



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 37 155 B4** 2006.11.30

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 37 155.1**
(22) Anmeldetag: **30.07.2001**
(43) Offenlegungstag: **27.02.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **30.11.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G02F 1/33** (2006.01)
G02B 21/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

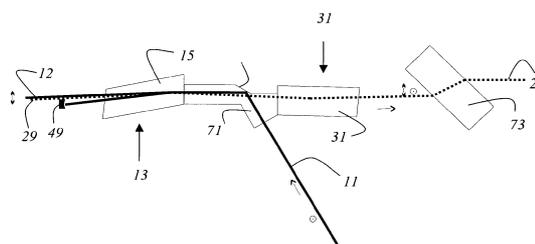
(73) Patentinhaber:
**Leica Microsystems CMS GmbH, 35578 Wetzlar,
DE**

(72) Erfinder:
Birk, Holger, Dr., 74909 Meckesheim, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 199 44 355 A1
DE 199 06 757 A1
US 43 32 441
WO 97 30 331

(54) Bezeichnung: **Optische Anordnung und Scanmikroskop**

(57) Hauptanspruch: Optische Anordnung zur räumlichen Separierung eines Beleuchtungslichtstrahls (11) und eines Detektionslichtstrahls (29) mit einem akustooptischen Bauteil (13), wobei ein Kompensationselement (31) vorgesehen ist, das eine von dem akustooptischen Bauteil (13) durch Doppelbrechung verursachte Aufspaltung des Detektionslichtstrahls (29) und eine von dem akustooptischen Bauteil (13) durch Dispersion verursachte Aufspaltung des Detektionslichtstrahls (29) bei einmaligem Durchlauf kompensiert, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem akustooptischen Bauteil (13) und dem Kompensationselement (31) ein Zwischenelement (71) vorgesehen ist, das mit dem akustooptischen Bauteil (13) und mit dem Kompensationselement (31) verkittet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine optische Anordnung zur räumlichen Separierung eines Beleuchtungslichtstrahls und eines Detektionslichtstrahls mit einem akustooptischen Bauteil.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Scanmikroskop mit einer Lichtquelle, die einen Beleuchtungslichtstrahl erzeugt und mit einem Detektor, der einen von einer Probe ausgehenden Detektionslichtstrahl empfängt und mit einem akustooptischen Bauteil zur räumlichen Separierung des Beleuchtungslichtstrahls und des Detektionslichtstrahls.

Stand der Technik

[0003] In der Scanmikroskopie wird eine Probe mit einem Lichtstrahl beleuchtet, um das von der Probe emittierte Detektionslicht, als Reflexions- oder Fluoreszenzlicht, zu beobachten. Der Fokus eines Beleuchtungslichtstrahles wird mit Hilfe einer steuerbaren Strahlableitrichtung, im Allgemeinen durch Verkippen zweier Spiegel, in einer Probenebene bewegt, wobei die Ablenkachsen meist senkrecht aufeinander stehen, so dass ein Spiegel in x-, der andere in y-Richtung ablenkt. Die Verkipfung der Spiegel wird beispielsweise mit Hilfe von Galvanometer-Stellelementen bewerkstelligt. Die Leistung des vom Objekt kommenden Detektionslichtes wird in Abhängigkeit von der Position des Abtaststrahles gemessen. Üblicherweise werden die Stellelemente mit Sensoren zur Ermittlung der aktuellen Spiegelstellung ausgerüstet. Das Beleuchtungslicht wird über einen Strahlteiler eingekoppelt. Das vom Objekt kommende Fluoreszenz- oder Reflexionslicht passiert den Strahlteiler und gelangt anschließend zu den Detektoren.

[0004] Speziell in der konfokalen Scanmikroskopie wird ein Objekt mit dem Fokus eines Lichtstrahles in drei Dimensionen abgetastet.

[0005] Ein konfokales Scanmikroskop umfasst im Allgemeinen eine Lichtquelle, eine Fokussieroptik, mit der das Licht der Quelle auf eine Lochblende – die sog. Anregungsblende – fokussiert wird, einen Strahlteiler, eine Strahlableitrichtung zur Strahlsteuerung, eine Mikroskopoptik, eine Detektionsblende und die Detektoren zum Nachweis des Detektions- bzw. Fluoreszenzlichtes. Das Beleuchtungslicht wird über einen Strahlteiler eingekoppelt. Das vom Objekt kommende Fluoreszenz- oder Reflexionslicht gelangt über die Strahlableitrichtung zurück zum Strahlteiler, passiert diesen, um anschließend auf die Detektionsblende fokussiert zu werden, hinter der sich die Detektoren befinden. Diese Detektionsanordnung wird Descan-Anordnung genannt. Detektionslicht, das nicht direkt aus der Fokusregion stammt, nimmt einen anderen Lichtweg und passiert

die Detektionsblende nicht, so dass man eine Punktinformation erhält, die durch sequentielles Abtasten des Objekts mit dem Fokus des Beleuchtungslichtstrahles zu einem dreidimensionalen Bild führt. Meist wird ein dreidimensionales Bild durch schichtweise Bilddatennahme erzielt.

[0006] Aus der Offenlegungsschrift Leica DE 199 06 757 A1 ist eine optische Anordnung im Strahlengang einer zur Fluoreszenzanregung geeigneten Lichtquelle, vorzugsweise im Strahlengang eines konfokalen Laser-Scanning-Mikroskops, mit mindestens einem spektral selektiven Element zum Einkoppeln des Anregungslichts mindestens einer Lichtquelle in das Mikroskop und zum Ausblenden des am Objekt gestreuten und reflektierten Anregungslichts bzw. der Anregungswellenlänge aus dem über den Detektionsstrahlengang vom Objekt kommenden Licht, bekannt. Die Anordnung ist zur variablen Ausgestaltung bei einfachster Konstruktion dadurch gekennzeichnet, dass durch das spektral selektive Element Anregungslicht unterschiedlicher Wellenlänge ausblendbar ist. Alternativ ist eine solche optische Anordnung dadurch gekennzeichnet, dass das spektral selektive Element auf die auszublendende Anregungswellenlänge einstellbar ist. Weiterhin ist in der genannten Schrift ausgeführt, dass das spektral selektive Element als AOTF (Acousto-Optical-Tunable-Filter) oder als AOD (Acousto-Optical-Deflector) ausgeführt sein kann. In der genannten Offenlegungsschrift ist beschrieben, dass das spektral selektive Element eine räumlich spektrale Auffächerung verursachen kann, die beispielsweise mit drei weiteren optischen Bauteilen kompensierbar ist.

[0007] Aus der Offenlegungsschrift DE 198 59 314 A1 ist eine Anordnung eines lichtbeugenden Elementes zur Separierung von Anregungs- und Emissionslicht in einem mikroskopischen Strahlengang, vorzugsweise in einem konfokalen Mikroskop, und insbesondere in einem Laser-Scanning-Mikroskop, bekannt, wobei das lichtbeugende Element sowohl vom Anregungslicht als auch vom Emissionslicht durchlaufen wird und mindestens eine Wellenlänge der Anregung durch Beugen beeinflusst, während andere von der Probe emittierte Wellenlängen das Element unbeeinflusst durchlaufen und dadurch räumlich vom Anregungslicht getrennt werden. Die Anordnung beinhaltet einen AOTF.

[0008] Aus der Offenlegungsschrift DE 199 44 355 A1 ist eine optische Anordnung im Strahlengang eines Laser-Scanning-Mikroskops, mit mindestens einem auf die Wellenlänge des Anregungslichts einer Lichtquelle einstellbaren spektral selektiven Element, welches Anregungslicht der Lichtquelle in das Mikroskop einkoppelt, das an einem Objekt gestreute und reflektierte Anregungslicht aus dem Detektionsstrahlengang ausblendet und das vom Objekt kommende Detektionslicht nicht ausblendet, bekannt. Die

optische Anordnung ist zur konstruktiven Vereinfachung der bekannten Anordnung sowie zur Erweiterung der bislang möglichen Detektionsvarianten dadurch gekennzeichnet, dass dem Element ein optisches Kompensationselement nachgeordnet ist, nach dessen Durchlaufen die dispersiven und/oder doppelbrechenden Eigenschaften des Detektionslichts detektierbar und in einer bevorzugten Ausgestaltung koaxial vereinigt sind.

[0009] Die genannten Scanmikroskope haben gegenüber Scanmikroskopen, bei denen die Trennung von Beleuchtungs- und das Detektionslicht mit einem Strahlteiler realisiert ist, den Vorteil der spektralen Flexibilität, da das akustooptische Bauteil durch Ansteuerung mit Schallwellen unterschiedlicher Frequenz auf jede beliebige optische Wellenlänge für Beleuchtung bzw. Detektionslicht einstellbar ist. Darüber hinaus ist die spektrale Trennung bei diesen Scanmikroskopen um ein Vielfaches besser, als bei Scanmikroskopen mit Strahlteilern.

[0010] Ein Nachteil von optischen Anordnungen mit einem akustooptischen Bauteil zur Separierung von Beleuchtungs- und Detektionslicht und von Scanmikroskopen mit einem akustooptischen Bauteil zur Separierung von Beleuchtungs- und Detektionslicht besteht darin, dass das akustooptische Bauteil doppelbrechend ist, was zu einer störenden Aufspaltung des Detektionslichtstrahles führt. Außerdem weist das akustooptische Bauteil meist eine Prismenwirkung auf, was eine spektrale Aufspaltung des Detektionslichtstrahles verursacht. Die bekannten Anordnungen kompensieren diese Effekte nur unzureichend und unter Inkaufnahme hoher Verluste an Detektionslichtleistung.

Aufgabenstellung

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine optische Anordnung anzugeben, bei der Lichtleitungsverluste durch Reflexion an den einander zugewandten Grenzflächen von akustooptischem Bauteil und von einem Kompensationselement weitgehend vermieden sind.

[0012] Obige Aufgabe wird durch eine optische Anordnung, die die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 beinhaltet, gelöst.

[0013] Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung ein Scanmikroskop anzugeben, bei dem die Lichtleitungsverluste durch Reflexion an den einander zugewandten Grenzflächen von akustooptischem Bauteil und von einem Kompensationselement weitgehend vermieden sind.

[0014] Diese Aufgabe wird durch ein optisches Element, das die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 7 beinhaltet, gelöst.

[0015] Erfindungsgemäß ist ein Zwischenelement vorgesehen, das mit dem akustooptischen Bauteil und mit dem Kompensationselement verkittet ist. Die verkitteten Ausführungen haben den Vorteil, dass Lichtleistungsverluste durch Reflexionen an den einander zugewandten Grenzflächen vom akustooptischen Bauteil und vom Kompensationselement weitgehend vermeidbar sind. Am Zwischenelement ist vorzugsweise ein Eintrittsfenster für einen Beleuchtungslichtstrahl vorgesehen.

[0016] Die Erfindung hat den Vorteil, dass die Lichtleitungsverluste durch Reflexionen an den einander zugewandten Grenzflächen vom akustooptischen Bauteil und vom Kompensationselement weitgehend vermieden sind.

[0017] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Scanmikroskops bzw. der optischen Anordnung ist das akustooptische Bauteil als AOTF (Acousto-Optical-Tunable-Filter) ausgestaltet. Eine Ausgestaltungsform mit einem AOD (Acousto-Optical-Deflector) oder einem AOM (Acousto-Optical-Modulator) ist auch realisierbar. Das akustooptische Element ist von einer akustischen Welle durchlaufen, die in Abhängigkeit von ihrer Frequenz nur mit Licht einer Wellenlänge wechselwirkt. Licht anderer Wellenlängen bleibt von der akustischen Welle unbeeinflusst. Die akustische Welle wird vorzugsweise von einem elektrisch angesteuerten Piezo-Schallerzeuger generiert, der von einer Hochfrequenzquelle angesteuert ist. Die Frequenz der Hochfrequenz wird so gewählt, dass nur die Anteile der gewünschten Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahls zur Probe gelangen. Die übrigen, von der akustischen Anregung nicht beeinflussten Anteile des Beleuchtungslichtstrahls werden in eine Strahlfalle gelenkt. Durch Variation der Amplitude der akustischen Welle ist die Leistung des aus dem Beleuchtungslichtstrahl ausgekoppelten Strahls auswählbar. Wenn der Detektionslichtstrahl Fluoreszenzlicht beinhaltet, das naturgemäß in der Wellenlänge gegenüber dem Beleuchtungslichtstrahl verschoben ist, so passiert der Detektionslichtstrahl das akustooptische Bauteil ohne Beeinflussung durch die Schallwelle.

[0018] Dabei kompensiert das Kompensationselement eine von dem akustooptischen Bauteil durch Dispersion verursachte Aufspaltung des Detektionslichtstrahls zumindest weitgehend. In einer besonders einfachen Ausführung sind die Grenzflächen des Kompensationselements derart angeordnet, dass der spektral aufgespaltene, fächerförmig divergierende Detektionslichtstrahl nach dem Durchlaufen des Kompensationselements zumindest parallel verläuft. Der Abstand von akustooptischem Bauteil und Kompensationselement ist in dieser Ausführung möglichst klein gewählt, um eine zu große räumliche Aufspaltung des Detektionslichtstrahls zwischen akustooptischem Bauteil und Kompensationsele-

ment zu vermeiden. Räumliche Aufspaltungen in der Größenordnung von einem halben Strahldurchmesser sind akzeptabel.

[0019] In einer ganz besonders bevorzugten Ausführung weisen das Kompensationselement und das akustooptische Bauteil die gleiche äußere Form auf. Das Kompensationselement und das akustooptische Bauteil sind bezüglich der Ausbreitungsrichtung des auf das akustooptische Bauteil treffenden Detektionslichtstrahls gegeneinander um 180 Grad verdreht orientiert. In der Regel ist das so orientierte Kompensationselement seitlich zu der durch die Ausbreitungsrichtung des auf das akustooptische Bauteil treffenden Detektionslichtstrahls definierten Achse versetzt, damit der Detektionslichtstrahl auf das Kompensationselement trifft. Vorzugsweise ist das Kompensationselement aus dem gleichen Material hergestellt, wie das akustooptische Bauteil und hat die gleiche Kristallstruktur. Die durch die doppelbrechenden Eigenschaften des akustooptischen Bauteils hervorgerufene Aufspaltung des Detektionslichtstrahles in Teilstrahlen unterschiedlicher Polarisierung wird aufgehoben.

[0020] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist das akustooptische Bauteil nicht nur mit der zu der gewünschten Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahles korrespondierenden ersten Hochfrequenz angesteuert, denn dies blendet nur die Anteile der Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahles mit einer Polarisationsrichtung vollständig aus. Die Anteile der anderen Polarisationsrichtung werden durch Ansteuerung des akustooptischen Bauteils mit einer weiteren Hochfrequenz, die sich von der ersten Hochfrequenz unterscheidet, weitgehend restlos ausgeblendet.

[0021] In einer weiteren Ausführungsform ist das Kompensationselement ein weiteres akustooptisches Bauteil. Ganz besonders vorteilhaft ist es, das Kompensationselement auch mit einer Hochfrequenz anzusteuern, um im Detektionslichtstrahl verbliebene Anteile mit der Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahles auszublenden.

[0022] In einer anderen Ausführungsform ist eine Temperaturstabilisierung des akustooptischen Bauteils bzw. des Kompensationselements vorgesehen. In einer weiteren Ausführungsvariante ist zur Vermeidung von Nachteilen durch Temperaturschwankungen oder von Schwankungen der Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahls vorgesehen, die Hochfrequenz in Abhängigkeit von der Temperatur zu steuern oder zu regeln. Eine andere Variante sieht in Verwirklichung dieses Ziels vor, die Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahles in Abhängigkeit von der Temperatur zu steuern oder zu regeln.

[0023] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist dem akustooptischen Bauteil und dem Kompensationsele-

ment eine Vorrichtung zur Generierung eines Strahlversatzes nachgeordnet ist. Hierdurch wird erreicht, dass die Strahlachse des Detektionslichtstrahles beim Einlaufen in die optische Anordnung zur Strahlachse beim Auslaufen coaxial oder zumindest parallel ist. Dies vereinfacht die Justierbarkeit der optischen Anordnung bzw. des Scanmikroskops; außerdem ist die Anordnung in einem Scanmikroskop in dieser Ausgestaltung leichter gegen einen konventionellen Strahlteiler austauschbar.

Ausführungsbeispiel

[0024] In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand schematisch dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend beschrieben, wobei gleich wirkende Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Dabei zeigen:

[0025] [Fig. 1](#) ein Scanmikroskop,

[0026] [Fig. 2](#) eine optische Anordnung,

[0027] [Fig. 3](#) eine weitere optische Anordnung,

[0028] [Fig. 4](#) die erfindungsgemäße optische Anordnung und

[0029] [Fig. 5](#) eine weitere optische Anordnung.

[0030] [Fig. 1](#) zeigt ein Scanmikroskop, das als konfokales Scanmikroskop ausgeführt ist, mit zwei Lasern **1**, **3**, deren Emissionslichtstrahlen **5**, **7**, die unterschiedliche Wellenlängen aufweisen, mit dem dichroitischen Strahlvereiniger **9** zu einem Beleuchtungslichtstrahl **11** vereinigt werden. Das Scanmikroskop weist ein akustooptisches Bauteil **13** auf, das als AOTF **15** ausgeführt ist. Der Beleuchtungslichtstrahl **11** wird von einem Umlenkspiegel **12** zum akustooptischen Bauteil **13** reflektiert. Vom akustooptischen Bauteil **13** gelangt der Beleuchtungslichtstrahl **11** auf eine Strahlableitvorrichtung **17**, die einen kardanischn aufgehängten Scanspiegel **19** beinhaltet, und den Beleuchtungslichtstrahl **11** durch die Scanoptik **21**, die Tubusoptik **23** und das Objektiv **25** über bzw. durch die Probe **27** führt. Der von der Probe kommende Detektionslichtstrahl **29** durchläuft in umgekehrter Richtung die Scanoptik **21**, die Tubusoptik **23** und das Objektiv **25** und gelangt über den Scanspiegel **19** zum akustooptischen Bauteil **13**, das den Detektionslichtstrahl **29** einem Kompensationselement **31**, das als weiteres akustooptisches Bauteil **33** ausgeführt ist, zuführt. Nach Durchlaufen des Kompensationselements **31** trifft der Detektionslichtstrahl **29** auf ein Spiegelpaar aus einem ersten Spiegel **35** und einem zweiten Spiegel **37**. Das Spiegelpaar dient dazu, den Detektionslichtstrahl **29** auf die gewünschte Strahlachse, nämlich die Strahlachse, die der Detektionslichtstrahl **29** beim Austreten aus der Strahlableitvorrichtung **17** definiert, zu bringen.

Das Spiegelpaar leitet den Detektionslichtstrahl **29** dem Detektor **39**, der als Multibanddetektor ausgeführt ist, zu. Der Beleuchtungslichtstrahl **11** ist in der Zeichnung als durchgezogene Linie und der Detektionslichtstrahl **29** als gestrichelte Linie dargestellt. Das bei einem konfokalen Scanmikroskop üblicherweise vorgesehene Beleuchtungspinhole **41** und das Detektionspinhole **43** sind der Vollständigkeit halber schematisch eingezeichnet. Weggelassen sind wegen der besseren Anschaulichkeit hingegen einige optische Elemente zur Führung und Formung der Lichtstrahlen. Diese sind einem auf diesem Gebiet tätigen Fachmann hinlänglich bekannt. Das akustooptische Bauteil **13**, das zum Selektieren der Anteile des Beleuchtungslichtstrahles der ausgewählten Wellenlängen dient, ist als AOTF **15** ausgestaltet, der von einer akustischen Welle durchlaufen ist. Die akustische Welle wird von einem elektrisch angesteuerten Piezo-Schallerzeuger **45** generiert. Die Ansteuerung erfolgt von einer Hochfrequenzquelle **47** aus, die eine elektromagnetische Hochfrequenzwelle, die mehrere einstellbare HF-Frequenzen aufweist, erzeugt. Die Übertragung der elektromagnetischen Hochfrequenzwelle erfolgt über ein Koaxialkabel **48**. Der Beleuchtungslichtstrahl **11** verlässt das akustooptische Element **13** mit um 90 Grad gedrehter Polarisationsrichtung, also mit tangentialer Polarisationsrichtung. Koaxial zum austretenden Beleuchtungslichtstrahl **11** tritt ein Detektionslichtstrahl **29** in das akustooptische Bauteil ein. Der Detektionslichtstrahl weist sowohl Anteile mit sagittaler, als auch mit tangentialer Polarisationsrichtung auf. Der Detektionslichtstrahl durchläuft den AOTF **15**, wobei Anteile, die die Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahles aufweisen, weitgehend ausgeblendet werden. Die Ausblendung ist jedoch nur für die Anteile mit tangentialer Polarisationsrichtung vollständig. Nach dem Durchlaufen des AOTF **15** trifft der Detektionslichtstrahl **29** auf ein Kompensationselement **31**, das als weiteres akustooptisches Bauteil **33** ausgeführt ist. Das weitere akustooptische Bauteil **33** ist ebenfalls als AOTF ausgeführt und wird von einer weiteren Hochfrequenzquelle **51** mit einer weiteren elektromagnetischen Hochfrequenzwelle angesteuert. Die HF-Frequenz der weiteren elektromagnetischen Hochfrequenzwelle ist derart gewählt, dass die Anteile des Detektionslichtstrahles **29**, die die Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahles **11** und eine sagittale Polarisationsrichtung aufweisen, ausgeblendet werden. Die Erzeugung der Schallwelle erfolgt im Kompensationselement **31** ebenfalls mit einem elektrisch angesteuerten Piezo-Schallerzeuger **65**. Das Kompensationselement **31** und das akustooptische Bauteil **13** weisen die gleiche äußere Form und die gleiche Kristallstruktur auf. Das Kompensationselement **31** und das akustooptische Bauteil **13** sind bezüglich der Ausbreitungsrichtung des auf das akustooptische Bauteil treffenden Detektionslichtstrahls **29** gegeneinander um 180 Grad verdreht orientiert. In der Regel ist das so orientierte Kompensationselement seitlich zu der durch die Ausbreitungsrichtung des auf das akustooptische Bauteil treffenden Detektionslichtstrahls definierten Achse versetzt, damit der Detektionslichtstrahl auf das Kompensationselement trifft.

[0031] [Fig. 2](#) zeigt eine optische Anordnung. Der linear polarisierte Beleuchtungslichtstrahl **11**, der eine sagittale Polarisationsrichtung aufweist, wird von einem Umlenkspiegel **12** zu einem akustooptischen Bauteil **13**, das als AOTF **15** ausgeführt ist, reflektiert. Das akustooptische Bauteil **13**, das zum Selektieren

der Anteile des Beleuchtungslichtstrahles der ausgewählten Wellenlängen dient, ist als AOTF **15** ausgestaltet, der von einer akustischen Welle durchlaufen ist. Die akustische Welle wird von einem elektrisch angesteuerten Piezo-Schallerzeuger **45** generiert. Die Ansteuerung erfolgt von einer Hochfrequenzquelle **47** aus, die eine elektromagnetische Hochfrequenzwelle, die mehrere einstellbare HF-Frequenzen aufweist, erzeugt. Die Übertragung der elektromagnetischen Hochfrequenzwelle erfolgt über ein Koaxialkabel **48**. Der Beleuchtungslichtstrahl **11** verlässt das akustooptische Element **13** mit um 90 Grad gedrehter Polarisationsrichtung, also mit tangentialer Polarisationsrichtung. Koaxial zum austretenden Beleuchtungslichtstrahl **11** tritt ein Detektionslichtstrahl **29** in das akustooptische Bauteil ein. Der Detektionslichtstrahl weist sowohl Anteile mit sagittaler, als auch mit tangentialer Polarisationsrichtung auf. Der Detektionslichtstrahl durchläuft den AOTF **15**, wobei Anteile, die die Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahles aufweisen, weitgehend ausgeblendet werden. Die Ausblendung ist jedoch nur für die Anteile mit tangentialer Polarisationsrichtung vollständig. Nach dem Durchlaufen des AOTF **15** trifft der Detektionslichtstrahl **29** auf ein Kompensationselement **31**, das als weiteres akustooptisches Bauteil **33** ausgeführt ist. Das weitere akustooptische Bauteil **33** ist ebenfalls als AOTF ausgeführt und wird von einer weiteren Hochfrequenzquelle **51** mit einer weiteren elektromagnetischen Hochfrequenzwelle angesteuert. Die HF-Frequenz der weiteren elektromagnetischen Hochfrequenzwelle ist derart gewählt, dass die Anteile des Detektionslichtstrahles **29**, die die Wellenlänge des Beleuchtungslichtstrahles **11** und eine sagittale Polarisationsrichtung aufweisen, ausgeblendet werden. Die Erzeugung der Schallwelle erfolgt im Kompensationselement **31** ebenfalls mit einem elektrisch angesteuerten Piezo-Schallerzeuger **65**. Das Kompensationselement **31** und das akustooptische Bauteil **13** weisen die gleiche äußere Form und die gleiche Kristallstruktur auf. Das Kompensationselement **31** und das akustooptische Bauteil **13** sind bezüglich der Ausbreitungsrichtung des auf das akustooptische Bauteil treffenden Detektionslichtstrahls **29** gegeneinander um 180 Grad verdreht orientiert. In der Regel ist das so orientierte Kompensationselement seitlich zu der durch die Ausbreitungsrichtung des auf das akustooptische Bauteil treffenden Detektionslichtstrahls definierten Achse versetzt, damit der Detektionslichtstrahl auf das Kompensationselement trifft.

[0032] [Fig. 3](#) zeigt eine weitere optische Anordnung, die im Wesentlichen der in [Fig. 2](#) beschriebenen Anordnung entspricht. Zusätzlich ist als Vorrichtung zur Generierung eines Strahlversatzes ein Spiegelpaar **67** vorgesehen. Nach Durchlaufen des Kompensationselements **31** trifft der Detektionslichtstrahl **29** auf das Spiegelpaar **67** aus einem ersten Spiegel **35** und einem zweiten Spiegel **37**. Das Spiegelpaar

dient dazu, den Detektionslichtstrahl **29** auf die gewünschte Achse **69** zu bringen.

[0033] **Fig. 4** zeigt die erfindungsgemäße optische Anordnung. Bei dieser Anordnung ist ein Zwischenelement **71**, das mit dem akustooptischen Bauteil **13** und mit dem Kompensationselement **31** verkittet ist, vorgesehen. In dieser Anordnung kommt es an den einander zugewandten Grenzflächen des Kompensationselements **31** und des akustooptischen Bauteils **13** nicht zu störenden Reflexionen. Der Brechungsindex des Zwischenelements **71** und der des Kitts ist an die Brechungsindizes des Kompensationselements **31** und des akustooptischen Bauteils **13** angepasst. Dem Kompensationselement **31** ist als Vorrichtung zur Generierung eines Strahlversatzes ein Glasblock **73** mit möglichst hohem Brechungsindex nachgeordnet, der einerseits den Detektionslichtstrahl **29** auf die gewünschte Achse bricht und andererseits eine durch das akustooptische Bauteil **13** oder durch das Kompensationselement **31** verursachte spektrale Aufspaltung kompensiert.

[0034] **Fig. 5** zeigt eine weitere optische Anordnung. Das akustooptische Bauteil ist in dieser Anordnung so aufgebaut, dass der in das akustooptische Bauteil eintretende Beleuchtungslichtstrahl und der aus dem Bauteil austretende Detektionslichtstrahl je ein eigens Ein- bzw. Austrittsfenster hat. Diese optische Anordnung hat den Vorteil, dass der Detektionslichtstrahl zwar eine spektrale Auffächerung erfährt, der aufgefächerte Detektionslichtstrahl jedoch zwischen dem akustooptischen Bauteil und dem Kompensationselement nahezu parallel verläuft, was die Kompensation durch das Kompensationselement verbessert.

[0035] Die Erfindung wurde in Bezug auf eine besondere Ausführungsform beschrieben. Es ist jedoch selbstverständlich, dass Änderungen und Abwandlungen durchgeführt werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen.

Patentansprüche

1. Optische Anordnung zur räumlichen Separierung eines Beleuchtungslichtstrahls (**11**) und eines Detektionslichtstrahls (**29**) mit einem akustooptischen Bauteil (**13**), wobei ein Kompensationselement (**31**) vorgesehen ist, das eine von dem akustooptischen Bauteil (**13**) durch Doppelbrechung verursachte Aufspaltung des Detektionslichtstrahls (**29**) und eine von dem akustooptischen Bauteil (**13**) durch Dispersion verursachte Aufspaltung des Detektionslichtstrahls (**29**) bei einmaligem Durchlauf kompensiert, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem akustooptischen Bauteil (**13**) und dem Kompensationselement (**31**) ein Zwischenelement (**71**) vorgesehen ist, das mit dem akustooptischen Bauteil (**13**) und

mit dem Kompensationselement (**31**) verkittet ist.

2. Optische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das akustooptische Bauteil (**13**) ein AOTF (Acousto-Optical-Tunable-Filter) (**15**) oder ein AOD (Acousto-Optical-Deflector) oder ein AOM (Acousto-Optical-Modulator) ist.

3. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (**31**) ein weiteres akustooptisches Bauteil (**33**) ist.

4. Optische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem akustooptischen Bauteil (**13**) und dem Kompensationselement (**31**) eine Vorrichtung zur Generierung eines Strahlversatzes nachgeordnet ist.

5. Optische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (**31**) und das akustooptische Bauteil (**13**) die gleiche äußere Form aufweisen.

6. Optische Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (**31**) und das akustooptische Bauteil (**13**) bezüglich der Ausbreitungsrichtung des auf das akustooptische Bauteil treffenden Detektionslichtstrahls (**29**) gegeneinander um 180 Grad verdreht orientiert sind.

7. Scanmikroskop mit einer Lichtquelle, die einen Beleuchtungslichtstrahl (**11**) erzeugt, mit einem Detektor (**39**), der einen von einer Probe ausgehenden Detektionslichtstrahl (**29**) empfängt und mit einem akustooptischen Bauteil (**13**) zur räumlichen Separierung des Beleuchtungslichtstrahls (**11**) und des Detektionslichtstrahls (**29**), wobei ein Kompensationselement (**31**) vorgesehen ist, das eine von dem akustooptischen Bauteil (**13**) durch Doppelbrechung verursachte Aufspaltung des Detektionslichtstrahls (**29**) und eine von dem akustooptischen Bauteil (**13**) durch Dispersion verursachte Aufspaltung des Detektionslichtstrahls (**29**) bei einmaligem Durchlauf kompensiert, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem akustooptischen Bauteil (**13**) und dem Kompensationselement (**31**) ein Zwischenelement (**71**) vorgesehen ist, das mit dem akustooptischen Bauteil (**13**) und mit dem Kompensationselement (**31**) verkittet ist.

8. Scanmikroskop nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das akustooptische Bauteil (**13**) ein AOTF (Acousto-Optical-Tunable-Filter) (**15**) oder ein AOD (Acousto-Optical-Deflector) oder ein AOM (Acousto-Optical-Modulator) ist.

9. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (**31**) ein weiteres akustooptisches

Bauteil (33) ist.

10. Scanmikroskop nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass dem akustooptischen Bauteil (13) und dem Kompensationselement (31) eine Vorrichtung zur Generierung eines Strahlversatzes nachgeordnet ist.

11. Scanmikroskop nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (31) und das akustooptische Bauteil (13) die gleiche äußere Form aufweisen.

12. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (31) und das akustooptische Bauteil (13) bezüglich der Ausbreitungsrichtung des auf das akustooptische Bauteil treffenden Detektionslichtstrahls (29) gegeneinander um 180 Grad verdreht orientiert sind.

13. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Scanmikroskop ein konfokales Scanmikroskop ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

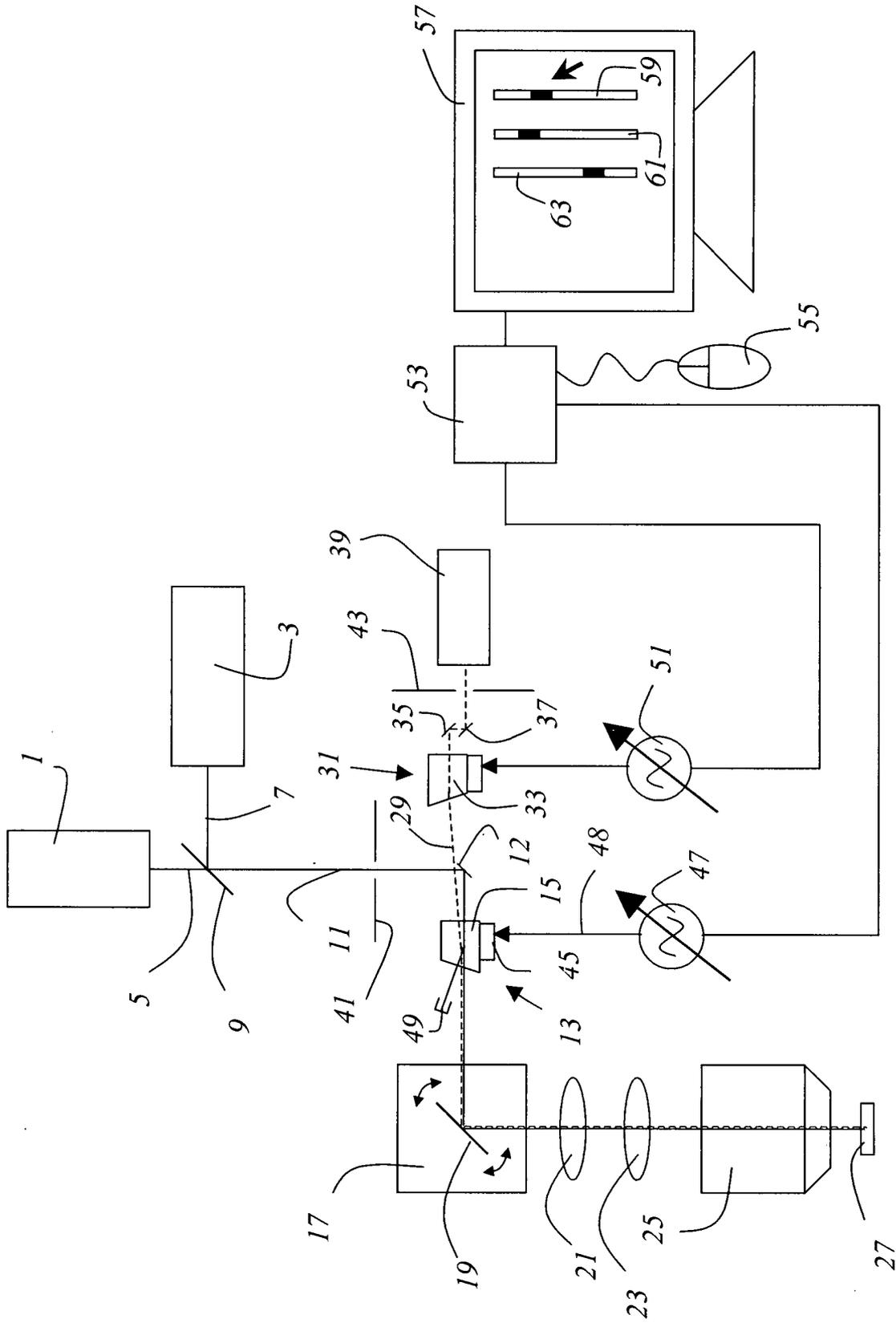


Fig. 1

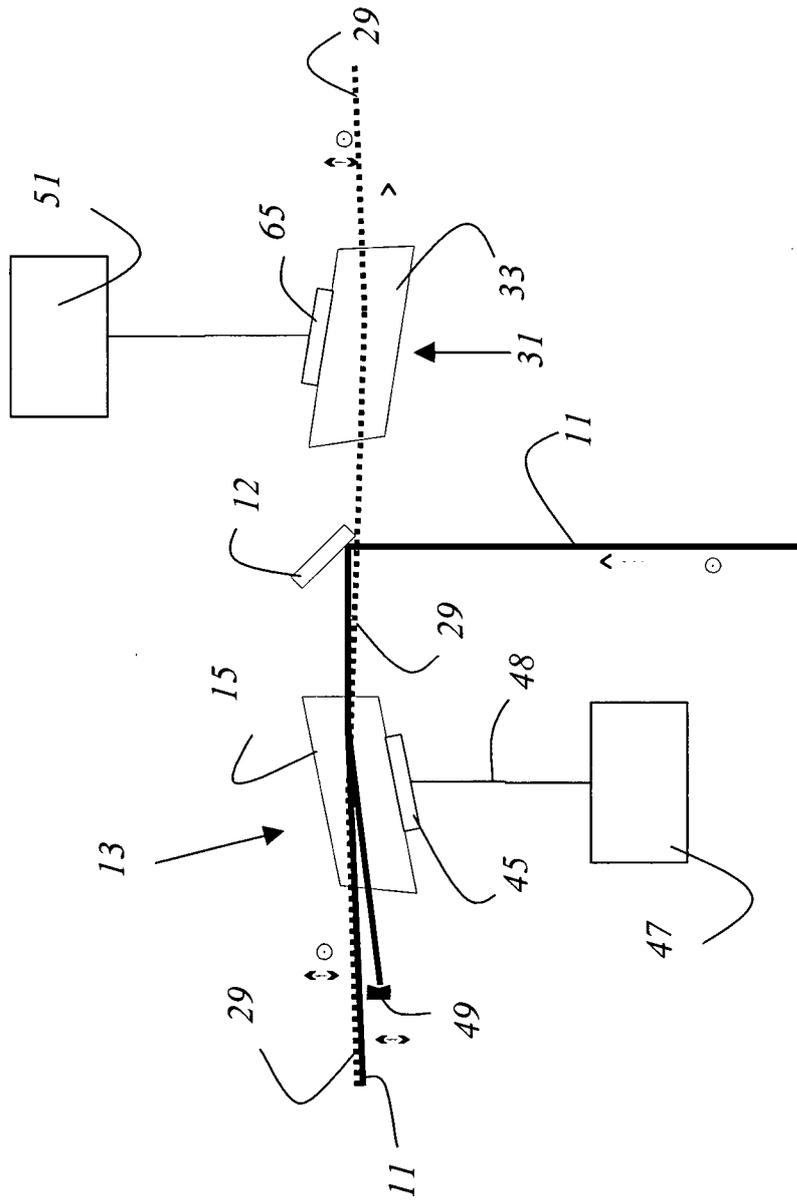


Fig. 2

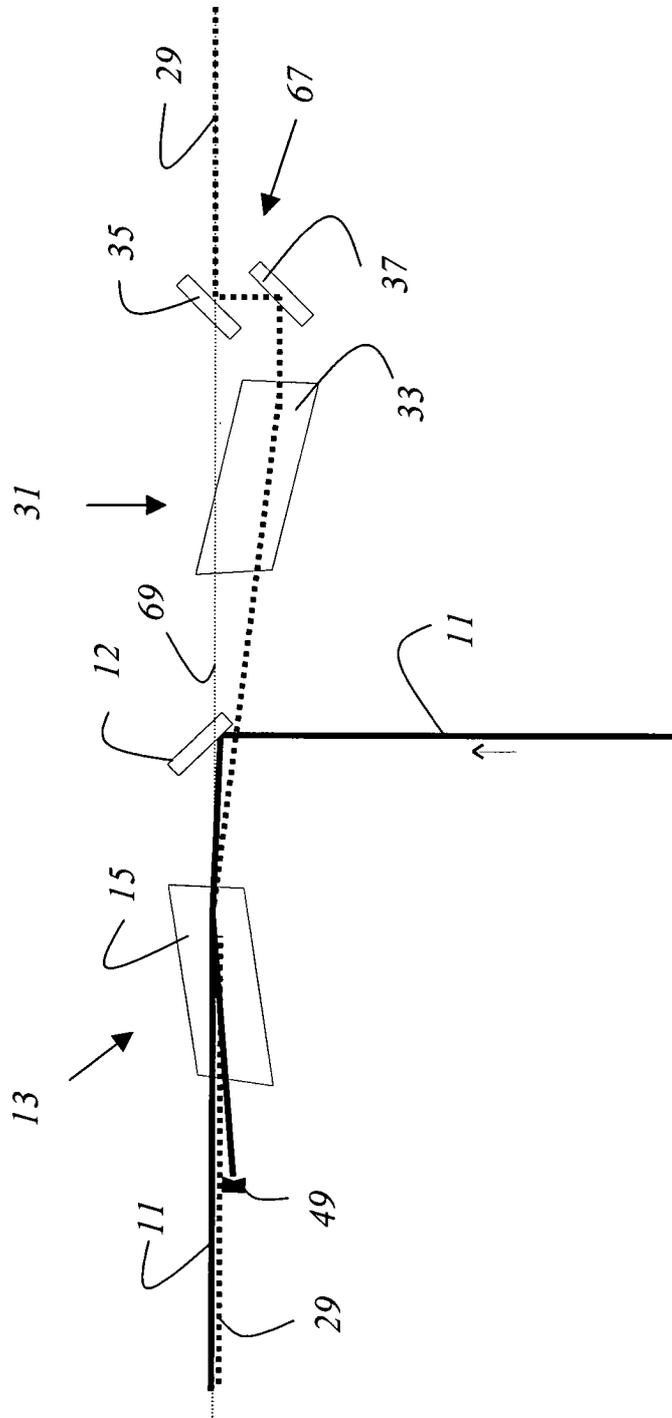


Fig. 3

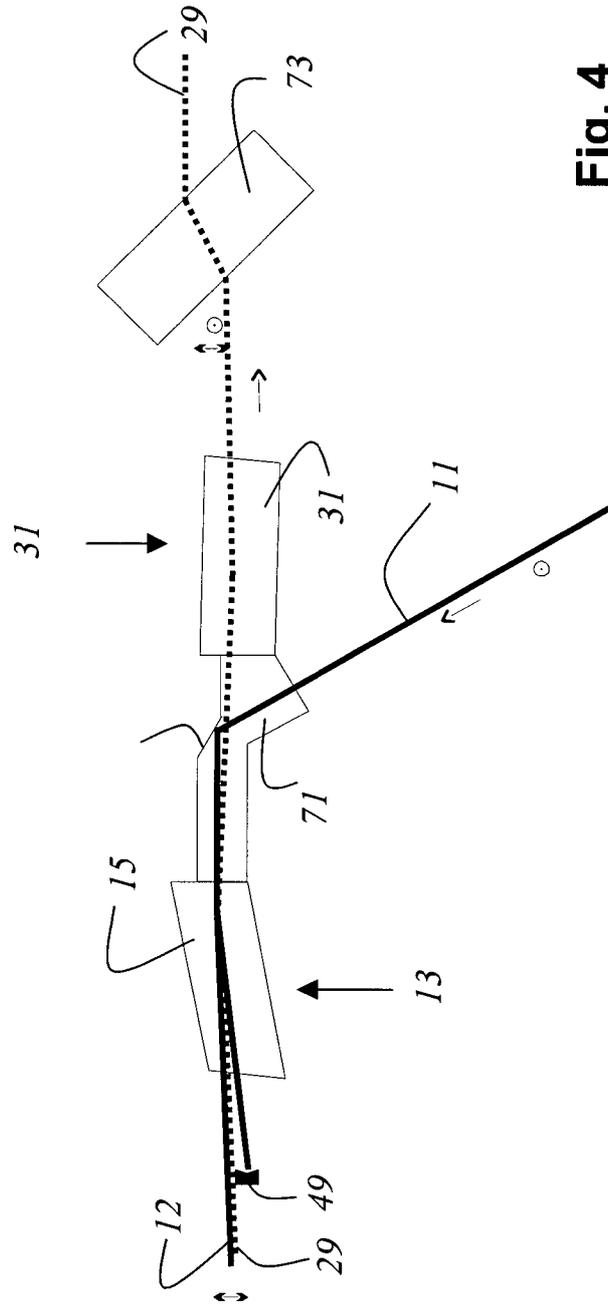


Fig. 4

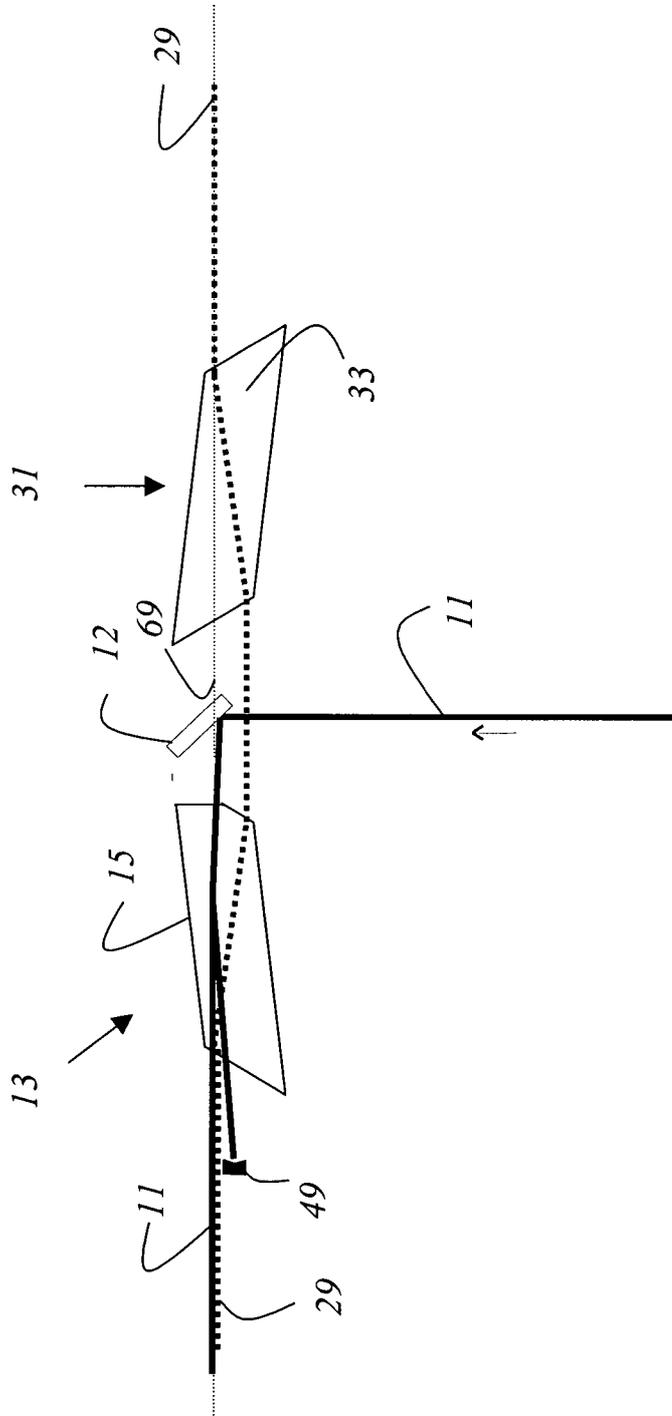


Fig. 5