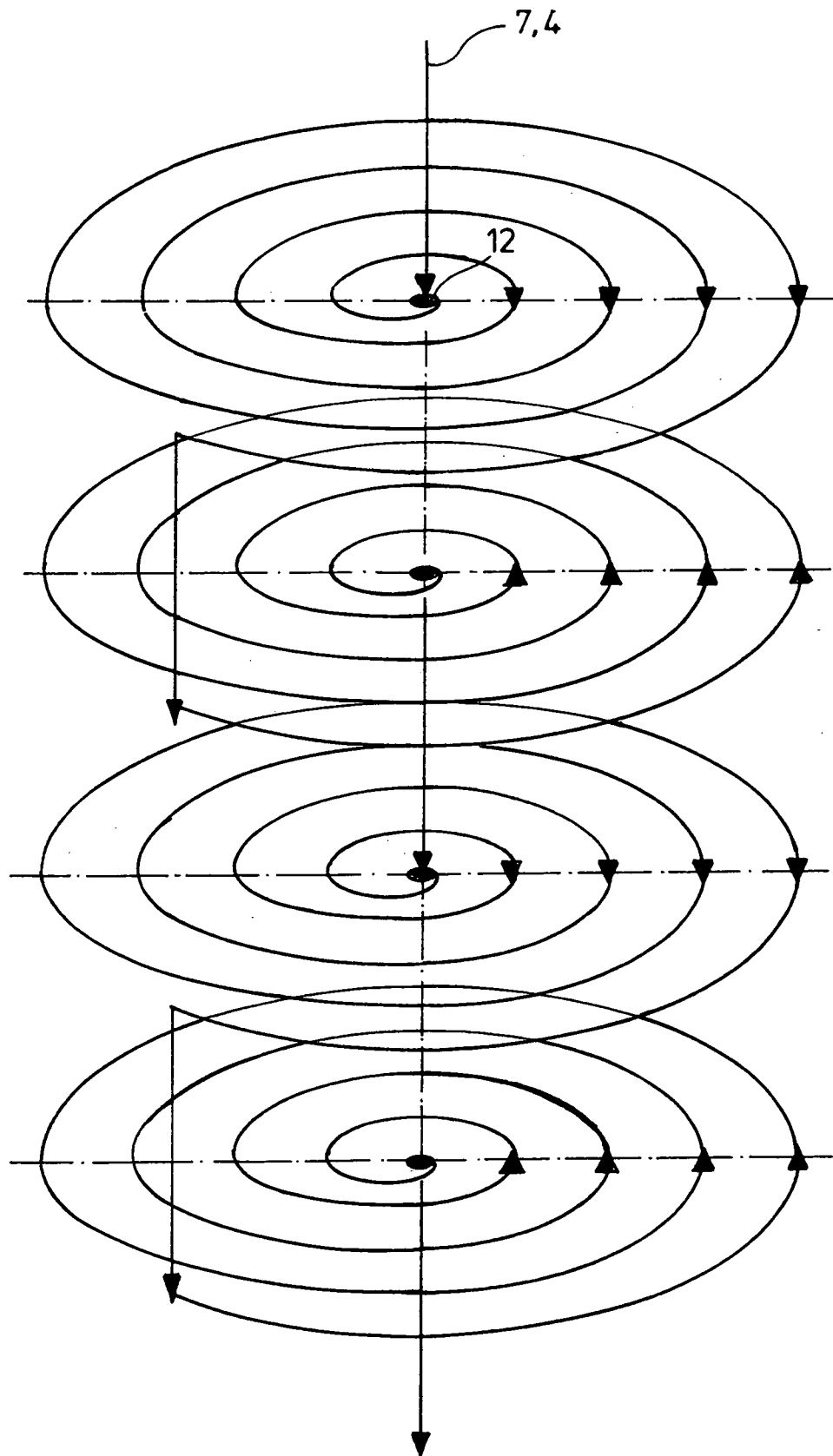
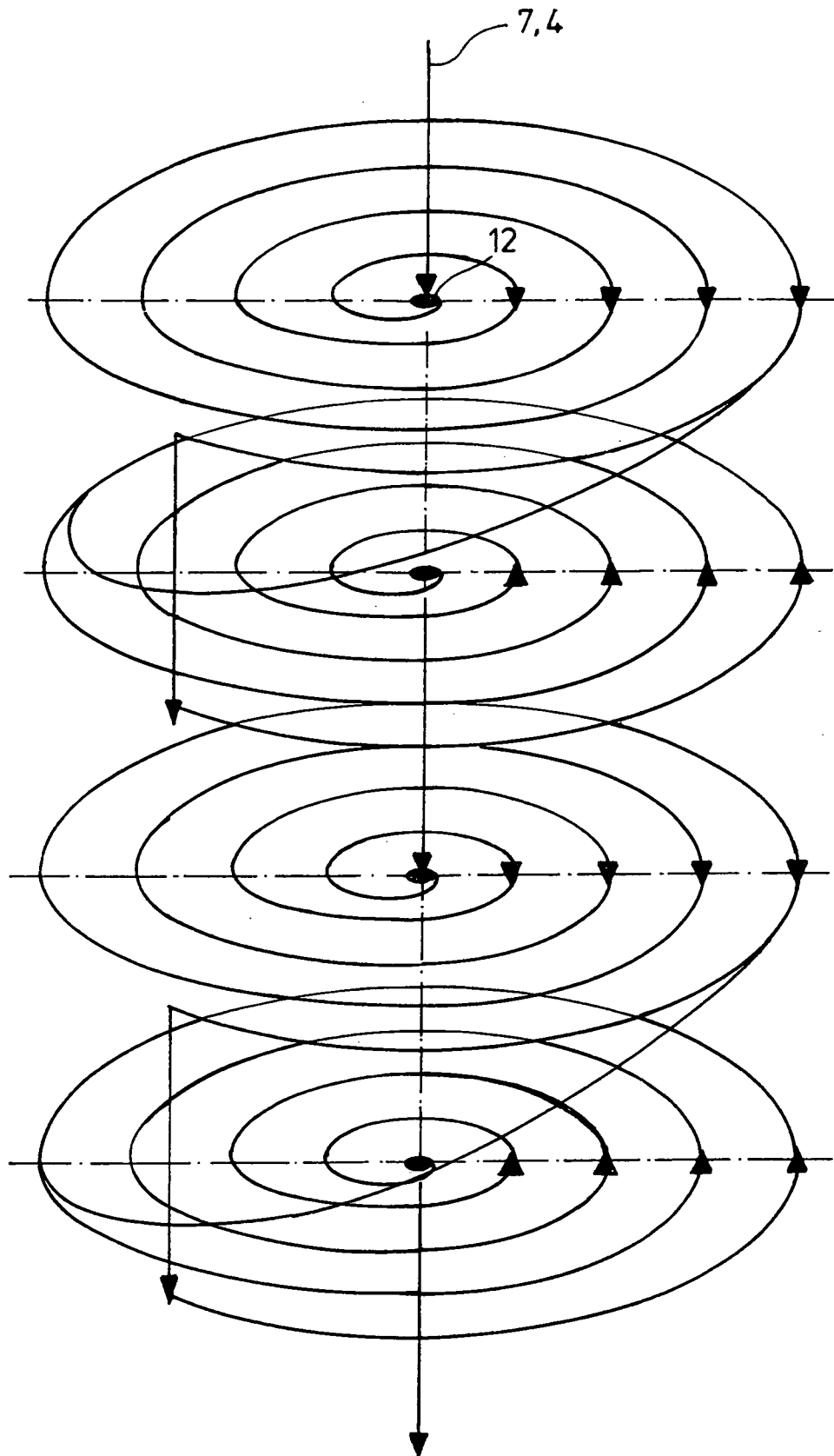


FIG.7c

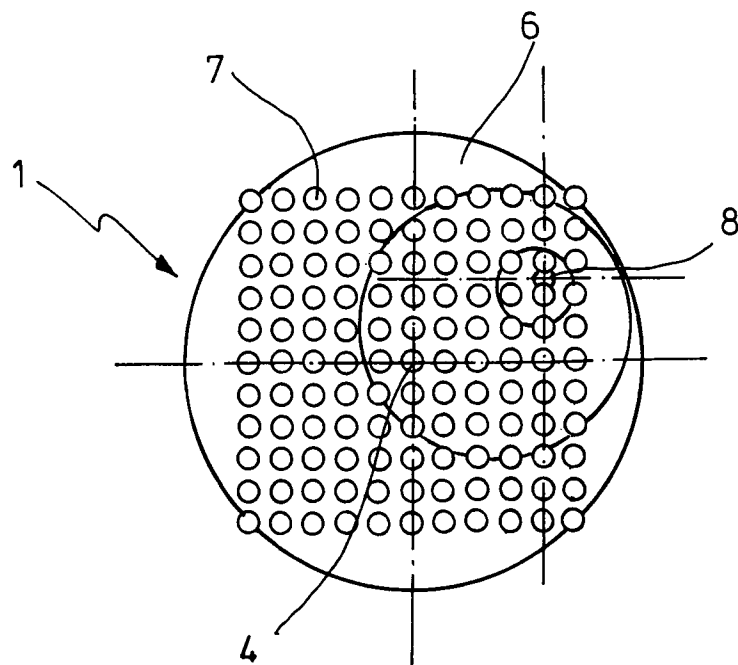


FIG. 7d

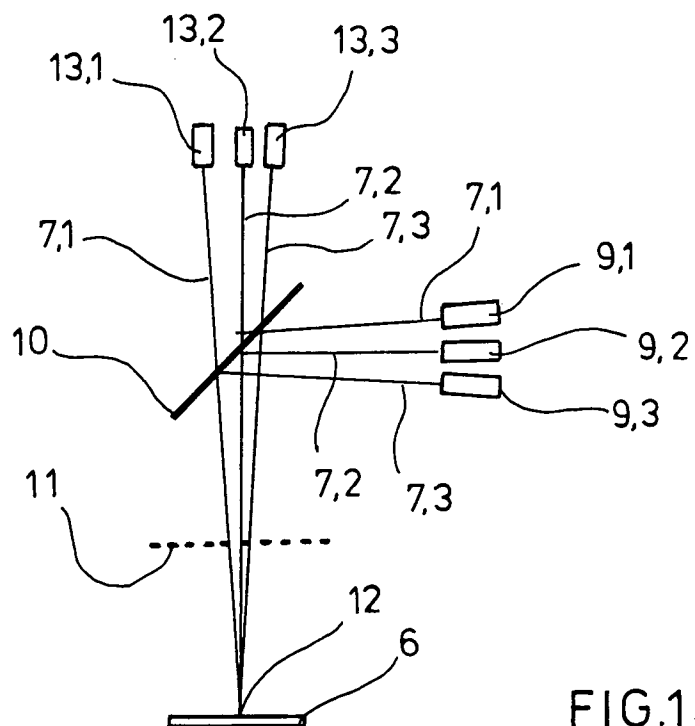
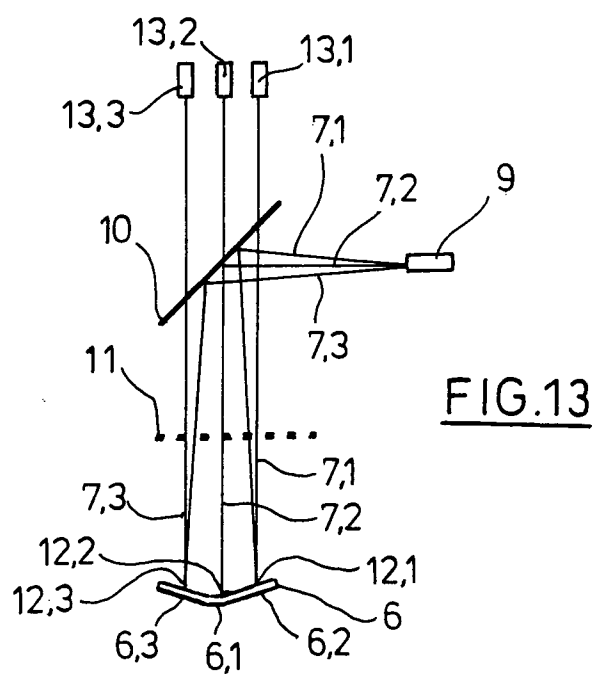
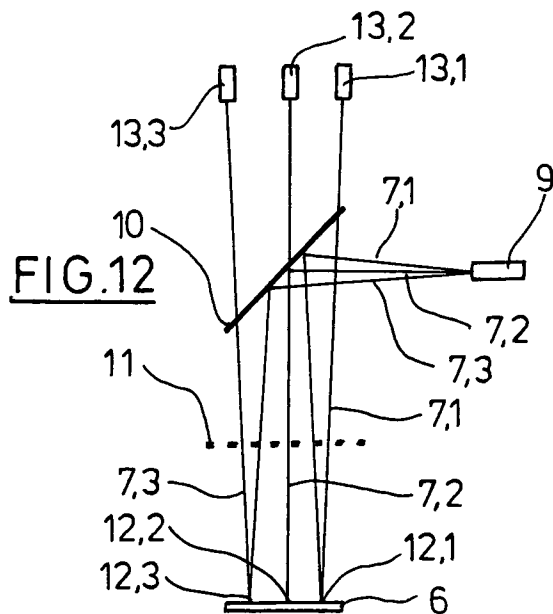
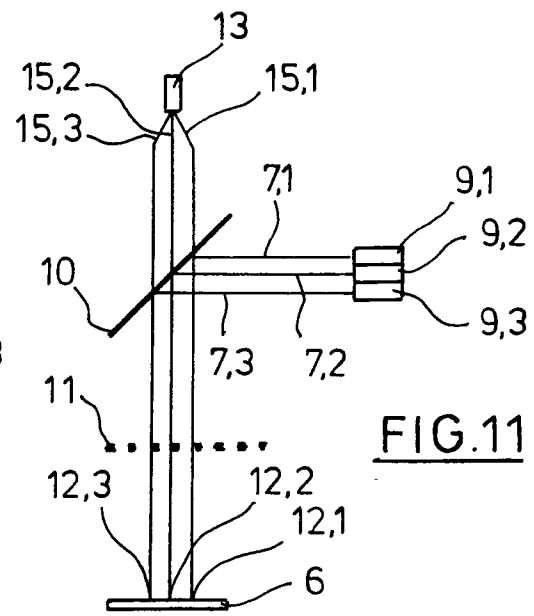
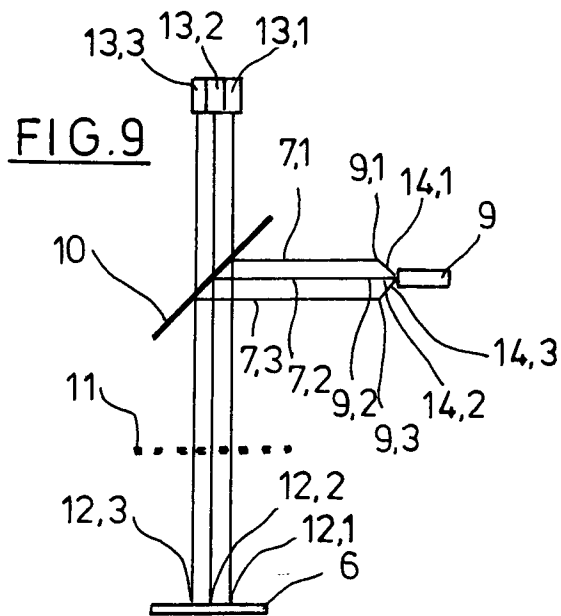
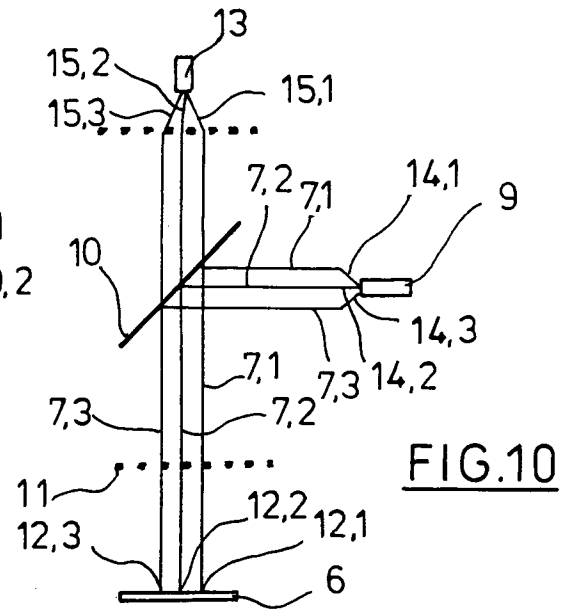
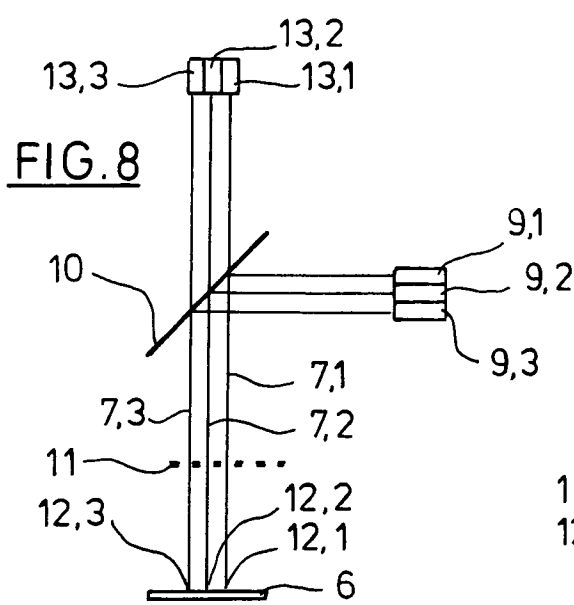
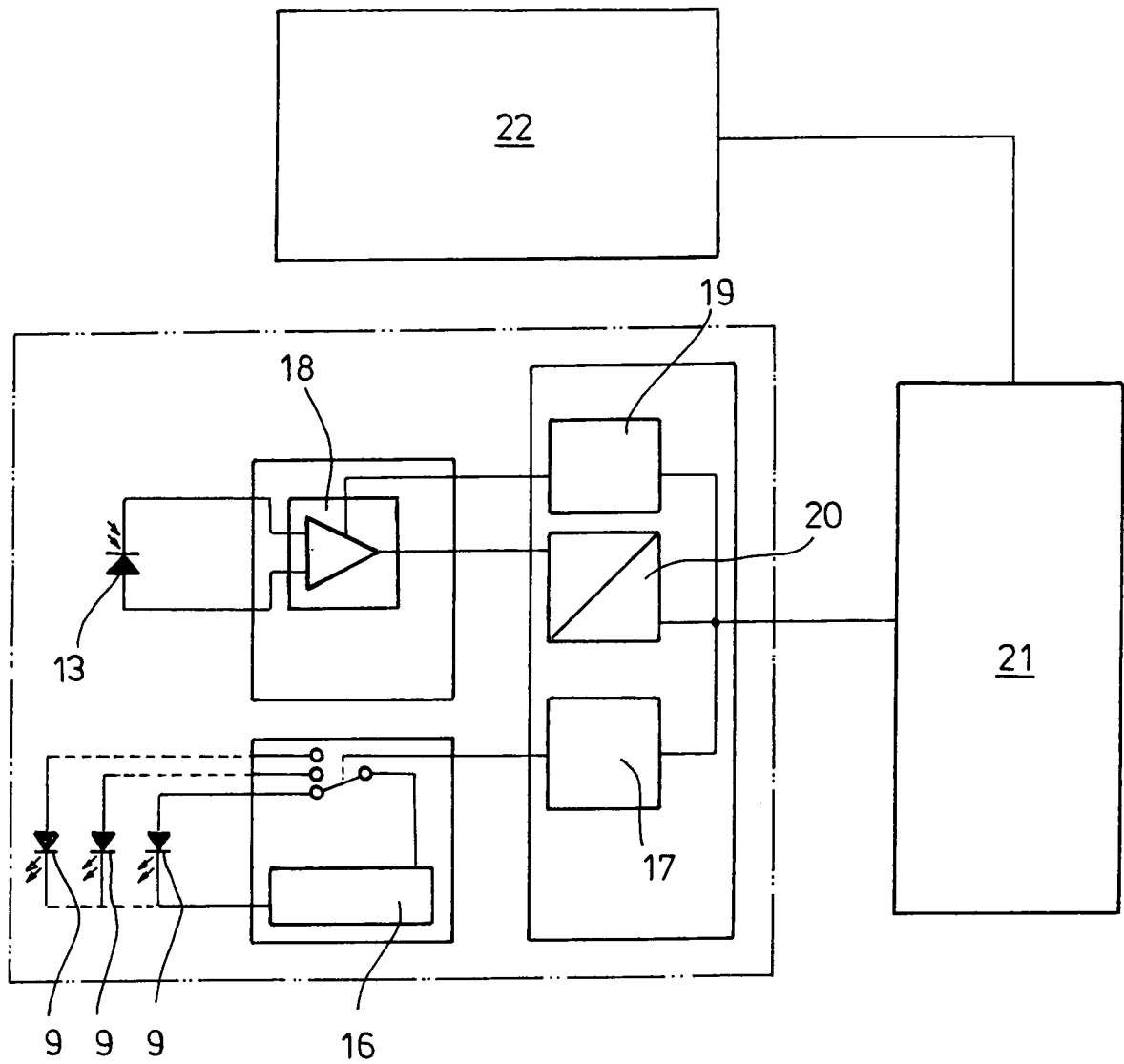


FIG. 14



FIG.15

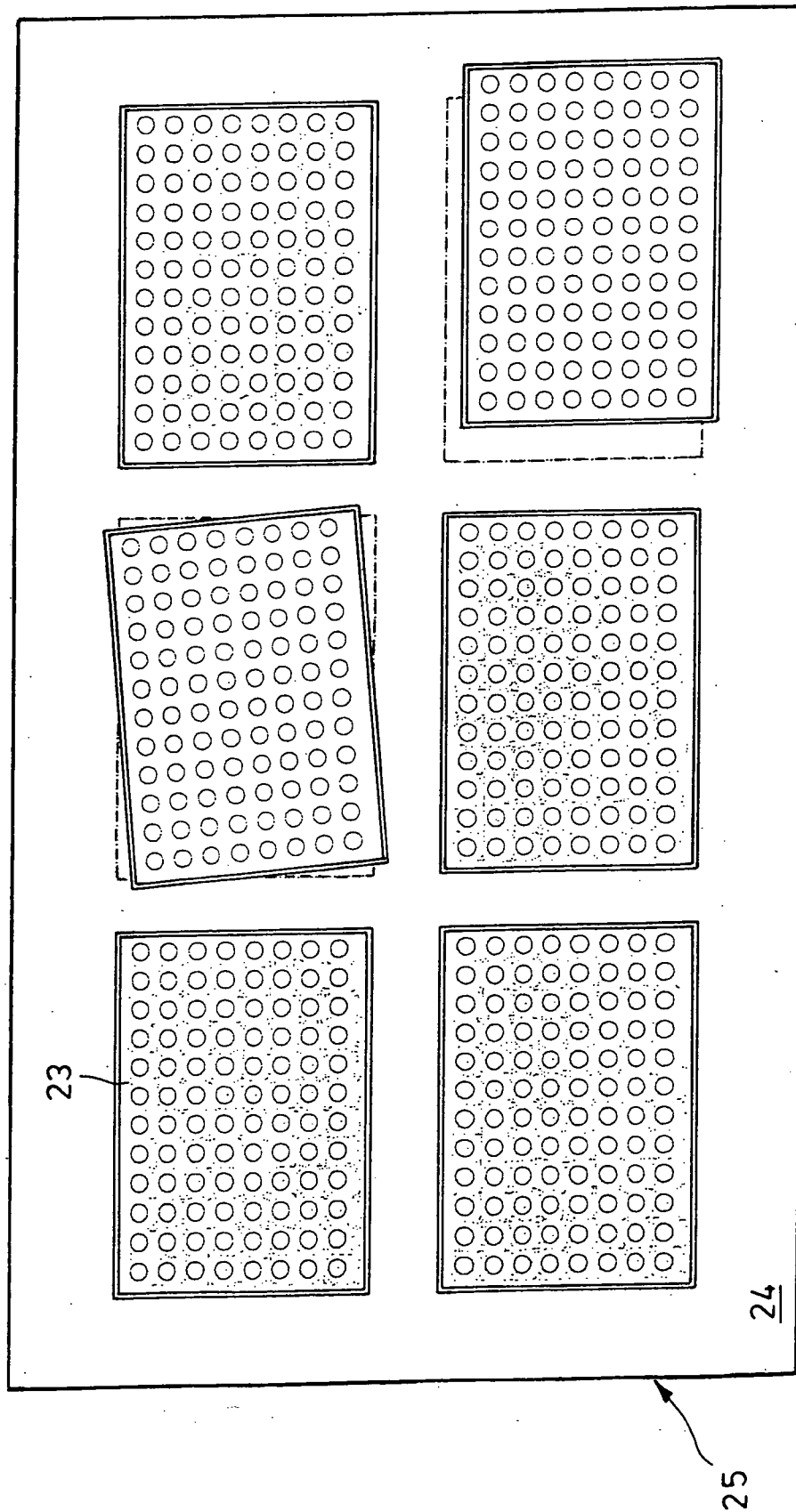


FIG. 16

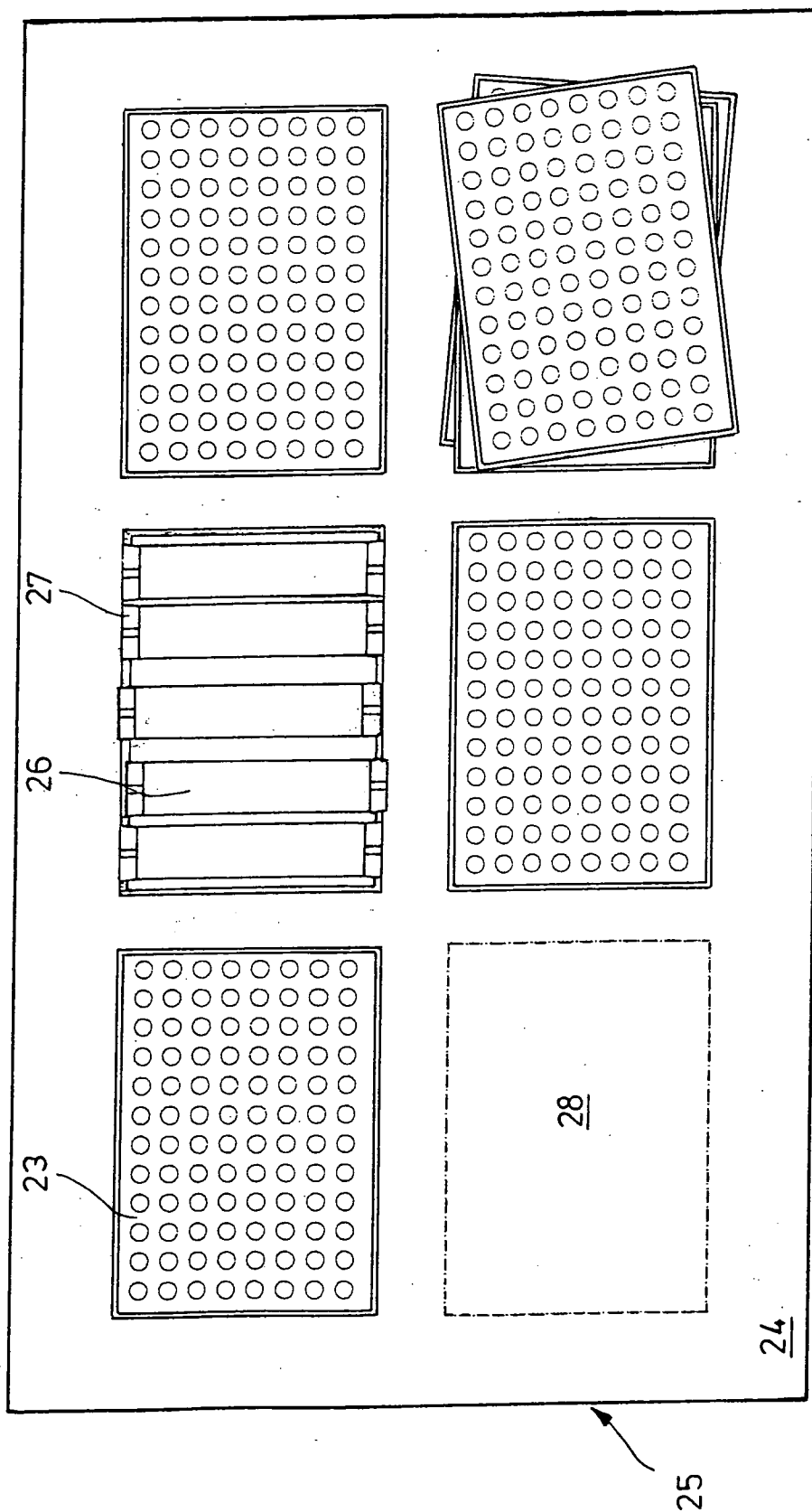
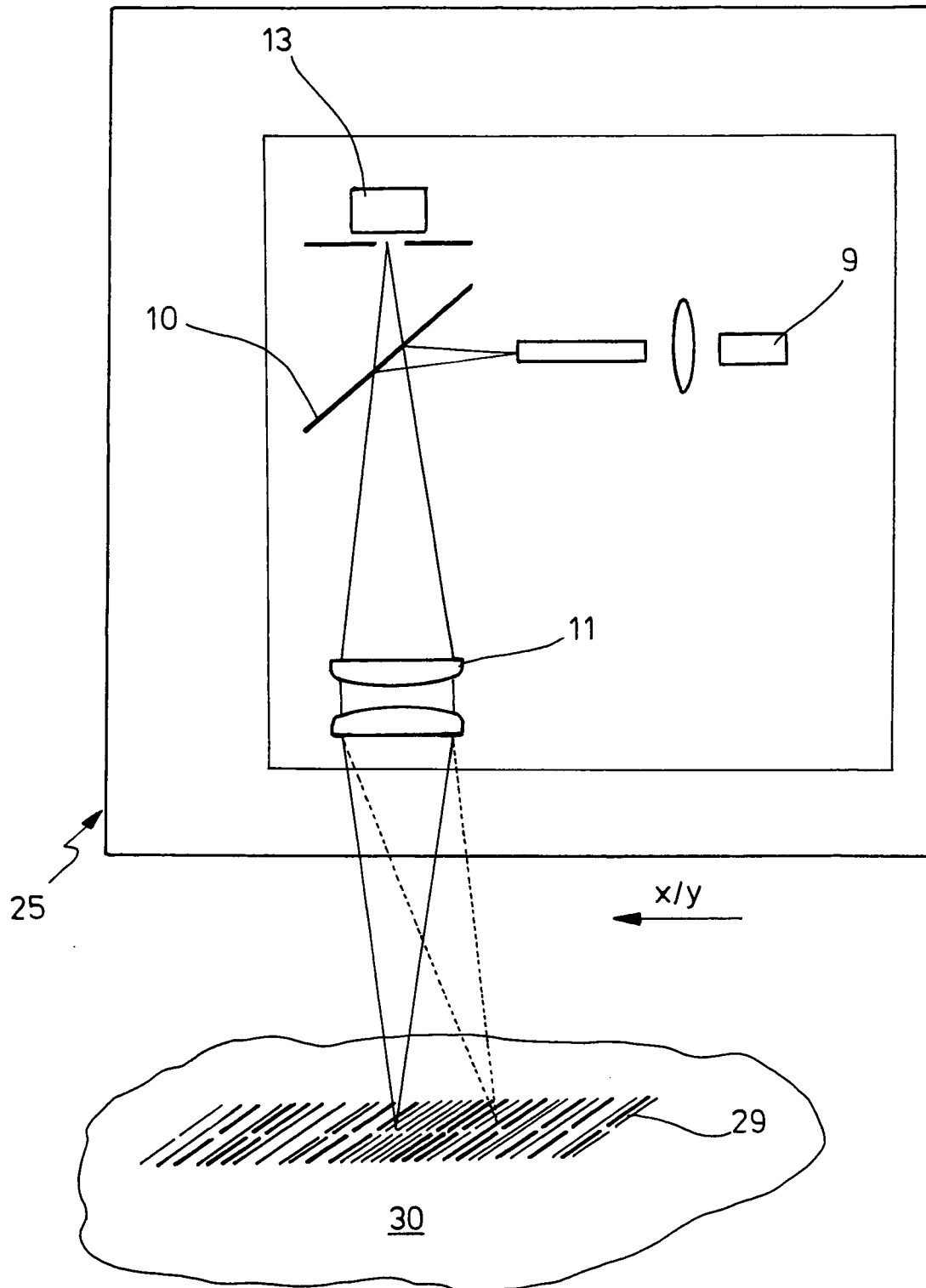
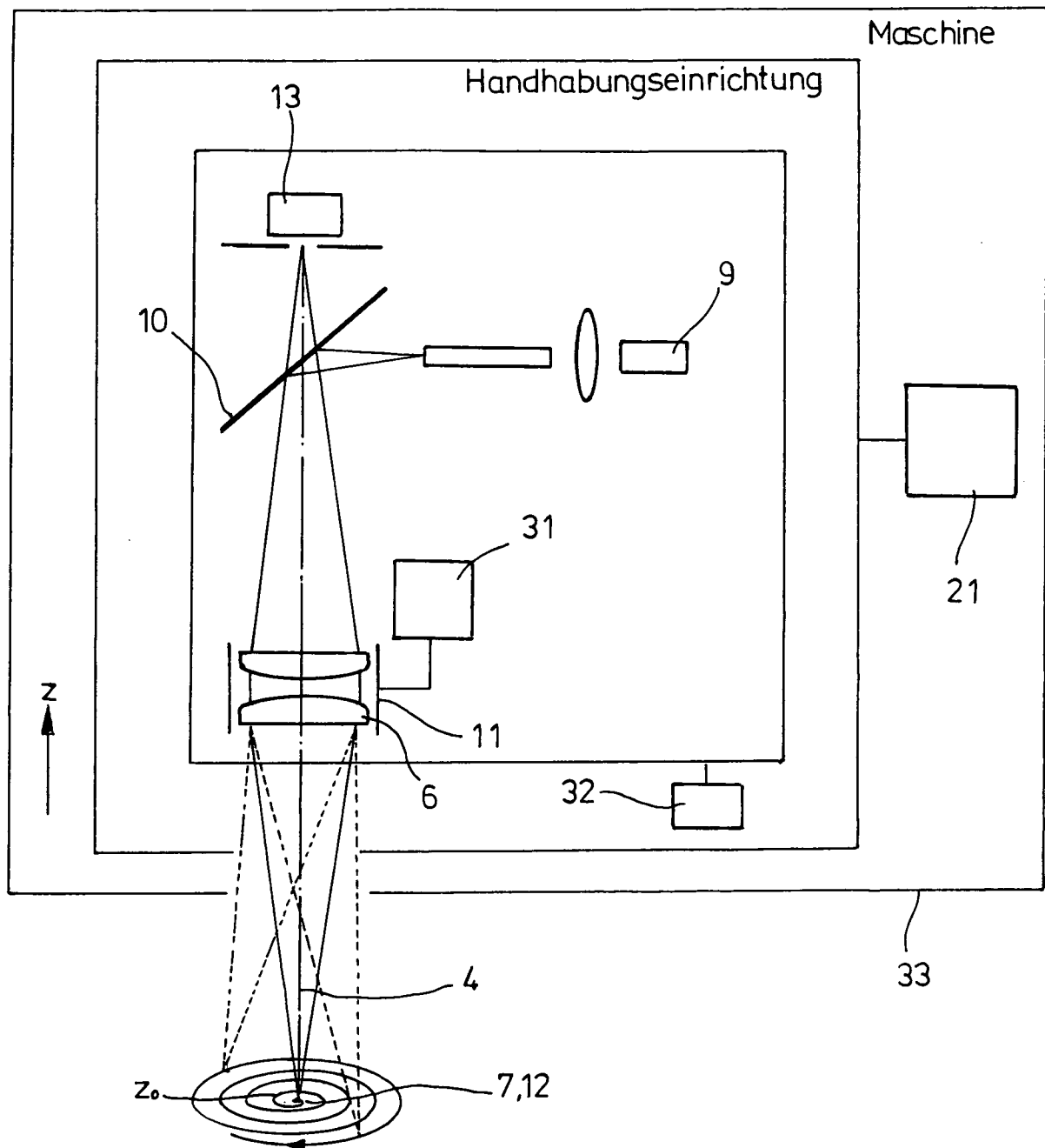
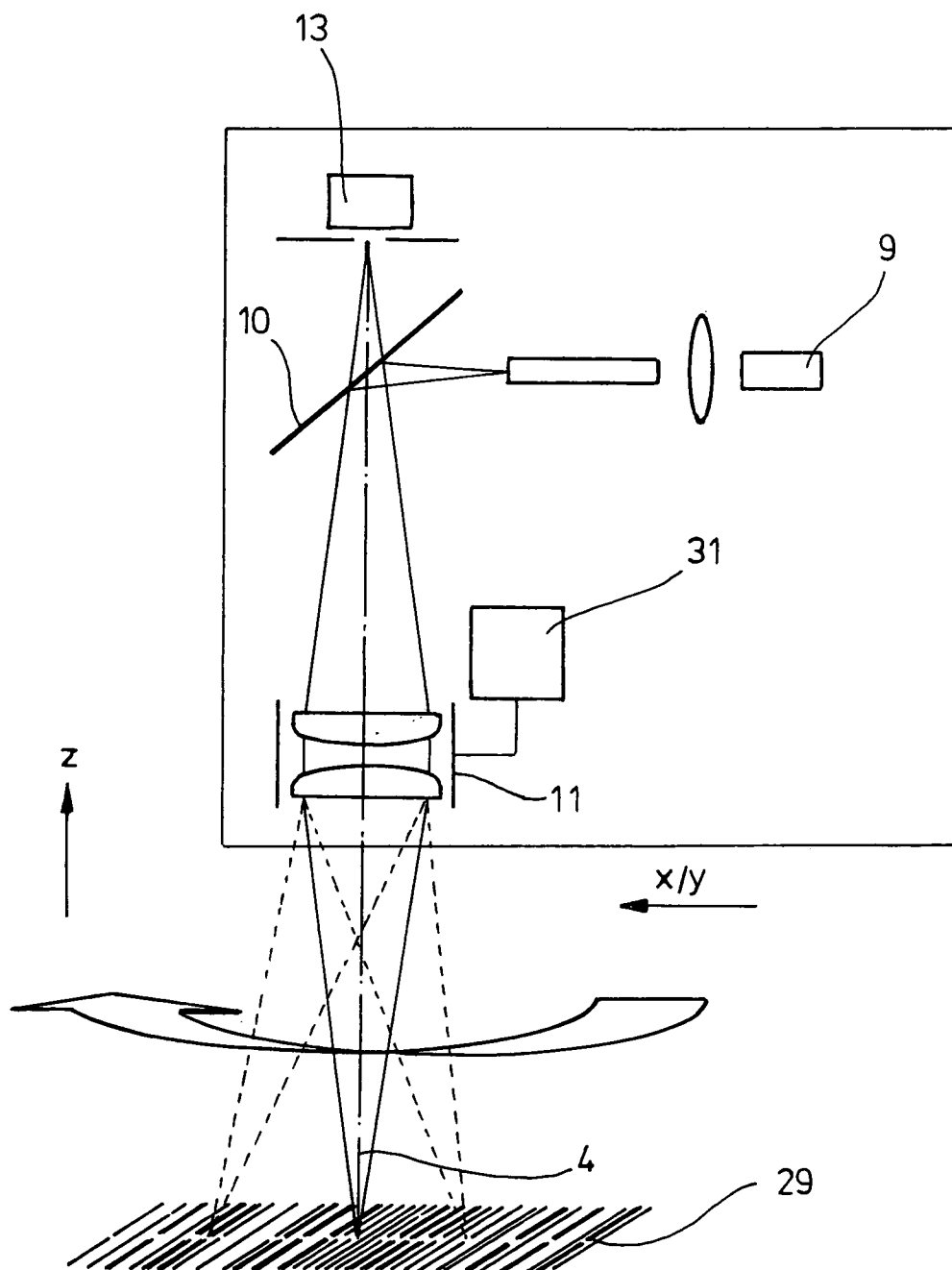
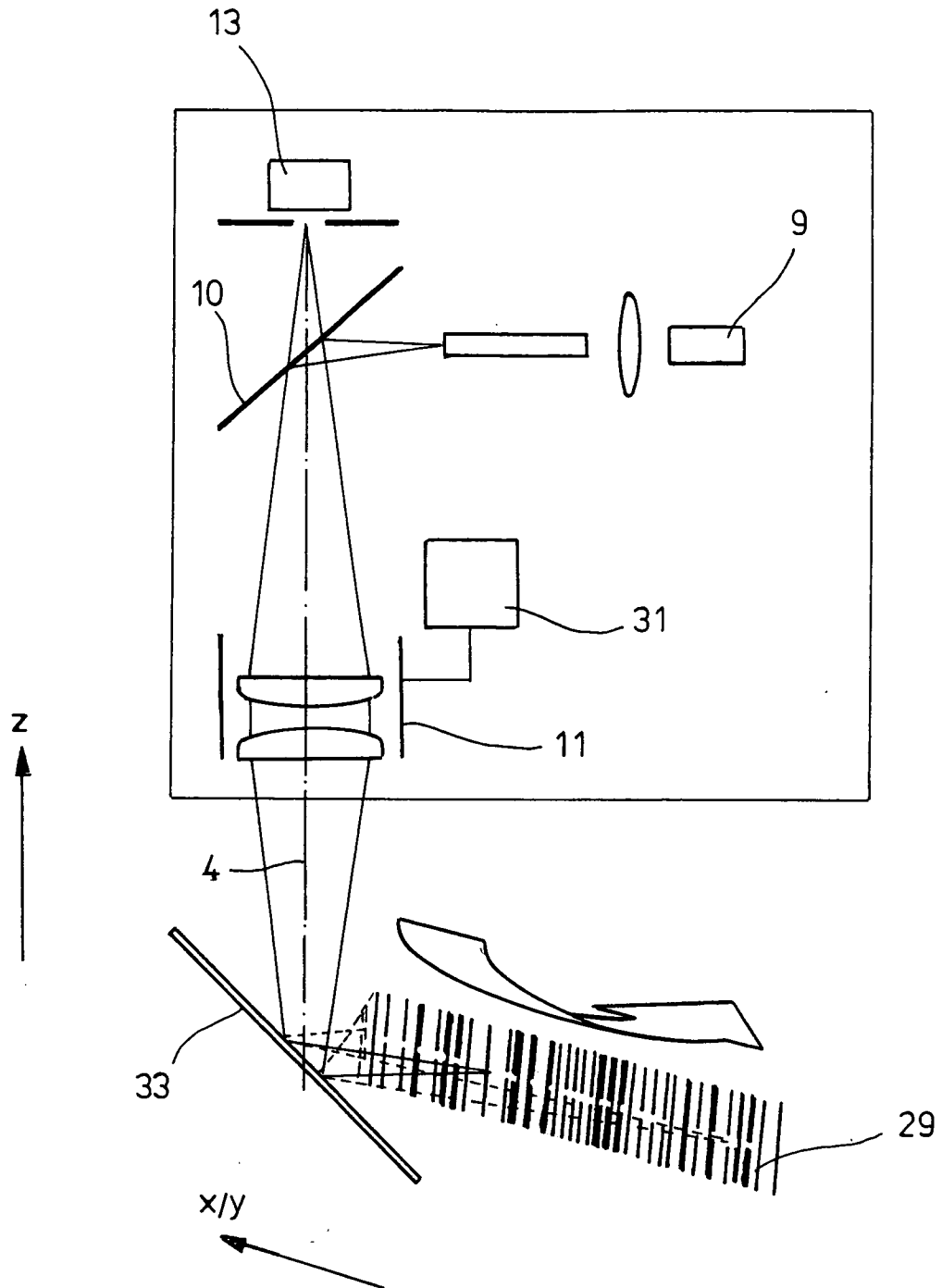


FIG. 17

FIG.18

FIG. 19

FIG. 20

FIG. 21