



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 07 897 T2 2004.05.19**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 068 613 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G11B 7/135**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 07 897.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/06471**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 915 020.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/050842**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.03.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **07.10.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.01.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **14.05.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.05.2004**

(30) Unionspriorität:

79903 P	30.03.1998	US
88192 P	05.06.1998	US
124812	29.07.1998	US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB

(72) Erfinder:

**WILDE, P., Jeffrey, Los Gatos, US; HURST, E.,
Jerry, San Jose, US; HEANUE, F., John, San Jose,
US; IZRAELIAN, Viatcheslav, North York, CA;
TSELIKOV, Alexander, Fremont, US**

(73) Patentinhaber:

Seagate Technology LLC, Scotts Valley, Calif., US

(74) Vertreter:

Henkel, Feiler & Hänzel, 81675 München

(54) Bezeichnung: **OPTISCHE FASER MIT NIEDRIGER DOPPELBRECHUNG ZUR BENUTZUNG IN OPTISCHEN DATENSPEICHER-SYSTEMEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf eine optische Faser zum Gebrauch bei Datenspeichersystemen. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf optische Fasern mit niedriger Doppelbrechung bei optischen Datenspeichersystemen.

2. Hintergrund der Technik

[0002] Bei einem magneto-optischen Speichersystem, das auf einer sich drehenden Platte aufgebracht magnetisch-optisches (MO) Aufzeichnungsmaterial verwendet, kann Information auf der Platte als räumliche Variationen von magnetischen Bereichen aufgezeichnet werden. Während des Auslesens moduliert ein magnetisches Bereichsmuster die optische Polarisation, und ein Detektionssystem wandelt ein resultierendes Signal von einem optischen Format in ein elektronisches Format um.

[0003] Bei einer Art eines magneto-optischen Speichersystems ist eine magneto-optische Kopfanordnung an einem linearen Aktuator angeordnet, der den Kopf entlang einer radialen Richtung der Platte bewegt, um die optische Kopfanordnung über Datenspuren während des Aufzeichnens und Auslesens zu positionieren. Eine Magnetspule wird auf einer getrennten Anordnung an der Kopfanordnung platziert, um ein Magnetfeld zu erzeugen, das eine Magnetkomponente in einer Richtung senkrecht zu der Plattenoberfläche aufweist. Eine vertikale Magnetisierung mit einer Polarität, entgegengesetzt zu derjenigen des umgebenden Magnetmaterials des Plattenmediums, wird als eine Marke aufgezeichnet, die 0 oder 1 angibt, indem zuerst ein Strahl von Laserlicht fokussiert wird, um einen optischen Punkt bzw. Lichtpunkt auf der Platte zu bilden. Der Lichtpunkt dient dazu, dass das magneto-optische Material auf eine Temperatur nahe oder über dem Curie-Punkt erwärmt wird (eine Temperatur, bei der die Magnetisierung ohne weiteres mit einem angelegten Magnetfeld geändert werden kann). Ein durch die Magnetspule laufender Strom orientiert die spontane senkrechte Magnetisierung entweder nach oben oder nach unten. Dieser Orientierungsprozess tritt in der Region des optischen Punktes auf, wo die Temperatur geeigneterweise hoch ist. Die Orientierung der Magnetisierungsmarke wird beibehalten, nachdem der Laserstrahl entfernt wird. Die Marke wird gelöscht oder überschrieben, wenn sie lokal erneut auf den Curie-Punkt durch den Laserstrahl während einer Zeit erwärmt wird, während die Magnetspule ein Magnetfeld in der entgegengesetzten Richtung erzeugt.

[0004] Information wird von einer bestimmten interessierenden Marke auf der Platte zurückgelesen, indem der magnetische Kerr-Effekt ausgenutzt wird,

wobei eine Kerr-Drehung der optischen Polarisation erfasst wird, die einem reflektierten Strahl durch die Magnetisierung an der interessierenden Marke auferlegt wird. Der Betrag der Kerr-Drehung wird durch die Eigenschaften des Materials bestimmt (in dem Kerr-Koeffizienten enthalten). Die Drehrichtung wird durch festgelegte Differential-Detektionsschemata gemessen und ist abhängig von der Richtung der spontanen Magnetisierung an der interessierenden Marke in Uhrzeigerrichtung oder entgegen der Uhrzeigerrichtung orientiert.

[0005] Während herkömmliche magneto-optische Köpfe gegenwärtig Zugriff auf magneto-optische Platten mit Flächendichten von der Größenordnung von 1550 Gigabit/m² (1 Gigabit/inch²) bereitstellen, neigen sie dazu, auf relativ großen optischen Anordnungen zu basieren, die die physikalische Größe und Masse des Kopfes ziemlich massig machen (typischerweise 3 bis 15 mm in einer Abmessung). Folglich ist die Geschwindigkeit, mit der vorbekannte magneto-optische Köpfe mechanisch bewegt werden, um auf neue Datenspuren auf einer magneto-optischen Speicherplatte zuzugreifen, langsam. Außerdem begrenzt die physikalische Größe der vorbekannten magneto-optischen Köpfe der Abstand zwischen magneto-optischen Platten. Da das bei Plattenlaufwerken mit Standardhöhe verfügbare Volumen begrenzt ist, waren somit magneto-optische Plattenlaufwerke nicht als kommerzielle Produkte mit hoher Kapazität verfügbar. Beispielsweise liefert eine gegenwärtig verfügbare kommerzielle magneto-optische Speichervorrichtung Zugriff auf nur eine Seite einer doppelseitigen, 130 mm magneto-optischen Platte mit 2,6 ISO-Gigabyte, eine 40 ms Plattenzugriffszeit und eine Datenübertragungsrate von 4,6 MB/s.

[0006] N. Yamada (US Patent Nr. 5 255 260) offenbart einen schwebenden optischen Kopf mit niedrigem Profil zum Zugreifen auf eine obere und untere Oberfläche einer Mehrzahl von optischen Platten. Der von Yamada offenbarte schwebende optische Kopf beschreibt einen Aktuatorarm, der einen daran angebrachten statischen (feststehend bezüglich des Arms) Spiegel oder ein Prisma zum Liefern von Licht an und zum Empfangen von Licht von einer optischen Phasenwechselplatte aufweist. Während die von Yamada beschriebene statische Optik Zugriff auf beide Oberflächen einer Mehrzahl von optischen Phasenwechselplatten bereitstellt, die innerhalb eines festen Volumens enthalten sind, ist Yamada durch die Größe und Masse der Optik begrenzt. Folglich ist die Leistung und die Anzahl von optischen Platten, die hergestellt werden können, um innerhalb eines vorgegebenen Volumens zu arbeiten, ebenfalls begrenzt. Die Verwendung von optischen Fasern, um Licht an eine Speicherstelle innerhalb eines optischen Plattenlaufwerks zu liefern, ermöglicht einen optischen Pfad mit niedrigem Profil, der die Anzahl von Platten erhöhen kann, die vertikal innerhalb eines gegebenen Formfaktors positioniert werden kön-

nen.

[0007] Magneto-optische Schwebeköpfe des Stands der Technik, die eine polarisations-beibehaltende Faser und einen Fabry-Perot (FP)-Laser benutzen, um polarisiertes Licht von einer Quelle zu einer Speicherstelle zu liefern, werden einem signifikanten Moden-Partitionsrauschen unterworfen, das den verfügbaren Rauschabstand begrenzt. Moden-Partitionsrauschen (MPN), in der Form von Breitbandpolarisationsfluktuationen, ist eine intrinsische Eigenschaft des FP-Lasers, die offenkundig ist, wenn ein stark doppelbrechendes Element in seinen optischen Pfad platziert wird. Die Polarisations-beibehaltende optische Faser (PM-Faser) ist gemäß der Ausgestaltung stark doppelbrechend; daher ist es sehr schwierig, MPN zu eliminieren, wenn die PM-Faser mit einem FP-Laser verwendet wird.

[0008] Was benötigt wird, ist daher ein optisches Datenspeichersystem, das eine optische Faser benutzt, um Licht zwischen einer Laserquelle und einer Speicherstelle eines optischen Datenspeichersystems eines optischen Laufwerks mit einem ausreichenden Rauschabstand (SNR) zu übertragen, und verglichen mit dem Stand der Technik eine Zunahme in der Anzahl von Platten ermöglicht, die innerhalb eines gegebenen Volumens angeordnet werden können. Der verbesserte optische Kopf sollte vorzugsweise eine hohe numerische Apertur, eine verringerte Kopfgröße und Masse bereitstellen. Außerdem sollte der optische Kopf den Zugriff auf Plattenoberflächen, Plattenlaufwerkzugriffszeiten, Datenübertragungsraten, optisch induziertes Rauschen und Einfachheit der Ausrichtung und Herstellung gegenüber dem Stand der Technik verbessern.

[0009] Die WO 9809285 offenbart eine Optikanordnung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1. Diese Optikanordnung verwendet eine polarisations-beibehaltende optische Faser.

[0010] Andererseits zeigt die US-A-4581529 ein System für eine optische Plattenvorrichtung, die eine Einzel-Modenfaser verwendet, die den Polarisationszustand nicht beibehält (optische Faser mit niedriger Doppelbrechung). Nichtsdestotrotz erläutert dieses Dokument keine Polarisationsprobleme.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0011] Die Erfindung liefert Verbesserungen gegenüber vorbekannten optischen Plattenlaufwerken. Die Verbesserungen ermöglichen eine Zunahme in der Anzahl von Speicherplatten, die innerhalb irgendeinem vorgegebenen Volumen angebracht werden können.

[0012] Gemäß der Erfindung werden die obigen Aufgaben durch eine Optikanordnung gemäß Anspruch 1, ein Datenspeichersystem gemäß Ansprüchen 11, 24 oder 28 und ein Verfahren gemäß Anspruch 16 erreicht. Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf weitere vorteilhafte Aspekte der Erfindung.

[0013] Die Erfindung verwendet ebenfalls verschiedene Aspekte der Winchester-Magnetplattentechnologie, beispielsweise die Schwebekopftechnologie. Bei der Erfindung lenkt eine Laseroptikanordnung Licht von einer optischen Lichtquelle zu einem optischen Schalter, der das Licht zu einer Mehrzahl von optischen Fasern lenkt, die mit einem oder mehreren Dreharmen gekoppelt sind, wobei jeder dieser einen schwebenden optischen Kopf trägt. Licht wird durch die optische Faser zu einem jeweiligen optischen Kopf für den Zweck des Lesens und Schreibens von Daten auf ein jeweiliges Speichermedium mit einem fokussierten optischen Punkt geliefert. Ein von dem Speichermedium reflektiertes Lichtsignal wird zu dem optischen Kopf und der optischen Faser für eine anschließende Verarbeitung rückgekoppelt. Bei einer Ausführungsform umfasst die optische Lichtquelle Fabry-Perot-Laser.

[0014] Der optische Pfad des von der optischen Faser gelieferten Lichtes wird durch einen lenkbaren mikro-maschinell bearbeiteten Spiegel geändert. Die Spurverfolgung und Suchvorgänge zu benachbarten Spuren werden durch Drehen eines zentralen Spiegelabschnitts des Spiegels um eine Drehachse durchgeführt. Ein von dem lenkbaren mikro-maschinell bearbeiteten Spiegel reflektiertes Licht wird durch eine eingebettete Mikroobjektivlinse, wie beispielsweise eine GRIN-Linse (Gradientenindex-Linse) oder eine geformte Linse, gelenkt. Ein fokussierter optischer Punkt wird in einer Richtung vor und zurück abtasten, die ungefähr parallel zu der radialen Richtung des Speichermediums ist. Bei einer anderen Ausführungsform können die Spurverfolgung und die Suchvorgänge nach benachbarten Spuren mit mehr als einem Speichermediumoberfläche gleichzeitig durch Betreiben eines Satzes von lenkbaren mikro-maschinell bearbeiteten Spiegeln unabhängig voneinander durchgeführt werden.

[0015] Bei einem Aspekt der Erfindung umfasst eine weitere Verbesserung einen Informationstransfer zu und von den magneto-optischen Speicherplatten mittels Fasern mit niedriger Doppelbrechung. Aufgrund von unvermeidbaren Spannungen, die an die optischen Fasern anliegen, kann der Rauschabstand der Polarisationsinformation von dem Speichermedium verschlechtert werden, wenn sie durch optische Fasern übertragen wird. Die Erfindung liefert eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erhöhen des Rauschabstands. Bei einer Ausführungsform wird durch Biegen in der Ebene induzierte Doppelbrechung (in plane bend induced birefringency) in optischen Fasern mit niedriger Doppelbrechung ausgeglichen, um den Rauschabstand zu erhöhen. Bei einer anderen Ausführungsform wird durch Biegen außerhalb der Ebene induzierte Doppelbrechung (out-of-plane bend induced birefringency) ausgeglichen, um den Rauschabstand zu erhöhen. Bei einer anderen Ausführungsform werden sowohl die innerhalb der Ebene als auch die außerhalb der Ebene durch Biegen induzierte Doppelbrechung ausgeglichen, um den

Rauschabstand zu erhöhen. Die Doppelbrechung, die durch Biegen außerhalb der Ebene induziert wurde, kann durch Bereitstellen eines optischen Polarisationsrotationselements ausgeglichen werden, das eine $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte oder eine Kombination einer festen $\frac{1}{4}$ -Wellenplatte und einer drehbaren $\frac{1}{4}$ -Wellenplatte umfassen kann. Das Biegen innerhalb der Ebene kann durch Bereitstellen einer optischen Phasenverzögerung des reflektierten Lichtes ausgeglichen werden. Eine Phasenverzögerung kann durch ein optisches Phasenverzögerungselement bereitgestellt werden, das eine Kombination eines Flüssigkristallverzögerers und einer festen $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte, eine Kombination einer festen $\frac{1}{4}$ -Wellenplatte und einer drehbaren $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte oder einer festen $\frac{1}{4}$ -Wellenplatte und eines drehbaren Leaky-Strahlenteilers **232** umfasst. Bei noch einer weiteren Ausführungsform kann der Rauschabstand durch Bereitstellen einer optischen Lichtquelle mit einem modulierten Fabry-Perot-Laser erhöht werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0016] **Fig. 1a** veranschaulicht eine Ausführungsform eines magneto-optischen Speicher- und Wiedergewinnungssystems mit Biegen innerhalb der Ebene und Biegen außerhalb der Ebene einer optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung;
 [0017] **Fig. 1b** veranschaulicht ein magneto-optisches Speicher- und Wiedergewinnungssystem mit Biegen außerhalb der Ebene einer optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung;
 [0018] **Fig. 2a** veranschaulicht eine Laseroptikanordnung der Erfindung;
 [0019] **Fig. 2b** veranschaulicht eine Ausführungsform eines optischen Phasenverzögerers;
 [0020] **Fig. 2c** veranschaulicht eine weitere Ausführungsform eines optischen Phasenverzögerers;
 [0021] **Fig. 2d** veranschaulicht eine weitere Ausführungsform eines optischen Phasenverzögerers;
 [0022] **Fig. 2e** veranschaulicht eine Ausführungsform eines optischen Polarisationsrotators;
 [0023] **Fig. 2f** veranschaulicht eine Ausführungsform, bei der ein Fabry-Perot-Laser gepulst wird;
 [0024] **Fig. 3** veranschaulicht ein Optikmodul mit einem optischen Schalter;
 [0025] **Fig. 4a–g** veranschaulichen einen schwebenden Kopf, der Erfindung in verschiedenen Ansichten; und
 [0026] **Fig. 5a–b** veranschaulichen zwei Ausführungsformen eines magneto-optischen Plattenlaufwerks.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0027] Mit Bezug nun im Detail auf die Zeichnungen, bei denen ähnliche Teile der Erfindung durch gleiche Bezugsziffern gekennzeichnet werden, ist in **Fig. 1a** ein magneto-optisches Speicher- und Wiedergewinnungssystem ersichtlich, das allgemein in

einer Perspektivansicht dargestellt ist. Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das magneto-optische (MO) Datenspeicher- und Wiedergewinnungssystem einen Satz von schwebenden Köpfen vom Winchestertyp **106**, die zum Gebrauch mit einem Satz von ersten doppelseitigen MO-Platten einer ersten Oberfläche **107** (ein schwebender Kopf für jede MO-Plattenoberfläche) angepasst sind. Der Satz von schwebenden Köpfen **106** (hier nachstehend als schwebende MO-Köpfe bezeichnet) werden mit einer drehbaren Aktuatormagnet- und Spulenordnung **120** durch eine jeweilige Aufhängung **130** und einen Aktuatorarm **105** gekoppelt, um über den Oberflächen des Satzes von MO-Platten **107** positioniert zu werden. Im Betrieb wird der Satz von MO-Platten **107** von einem Spindelmotor gedreht, um aerodynamische Auftriebskräfte zwischen dem Satz von schwebenden oder fliegenden MO-Köpfen **106** und dem Satz von MO-Platten **107** zu erzeugen, und um den Satz von fliegenden MO-Köpfen **106** in einem schwebenden Zustand etwa $0,381\text{ }\mu\text{m}$ (15 pinch) über den oberen und unteren Oberflächen des Satzes von MO-Platten **107** zu halten. Den Auftriebskräften wirken gleiche und entgegengesetzte Federkräfte entgegen, die von dem Satz von Aufhängungen **130** angelegt werden. Während des Nicht-Betriebs wird der Satz von fliegenden MO-Köpfen **106** statisch in einem Speicherzustand weg von den Oberflächen des Satzes von MO-Platten **107** gehalten. Das System **100** umfasst ferner ein Optikmodul **103** und einen Satz von daran gekoppelten optischen Fasern mit niedriger Doppelbrechung **102**.

[0028] **Fig. 2a** veranschaulicht eine Laseroptikanordnung **101**, die als Teil des Laseroptikmoduls **103** verwendet wird. Bei der Erfindung umfasst das Optikmodul **103** von **Fig. 1a** und **1b** eine Laseroptikanordnung **101**, die eine Fabry-Perot (FP)-Laserquelle **231** einer Version umfasst, die in der Technik bekannt ist. Bei einer beispielhaften Ausführungsform arbeitet die Laserquelle **231** bei einer Wellenlänge von ungefähr 660 nm innerhalb einer roten Region des sichtbaren Lichtspektrums; es ist jedoch offensichtlich, dass Laserquellen, die bei anderen Wellenlängen arbeiten, ebenfalls innerhalb des Schutzzumfangs der Erfindung sind. Fabry-Perot-Laserdioden (FP-Laserdioden) werden durch hohe Frequenzfluktuationen in ihrer spektralen Ausgabe gekennzeichnet, das ebenfalls in der Technik als Moden-Partitionsrauschen (MPN) bezeichnet wird. Beim Stand der Technik wird, wenn linear polarisiertes Licht in ein stark doppelbrechendes Element, beispielsweise einer Einzelmodenpolarisationsbeibehaltenden (PM) optischen Faser, gestartet wird, Moden-Partitionsrauschen (MPN) in Polarisationsrauschen umgewandelt, was bewirkt, den verfügbaren Rauschabstand zu verringern. Da bei der MO-Aufzeichnung gewünscht wird, Polarisationsinformation aus der MO-Platte **107** zu lesen, ist es bedeutsam, dass Polarisationsrauschen auf ein Minimum gehalten wird, was jedoch schwierig zu erreichen ist, wenn die FP-Laserquelle und Einzelm-

den-polarisationsbeibehaltende optische Fasern des Stands der Technik verwendet werden. Die Laseroptikanordnung **101** umfasst ferner: Kollimationsoptik **234**, einen Leaky-Strahlenteiler **232** und eine Kopplungslinse **233**. Die Laseroptikanordnung **101** richtet einen P-polarisierten Laserstrahl **291** von der Laserquelle **231** durch den Leaky-Strahlenteiler **232** und die Kopplungslinse **233** zu dem optischen Schalter **104** hin. Die Laseroptikanordnung **101** empfängt ebenfalls die S- und P-Polarisationskomponenten eines reflektierten Laserstrahls **292** von der Oberfläche einer bestimmten MO-Platte **107**. Der reflektierte Laserstrahl **292** wird von der Kopplungslinse **233** gelenkt und von dem Leaky-Strahlenteiler **232** zu einem Differentialdetektor hin geleitet, der einen Polarisationsstrahlenteiler **239**, einen Spiegel **235** und einen Satz von Photodioden **236** umfasst. Nach der Umwandlung durch den Satz von Photodioden **236** wird das Differentialsignal von dem Differentialverstärker **237** verarbeitet und als ein Signal **294** ausgegeben. Der Differentialdetektor misst die optische Leistung der orthogonalen S- und P-Polarisationskomponenten des reflektierten Laserstrahls **292**, wobei ein Differentialsignal vorzugsweise ein empfindliches Maß der durch einen Kerr-Effekt an der Oberfläche der bestimmten MO-Platte **107** induzierten Polarisationsrotation ist. Wie es nachstehend erläutert wird, kann bei bestimmten Ausführungsformen der Erfindung die Laseroptikanordnung **101** ferner eine Vielfalt von optischen Komponenten an Stellen aufweisen, die mit AA und BB angegeben sind, um eine optische Phasenverzögerung und/oder optische Polarisationsrotation der Laserstrahlen **291** und **292** bereitzustellen.

[0029] **Fig. 3** veranschaulicht das Optikmodul **103** mit einem optischen Schalter **104**. Der optische Schalter **104** ist zwischen dem Satz von optischen Fasern **102** und der Laseroptik-Anordnung **101** angeordnet, und wird in einem beispielhaften optischen Pfad gezeigt, der eine Faser eines Satzes von optischen Fasern **102**, einen Kopf des Satzes von schwebenden MO-Köpfen **106** und eine Platte des Satzes von MO-Platten **107** umfasst. Der optische Schalter **104** liefert ausreichende Grade von Selektivität, um den abgehenden Laserstrahl **291** zu einem jeweiligen proximalen Ende einer bestimmten optischen Faser **102** zu lenken. Der abgehende Laserstrahl **291** verlässt ein distales Ende der optischen Faser **102** und wird durch den schwebenden MO-Kopf **106** auf eine Oberflächenaufzeichnungsschicht **349** einer jeweiligen MO-Platte **107** gelenkt.

[0030] Während des Schreibens von Information senkt der abgehende Laserstrahl **291** eine Koerzitivität der Oberflächenaufzeichnungsschicht **349** durch Erwärmung eines ausgewählten Punktes von Interesse **340** auf ungefähr den Curie-Punkt der MO-Aufzeichnungsschicht **349** ab. Die optische Intensität des abgehenden Laserstrahls **291** wird konstant gehalten, während ein zeitlich veränderliches vertikales Bias-Magnetfeld verwendet wird, um ein Muster von "nach oben" oder "nach unten" gerichteten Magnet-

bereiche senkrecht zu der MO-Platte **107** festzulegen. Dieses Verfahren ist als Magnetfeldmodulation (MFM) bekannt. Alternativ kann der abgehende Laserstrahl **291** synchron mit dem zeitlich veränderlichen vertikalen Bias-Magnetfeld an den Punkt von Interesse **340** moduliert werden, um Bereichswandstellen besser zu steuern und Bereichswandjitter zu verringern. Anschließend wird, wenn der ausgewählte interessierende Punkt **340** an der Oberflächenschicht **349** abkühlt, Information auf der Oberfläche der jeweiligen sich drehenden Platte **107** codiert.

[0031] Während des Auslesens von Information wird der abgehende Laserstrahl **291** (mit einer niedrigeren Leistung verglichen mit dem Schreiben) selektiv zu der MO-Platte **107** geführt, so dass bei seiner Reflexion von dem interessierenden Punkt **340** der Kerr-Effekt einen Polarisationszustand des reflektierten Laserstrahls **292** verursacht, um entweder in Uhrzeigerrichtung oder entgegen der Uhrzeigerrichtung gedreht zu werden (wie es durch den Pfeil **363** angegeben ist). Der oben erwähnte optische Pfad ist bidirektional. Demgemäß wird der reflektierte Laserstrahl **292** durch den schwebenden MO-Kopf **106** empfangen und tritt in das distale Ende der optischen Faser **102** ein. Der reflektierte Laserstrahl **292** wird von der optischen Faser **102** zu dem optischen Schalter **104** gelenkt und selektiv von dem optischen Schalter **104** zu der Laseroptikanordnung **101** für eine anschließende optische-elektrische Signalumwandlung geleitet.

[0032] In **Fig. 1a** umfasst bei der bevorzugten Ausführungsform der Satz von optischen Fasern **102** der Erfindung optische Einzelmoden-Fasern mit niedriger Doppelbrechung. Die Erfindung stellt fest, dass mittels einer optischen Faser, die ausgestaltet ist, eine niedrige Doppelbrechung aufzuweisen, eine Faser, die in der optischen Fasertechnik als eine Faser mit niedriger Doppelbrechung oder eine optische Lo-Bi-Faser bekannt ist, das Moden-Partitionsrauschen verringert werden kann, um einen annehmbaren Rauschabstand zu erreichen. Die niedrige Doppelbrechung einer optischen Lo-Bi-Faser steht im Gegensatz zu der inhärent hohen Doppelbrechung einer polarisations-beibehaltenden optischen Einzelmoden-Faser, die als eine PM-Faser bekannt ist. Die Lo-Bi-Faser kann als eine "gesponnene Faser" bereitgestellt werden, die von einer geringfügig doppelbrechenden Faservorform während eines Faserziehvorgangs gesponnen wird. Die geometrische Verzerrung wird in die gesponnenen Fasern eingefroren, wenn sie abgekühlt werden. Wenn die Fasern ausreichend gesponnen sind, können die Wirkungen der durch Biegen induzierten linearen Doppelbrechung aufgrund des nicht kreisförmigen Querschnitts oder der anisotropen thermischen Spannungen durch die durch das Spinnen eingeführte effektive kreisförmige Doppelbrechung überwältigt werden. Die meisten optischen Fasern weisen eine durch Geometrie und interne Spannungen verursachte lineare Doppelbrechung auf. Gesponnene Fasern sind die Ausnahme.

Es ist offensichtlich, dass die Erfindung nicht auf Lo-Bi-Fasern beschränkt sein muss, die gesponnen sind, da Lo-Bi-Fasern, die mittels anderer Mittel hergestellt sind, ebenfalls in der Technik bekannt sind. Bei einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst der Satz von optischen Lo-Bi-Fasern **102** eine Phasenverzögerung von 1 bis 2 Grad/Meter, eine Betriebswellenlänge von ungefähr 660 nm, eine Grenzwellenlänge von 580 bis 600 nm, einen Manteldurchmesser von ungefähr 80 μm , einen Doppel-Acrylatmantel mit einem Durchmesser von 160 bis 190 μm , einen Betriebstemperaturbereich von 0–70°C, einen Modenfelddurchmesser von etwa 4,0 μm und eine Modenfeldeleptizität von weniger als 5%.

[0033] Wie es in **Fig. 1a** dargestellt ist, wird der Satz von optischen Lo-Bi-Fasern **102** mit den distalen Enden eines der schwebenden MO-Köpfen **106** des jeweiligen Satzes gekoppelt, entlang der jeweiligen des Satzes von Aktuatorarmen **105** und des Satzes von Aufhängungen **130** geleitet, um das Optikmodul **103** geleitet, und an den proximalen Enden mit dem Optikmodul **103** gekoppelt. Aufgrund von Begrenzungen, die durch ein in dem System **100** vorhandenes begrenztes Volumen auferlegt werden, kann der Satz von optischen Fasern **102** ein Weiterleiten in einen anderen als auf ein kolineare und/oder koplanare Art und Weise erfordern, seinerseits die optischen Fasern **102** belasten und somit Doppelbrechung in den optischen Fasern **102** induzieren. Bei der Erfindung verlassen die optischen Fasern **102** das optische Modul **103** an dem dargestellten Punkt H und werden zusammen gruppiert oder um das optische Modul **103** gewickelt. Die zusätzlichen Wicklungen liefern eine zusätzliche Faserlänge, um den Zusammenbau und eine Nachbearbeitung, falls erforderlich, zu ermöglichen. Die Fasern werden vorzugsweise auf eine solche Art und Weise geleitet, dass eine Mehrheit des statischen Biegens in einer einzigen Ebene stattfindet (hier nachstehend als Biegen in der Ebene bezeichnet). Ein Beispiel von Biegen in der Ebene der optischen Fasern **102** wird an einem Punkt C dargestellt. Bei der Erfindung fächern die Fasern **102** an einem Punkt zu ihren jeweiligen Köpfen auf, beispielsweise beginnend an dem dargestellten Punkt B; somit kann ebenfalls ein Biegen außerhalb der Ebene zwischen den optischen Fasern **102** vorhanden sein, was die lokale Orientierung der Doppelbrechung ändern kann, wenn jedoch der Biegeradius ausreichend groß gehalten wird, dann kann der Betrag der Doppelbrechung außerhalb der Ebene relativ klein sein. Die durch Biegen induzierte Doppelbrechung kann (1) durch einen Betrag gekennzeichnet werden, der proportional zu $(R_{\text{Faser}}/R_{\text{Biegen}})^2$ ist wobei R_{Faser} der Fasermantelradius und R_{Biegen} der Biegeradius ist, und (2) durch eine Orientierung, so dass eine Achse in der Ebene des Biegens und die andere Achse senkrecht zu der Ebene ist. Fachleute werden erkennen, dass, wenn es nicht für das Biegen des Satzes von optischen Fasern **102** wäre, die abgehenden

und die reflektierten Laserstrahlen **201** und **292** theoretisch den Satz von optischen Fasern **102** mit niedriger Doppelbrechung, ähnlich einem Satz optischer Pfade im freien Raum, erfahren würden. Die durch den Satz von optischen Fasern **102** übertragene Polarisationsrotations-Information kann durch die oben erwähnte, durch Biegen induzierte Doppelbrechung in dem Satz von optischen Lo-Bi-Fasern **102** verschlechtert werden. Demgemäß liefert die Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung für deren Kompensation mit optischen Elemente in den optischen Pfaden der Laserstrahlen **291** und/oder **292**, um eine optische Phasenverzögerung und/oder optische Polarisationsrotation bereitzustellen.

[0034] Die Erfindung stellt fest, dass Phasenverschiebungen zwischen dem abgehenden Laserstrahl **291** und dem reflektierten Laserstrahl **292** durch durch Biegen induzierte Doppelbrechung des Satzes von optischen Fasern **102** eingeführt werden, und dass die Phasenverschiebungen durch Platzieren von optischen Phasenverzögerungselementen in den optischen Pfad des reflektierten Strahls **292** ausgeglichen werden können, und dass außerdem für die Erfassung einer Kerr-Rotation des reflektierten Laserstrahls **292** mit einem maximalen SNR die Phasenverschiebung zwischen dem abgehenden P-polarisierten Laserstrahl **292** und dem reflektierten P- und S-polarisierten reflektierten Laserstrahl **292** auf 0 Grad modulo π beibehalten werden sollten. Bei der bevorzugten Ausführungsform wird die optische Phasenverzögerung verwendet, um das Kerr-Signal von der MO-Platte **107** zu optimieren, indem der reflektierte Laserstrahl **292** in der Abwesenheit des Kerr-Signals und die orthogonal polarisierten Kerr-Komponenten in Phase gebracht werden, und um somit ebenfalls das durch den Satz von optischen Fasern **102** induzierte Moden-Partitionsrauschen durch Betrieb an dem Boden eines Rauschrandes zu minimieren. Die optische Phasenverzögerung kann durch ein optisches Phasenverzögerungselement bereitgestellt werden, das eine Lichtwelle in zwei orthogonale lineare Polarisationskomponenten auflöst und eine Phasenverschiebung zwischen ihnen erzeugt. Idealerweise werden optische Elemente, die eine optische Verzögerung bereitstellen, weder polarisieren noch eine Intensitätsänderung in einem dahindurch laufenden Lichtstrahl induzieren; sie werden einfach den Polarisationszustand des Strahls ändern. Elemente, die eine optische Phasenverzögerung bereitstellen, können fest oder variabel sein und sind typischerweise als doppelbrechende einachsige Materialien mit zwei unterschiedliche Brechungsindizes verfügbar. Derartige Materialien können beispielsweise ein einachsiger Kristall, ein Mica, ein nematischer Flüssigkristall, ein elektrooptisches Material oder ein Polymer sein, um einige zu nennen.

[0035] Die Erfindung stellt fest, dass, um diese Bedingungen zu erreichen, die durch Biegen induzierte Achsen des Satzes von optischen Fasern **102** mit den Achsen des Leaky-Strahlenteilers **232** ausge-

richtet sein sollten, so dass die P-Polarisation des abgehenden Laserstrahls **291** in die gleiche Ebene und senkrecht zu den durch Biegen in der Ebene induzierten Achsen des Satzes von optischen Fasern **102** gedreht werden.

[0036] Wie es oben erläutert ist, kann der Satz von optischen Fasern **102** ein Biegen, beispielsweise eine Kombination von Biegen in der Ebene und/oder ein Biegen außerhalb der Ebene erfahren. In einer in **Fig. 1b** dargestellten anderen Ausführungsform ist es möglich, dass die optischen Fasern **102** derart weitergeleitet werden, dass ein minimales Biegen außerhalb der Ebene des Satzes von optischen Fasern **102** auftritt, beispielsweise wenn die optischen Fasern **102** weitergeleitet werden, um das Optikmodul **103** zu verlassen, und entlang paralleler Ebenen mit einem Abstand zwischen den Ebenen gleich einem Abstand zwischen den jeweiligen Köpfen **106** beibehalten werden, an die sie weitergeleitet werden (statt an einem Punkt B auszufächern). Bei dieser Ausführungsform kann sogar ohne ein Biegen außerhalb der Ebene ein Biegen der Fasern innerhalb der Ebene auftreten, wie beispielsweise während eines normalen Weiterleitens des Satzes von optischen Fasern **102** von dem Optikmodul **103** zu den Köpfen **106**.

[0037] Bei einer Ausführungsform, bei der ein minimales Biegen außerhalb der Ebene der optischen Fasern **102** auftritt, kann eine optische Phasenverzögerung durch einen optischen Phasenverzögerer **255** bereitgestellt werden, der einen variablen Flüssigkristallverzögerer, wie beispielsweise einen von Meadowlark Optics, Frederick, CO 805030 hergestellten LVR **100 VIS**, umfasst. Bei dieser Ausführungsform wird der optische Phasenverzögerer **255** in Kombination mit einer ersten $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte **253** verwendet, wobei diese beiden an einem Punkt BB in dem optischen Pfad zwischen dem Leaky-Strahlenteiler **232** und dem polarisierenden Strahlenteiler **239** angeordnet sind (in **Fig. 2a** und **2b** dargestellt). Die optischen Achsen des optischen Phasenverzögerers **255** werden vorzugsweise mit 0 Grad bezüglich der optischen Achsen des Leaky-Strahlenteilers **232** ausgerichtet, und die optischen Achsen der ersten $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte **253** werden mit 22,5 Grad bezüglich der Achsen des Leaky-Strahlenteilers **232** ausgerichtet. Bei einer beispielhaften Anwendung des variablen Flüssigkristallverzögerers wird eine Spitze-zu-Spitze-Eingangsspannung von 1,53 V angelegt, für die nachgewiesen wurde, dass sie eine ausreichende Kompensation für in der Ebene induzierte mechanische Spannungen erzeugt; geringfügige Variationen des Biegens innerhalb der Ebene zwischen dem Satz von optischen Fasern **102** kann geringfügig unterschiedliche Spannungen erfordern. Die bestimmte Spannung, die anzulegen ist, wenn eine bestimmte optische Faser **102** verwendet wird, kann während einer Kalibrationsphase vorbestimmt werden. Die Spannung kann während der Intervalle zwischen dem Umschalten des optischen Schalters **102** geändert werden.

[0038] Bei einer anderen Ausführungsform, bei der

das Biegen außerhalb der Ebene der optischen Fasern **102** minimal ist, kann eine optische Phasenverzögerung durch eine Kombination einer $\frac{1}{4}$ -Wellenplatte **254** einer Version, die in der Technik bekannt ist, und einer dynamisch sich drehenden $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte **257** bereitgestellt werden, die beide zwischen dem Leaky-Strahlenteiler **232** und dem polarisierenden Strahlenteiler **239** angeordnet sind (in den **Fig. 2a** und **2c** dargestellt). Bei dieser Ausführungsform werden die optischen Achsen der $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte **254** mit 45 Grad bezüglich der optischen Achsen des Leaky-Strahlenteilers **232** ausgerichtet, und die optischen Achsen der sich dynamisch drehenden $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte **257** drehen sich relativ zu den Achsen des Leaky-Strahlenteilers **232**. Die sich dynamisch drehende $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte **257** kann eine $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte umfassen, die mit einem elektromechanischen oder elektromikromaschinell bearbeiteten Aktuator gekoppelt sind, um eine gewünschte Drehung der $\frac{1}{2}$ -wellenplatte zu ermöglichen. Die bestimmte Drehung, die an die $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte **257** anzulegen ist, wenn eine bestimmte optische Faser **102** verwendet wird, kann während einer Kalibrationsphase vorbestimmt werden. Die Rotation kann während der Intervalle zwischen dem Umschalten des optischen Schalters **104** angewendet werden.

[0039] Bei noch einer weiteren Ausführungsform wird die optische Phasenverzögerung durch einer $\frac{1}{4}$ -Wellenplatte **254** bereitgestellt, die zwischen dem Leaky-Strahlenteiler **232** und dem polarisierenden Strahlenteiler **239** angeordnet ist, wobei die optischen Achsen der $\frac{1}{4}$ -Wellenplatte **254** vorzugsweise mit 45 Grad bezüglich der optischen Achsen des Leaky-Strahlenteilers **239** ausgerichtet sind (in **Fig. 2c** und **2d** dargestellt). Bei dieser Version wird der polarisierende Strahlenteiler **239** als ein sich dynamisch drehender Polarisationsstrahlenteiler bereitgestellt. Der sich dynamisch drehende polarisierende Strahlenteiler kann einen polarisierenden Strahlenteiler umfassen, der mit einem elektromechanischen oder elektromikro-maschinell bearbeiteten Aktuator gekoppelt ist, der eine gewünschte Rotation des polarisierenden Strahlenteilers ermöglicht. Die bestimmte Rotation, die anzuwenden ist, wenn eine bestimmte optische Faser **102** verwendet wird, kann während einer Kalibrationsphase vorbestimmt werden und während der Intervalle zwischen dem Umschalten des optischen Schalters **104** angewendet werden.

[0040] Bei den oben erwähnten Ausführungsformen kann, während eine statische; durch Biegen in der Ebene induzierte Spannung in optischen Fasern mit niedriger Doppelbrechung ausgeglichen wird, eine dynamische, in der Ebene durch Biegen induzierter Spannung vernachlässigt werden, da sie typischerweise ziemlich klein ist, obgleich sie im Prinzip auch mit einer ausreichend schnellen Kompensation ausgeglichen werden könnte.

[0041] Wie es oben erläutert ist, sind die durch Biegen induzierten Achsen des Satzes von optischen Fasern **102** vorzugsweise mit den Achsen des Lea-

ky-Strahlenteilers **232** ausgerichtet, so dass die P-Polarisation des abgehenden Laserstrahls **291** mit einem der durch Biegen induzierten Achsen des Satzes der optischen Fasern **102** ausgerichtet werden. Der Zustand kann durch manuelles Ausrichten der Achsen der optischen Fasern **102** miteinander und mit denjenigen des Leaky-Strahlenteilers **232** erreicht werden. In dem Fall, dass die Achsen der optischen Fasern **102** und des Leaky-Strahlenteilers **232** nicht ausgerichtet sind, kann ein optischer Polarisationsrotator **256** an einem Punkt AA zwischen der Kopplungslinse **233** und dem Leaky-Strahlenteiler **232** von **Fig. 2a** angeordnet werden. Der optische Polarisationsrotator **256** kann eine zweite $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte einer in der Technik bekannten Version umfassen. Bei dieser Ausführungsform werden die optischen Achsen der optischen Fasern **102** alle miteinander vorausgerichtet, und die $\frac{1}{2}$ -Wellenplatte wird angeordnet, um eine optische Drehung der P-Polarisation des abgehenden Laserstrahls **291** in die Ebene der durch Biegen induzierten Achsen des Satzes von optischen Lo-Bi-Fasern **102** bereitzustellen.

[0042] Bei der oben erwähnten Ausführungsform von **Fig. 1a** wird der Satz von optischen Fasern **102** jeweils um das Optikmodul **103** zu jeweiligen schwebenden optischen Köpfen **106** weitergeleitet. Das Weiterleiten der optischen Fasern **102** zu den beabstandeten Köpfen **106** veranlasst, dass jede optische Faser einen geringfügig unterschiedlichen Pfad durchläuft und somit ein unterschiedliches Biegen außerhalb der Ebene bezüglich des Auslasspunktes A erfährt. Die Biegungen außerhalb der Ebene veranlassen, dass jede optische Lo-Bi-Faser **102** durch Biegen induzierte Achse umfasst, die sich in der Orientierung bezüglich einander und/oder mit dem Leaky-Strahlenteiler **232** geringfügig verändern. Die Variationen zwischen den durch Biegen außerhalb der Ebene induzierten Achsen jeder optischen Faser **102** kann durch einen optischen Polarisationsrotator **256** ausgeglichen werden, der dynamisch einstellbar ist, um die lineare Polarisation des abgehenden Laserstrahls **291** beispielsweise durch einen $\frac{1}{4}$ -Wellenplattenverzögerer einer in der Technik bekannten Art zu drehen, der mit 45 Grad bezüglich der Achsen eines zweiten variablen Flüssigkristallverzögerers gekoppelt ist (in **Fig. 2e** dargestellt). Die Polarisationsrotation wird durch elektrisches Steuern der Verzögerung des variablen Flüssigkristalls erreicht. Ein variabler optischer Polarisationsrotator, wie er oben beschrieben ist, ist als ein LPR 100 660 verfügbar, der von Meadowlark Optics, Frederick, CO., 805030 hergestellt wird. Der optische Polarisationsrotator **256** kann ebenfalls durch eine mechanische Betätigung der Rotation ermöglicht werden. Der Betrag der Polarisationsrotation, der für die Ausrichtung mit den induzierten Achsen jeder optischen Faser **102** notwendig ist, kann während eines Kalibrationsschrittes bestimmt werden, so dass beim Betrieb, ein Umschalten zwischen den optischen Fasern **102** auftritt, eine Steuerung, die der bestimmten verwendeten opti-

schen Faser **102** entspricht, an den optischen Polarisationsrotator **256** in einer Vorwärtszuführart angelegt wird, um die erforderliche Polarisationsrotation bereitzustellen.

[0043] Ohne das oben erwähnte Biegen in der Ebene der optischen Fasern **102**, wie beispielsweise bei einer Ausführungsform, bei der der durch die optischen Fasern **102** durchlaufene optische Pfad mit minimalem Biegen beibehalten wird, ist offensichtlich, dass die optische Phasenverzögerung nicht notwendigerweise erforderlich sein würde. Ohne das oben erwähnte Biegen außerhalb der Ebene der optischen Fasern **102**, wie beispielsweise bei einer Ausführungsform, bei der nur eine einzige Lo-Bi-Faser **102** verwendet wird, um Information an eine einzige MO-Platte **107** zu übertragen, ist offensichtlich, dass die optische Polarisationsrotation nicht notwendigerweise erforderlich sein würde. Bei anderen Ausführungsformen, bei denen sowohl das Biegen in der Ebene als auch außerhalb der Ebene vorhanden ist, können sowohl die optische Phasenverzögerung als auch die optische Polarisationsrotation erforderlich sein. Es sollte daher offensichtlich sein, dass die Erfindung nicht auf die oben erläuterten Ausführungsformen sondern nur auf den Schutzbereich der nachfolgenden Ansprüche begrenzt sein sollte.

[0044] Bei einer in **Fig. 2f** dargestellten vierten Ausführungsform wurde festgestellt, dass eine unerwünschte Reflexion von den proximalen Enden des Satzes von optischen Fasern **102** den Rauschabstand (SNR) verschlechtern kann, wodurch der reflektierte Strahl **292** eine Komponente einer Reflexion des Strahls **291** von den proximalen Enden enthalten könnte, was zu einem reflektierten Strahl **293** führt, der $E(t) + E(t + \tau)$ umfasst. In einem derartigen Fall kann die Erfindung eine FP-Laserquelle **231** umfassen, die mit einem Lastzyklus von 50% oder weniger und mit einer Modulationsfrequenz von ungefähr 350 mHz an und ausgepulst wird. Das Pulsen des Lasers **231** ermöglicht, dass die reflektierten Pulse des Strahls **292** von dem Strahl **291** zeitlich getrennt werden, um dadurch die Interferenz zwischen den beiden Impulsszügen zu verringern und somit den SNR des erfassten Kerr-Signals wirksam zu erhöhen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform wird mit einer optischen Faser **102** mit einem Brechungsindex von 1,5 die Länge jeder optischen Faser **102** ausgewählt, um ungefähr 71,35 mm zu sein. Die Beziehung zwischen der Modulationsfrequenz (F) und der Länge (L) der optischen Fasern **102** ist in der Gleichung $F = c(2i + 1)/4Ln$ verkörpert, $i = 0, 1, 2, \dots$, wobei c die Lichtgeschwindigkeit und n = Brechungsindex der Faser ist. Die Länge des Satzes von optischen Fasern **102** wird ausgewählt, um eine ordnungsgemäße zeitliche Trennung der Impulsszüge sicherzustellen. Es ist offensichtlich, dass bei anderen Ausführungsformen die Länge der optischen Fasern **102** in Übereinstimmung mit anderen Brechungsindizes und anderen Impulsfrequenzen ausgewählt werden kann, und somit die Erfindung nur durch den Schutzbereich der

Ansprüche begrenzt sein sollte. Obwohl die Erfindung die Verwendung von optischen Fasern mit niedriger Doppelbrechung beschreibt, ist es offensichtlich, dass das Pulsen des Lasers und das Auswählen einer geeigneten optischen Faserlänge, wie es bei der vierten Ausführungsform beschrieben ist, ebenfalls verwendet werden kann, um den SNR bei einer Ausführungsform zu erhöhen, die optische Fasern mit hoher Doppelbrechung (d. h. polarisations-beibehaltende optische Fasern) verwendet.

[0045] **Fig. 4a–g** veranschaulichen einen magneto-optischen Kopf der Erfindung bei verschiedenen Ansichten. Der Satz von schwebenden MO-Köpfen kann mit Bezug auf einen einzigen repräsentativen schwebenden MO-Kopf **106** dargestellt werden. Ein einziger repräsentativer fliegender MO-Kopf **106** ist in **Fig. 4b** gezeigt, um jeweils über einer Oberflächenaufzeichnungsschicht **349** eines Satzes von sich drehenden MO-Platten **107** positioniert zu werden. Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der schwebende MO-Kopf **106**: einen Körper **444**, eine Luftlageroberfläche **447**, eine lenkbare mikro-maschinell bearbeitete Spiegelanordnung **400**, eine Objektivoptik **446** und eine Magnetspule **460**. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist die Magnetspule **460** eine Mikro-Spule mit mehrfachen Wicklungen, die nahe der Luftlageroberfläche **447** positioniert ist, um ein Magnetfeld zu erzeugen, das ungefähr 300 Oersted jeder Polarität, in einer Zeit von ungefähr 4 ns reversibel und ungefähr senkrecht zu der Ebene der sich drehenden MO-Platte **107** ist. Die lenkbare mikro-maschinell bearbeitete Spiegelanordnung **400** wird in der gemeinsam zugewiesenen US Patent Anmeldung 08/844 207 beschrieben. Vorzugsweise sollte die Magnetspule nicht die abgehenden und reflektierten Laserstrahlen **291** und **292** während des Durchlaufens durch den schwebenden MO-Kopf **106** zu der sich drehenden MO-Platte **107** oder umgekehrt stören. Wie es durch mechanische Abmessungen und/oder optische Eigenschaften der oben erwähnten Elemente bestimmt wird, die den fliegenden MO-Kopf **106** umfassen, weist der Körper **444** eine Höhe von ungefähr 889 μm und einen planaren Fussabdruckbereich auf, der demjenigen von 2032 $\mu\text{m} \times 1600 \mu\text{m}$ entspricht. Die optische Faser mit niedriger Doppelbrechung **102** ist vorzugsweise mit dem schwebenden MO-Kopf **106** gekoppelt und wird entlang einer Achse des Körpers **444** durch eine V-Rille **443** oder einen anderen, geeignet dimensionierten Kanal gehalten. Die optische Faser **102** ist innerhalb der V-Hülle **443** positioniert, um den abgehenden Laserstrahl **291** als einen optimal fokussierten interessierenden Punkt **340** vorzugsweise auf die MO-Platte **107** zu richten. Die optische Faser **102** kann anschließend an Ort und Stelle durch Verwenden eines ultravioletten Ausheilepoxids oder eines ähnlichen Klebstoffs gesichert werden. Die Verwendung der optischen Faser **102** innerhalb einer V-Rille ermöglicht eine genaue Ausrichtung und Lieferung des abgehenden Laserstrahls **291** bezüglich der klei-

nen Spiegelanordnung **400**. Die lenkbare, mikro-maschinell bearbeitete Spiegelanordnung **400** und die Objektivoptik **446** sind vorzugsweise kompakt und weisen eine niedrige Masse auf, um innerhalb eines physikalischen Volumens zu passen, das ungefähr durch die rechtwinkligen äußeren Abmessungen des Körpers **444** definiert wird, und noch ausreichend groß sind, um einen vollen Querschnitt der abgehenden und reflektierten Laserstrahlen **291** und **292** zu lenken, so dass minimale Leistung verloren geht, und eine bedeutende Verzerrung und Aberrationen in die abgehenden und reflektierten Laserstrahlen **291** und **292** nicht einzuführen. Das Profil, das Gewicht und die Ausgestaltung des MO-Kopfes **106** werden weiter durch die Verwendung der optischen Fasern mit niedriger Doppelbrechung **102** der Erfindung dadurch vereinfacht, dass eine $\frac{1}{4}$ -Wellenplatte nicht als eine zusätzliche optische Komponente zum Gebrauch an dem schwebenden MO-Kopf **106** erforderlich ist, wie es erforderlich ist, wenn die polarisations-beibehaltenden optischen Fasern des Stands der Technik verwendet werden.

[0046] Die lenkbare mikro-gefertigte Spiegelanordnung **400** ist vorzugsweise in dem repräsentativen optischen Pfad ausgerichtet, um den abgehenden Laserstrahl **291** durch die Objektivoptik **446** zu der MO-Platte **107** hin und um den reflektierten Laserstrahl **292** von der MO-Platte **107** zu der Laseroptikanordnung **101** zurück zu lenken. Bei einer Ausführungsform kann die Objektivoptik **446** eine Mikrolinse mit einer numerischen Apertur (NA) von ungefähr 0,67 sein. Da die Schwebehöhe über der Luftlageroberfläche **447** auf einem konstanten Wert gehalten wird, ist ein Fokussierungsservo nicht notwendigerweise erforderlich.

[0047] Wie es bei dem magneto-optischen Speicher- und Wiedergewinnungssystem **100** verwendet wird, werden eine feine Verfolgung und kurze Suchvorgänge zu nahe gelegenen Spuren durch Drehen eines reflektierenden zentralen Spiegelabschnitts **420** (versteckt durch gepunktete Linien in **Fig. 4a** gezeigt) der lenkbaren mikro-gefertigten Spiegelanordnung **400** um eine durch einen Satz von Gelenken **410** eingeschränkte Drehachse durchgeführt, so dass der Fortpflanzungswinkel des abgehenden Laserstrahls **291** vor der Übertragung an die Objektivoptik **446** geändert wird. Der reflektierende zentrale Spiegelabschnitt **420** wird um durch die Gelenke **410** gebildeten Achsen durch Anlegen einer Differentialspannung an die Antriebselektroden gedreht. Die Differentialspannung erzeugt eine elektrostatische Kraft, die ermöglicht, dass der fokussierte interessierende Punkt **340** in der radialen Richtung **450** auf dem MO-Medium **107** bewegt wird. Bei einer beispielhaften Ausführungsform dreht sich der zentrale Spiegelabschnitt **420** um etwa ± 2 Grad, was ungefähr ± 4 Spuren auf der Oberfläche der MO-Platte **107** äquivalent ist. Obwohl bei der beispielhaften Ausführungsform eine Bewegung von ± 4 Spuren abhängig von den gewünschten Leistungsigen-

schaften des oben beschriebenen lenkbaren mikrogefertigten Spiegels **400** offenbart ist, ist offensichtlich, dass ein Bewegungsbereich größer oder kleiner als ± 4 Spuren ebenfalls möglich ist. Folglich kann die Bewegung des fokussierten Punktes von Interesse **340** über die MO-Platte **107** und die Erfassung des reflektierten Laserstrahls **292** bei der Speicherung und Wiedergewinnung von Information, bei der Spurverfolgung und Suchvorgängen von einer Spur zu einer anderen Datenspur verwendet werden. Eine grobe Verfolgung kann durch Einstellen eines Stroms an einer drehbaren Aktuarmagnet- und Spulenordnung **120** beibehalten werden (**Fig. 1a**). Die Spurfolgesignale, die verwendet werden, um eine bestimmte Spur der MO-Platte **107** zu verfolgen, können unter Verwendung von kombinierten groben und feinen Verfolgungsservo-Techniken hergeleitet werden, die in der Technik bekannt sind. Beispielsweise kann ein abgetastetes Sektorservoformat verwendet werden, um Spuren zu definieren. Das Servoformat kann entweder geprägte Bits, die in die MO-Platte **107** gestempelt sind, oder magnetische Bereichsorientierungen, die ähnlich der Datenmarken gelesen werden, umfassen. Wenn geprägte Bits verwendet werden, kann eine Addierer-Ausgangsschaltung verwendet werden, um den Differentialverstärker **237** zu ergänzen (**Fig. 2**). Fachleute werden erkennen, dass herkömmliche vorbekannte Winchester-Magnetplattenlaufwerke mit Mehrfachmagnetplatten einen Satz von jeweiligen Aufhängungen und Aktuatorarmen verwenden, die sich in Tandem als eine integrierte Einheit bewegen. Daher ist, da jeder schwebende Kopf einer derartigen integralen Einheit bezüglich eines anderen schwebenden Kopfes festgelegt ist, während der Spurverfolgung einer bestimmten magnetischen Plattenoberfläche, eine gleichzeitige Spurverfolgung einer anderen Magnetplattenoberfläche nicht möglich. Im Gegensatz dazu kann ungeachtet der Bewegung des Satzes von Aktuatorarmen **105** und des Satzes von Aufhängungen **130**, ein Satz von lenkbaren mikrogefertigten Spiegelanordnungen **400** verwendet werden, um unabhängig zu arbeiten und somit eine Spurverfolgung und Suchvorgänge zu ermöglichen, um Informationen mittels mehr als einer MO-Plattenoberfläche zu einer gegebenen Zeit zu lesen und/oder zu schreiben. Eine unabhängige Spurverfolgung und Suchvorgänge mittels des Satzes von gleichzeitig arbeitenden, lenkbaren, mikrogefertigten Anordnungen **400** würde vorzugsweise einen Satz von getrennten jeweiligen Lesekanälen und feiner Spurelektronik und Spiegelantriebslektronik erfordern. Da die oben erwähnte Ausführungsform ebenfalls vorzugsweise die Verwendung getrennter Laseroptikanordnungen **100** erfordern würde, würde ein optischer Schalter **104** zur Umschaltung zwischen jedem der getrennten optischen Pfade nicht notwendigerweise erforderlich sein.

[0048] **Fig. 5a** veranschaulicht ein magneto-optisches Datenspeicher- und Wiedergewinnungssystem als Teil eines magneto-optischen Plattenlauf-

werks. Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das magneto-optische System **100** ein kompaktes MO-Plattenlaufwerk mit hoher Geschwindigkeit und hoher Kapazität **500**, das einen 5,25-Zoll-Halbhöhe-Formfaktor (1,625 Inch) gemäß einem Industriestandard, mindestens 6 doppelseitige MO-Platten **107** und mindestens 12 schwebende MO-Köpfe **10** umfasst. Wie es oben erläutert ist, können die schwebenden MO-Köpfe **106** hergestellt werden, um optische Fasern **102** als Teil eines optischen NA-Systems mit einer sehr kleinen Masse und niedrigem Profil zu umfassen, um die Verwendung mehrerer MO-Platten **107** mit einem sehr engen Abstand innerhalb des MO-Plattenlaufwerks **500**, und daher eine höhere Flächen- und Volumen- und Speicherkapazität zu umfassen, als bei einem äquivalenten Volumen des Stands der Technik erlaubt ist. Bei der bevorzugten Ausführungsform ist ein Abstand zwischen jeder der MO-Platten **107** kleiner als oder gleich 4,62 mm (0,182 inch). Die Erfindung stellt fest, dass ein Polarisationszustand durch optische Fasern mit niedriger Doppelbrechung **102** mit verringertem Rauschen gegenüber dem übertragen werden kann, wenn er durch polarisations-beibehaltende optische Faser übertragen wird.

[0049] Bei einer in **Fig. 5** gezeigten alternativen Ausführungsform kann das MO-Plattenlaufwerk mit Halbhöhenformfaktor **500** einen entfernbaren MO-Plattenkassettenabschnitt **510** und zwei feste interne MO-Platten **107** umfassen. Durch Bereitstellen des entfernbaren MO-Plattenkassettenabschnitts **510** erlauben die festen internen und entfernbaren Kombinationen, dass eine externe Information wirksam an das MO-Plattenlaufwerk **500** für einen anschließenden Transfer an die internen MO-Platten **107** geliefert wird. Die kopierte Information kann anschließend auf den entfernbaren MO-Plattenkassettenabschnitt **510** zur Verteilung an andere Computersysteme zurück aufgezeichnet werden. Außerdem ermöglicht der entfernbare MO-Plattenkassettenabschnitt **510** eine sehr zweckmäßige Sicherungsspeicherung mit hoher Geschwindigkeit der sich drehenden internen MO-Platten **107**. Die feste interne und entfernbare Kombination ermöglicht ebenfalls die Speicherung von Datendateien auf dem entfernbaren MO-Plattenkassettenabschnitt **510** und Systemdateien und Softwareanwendungen auf den sich drehenden, internen MO-Platten **107**. Bei einer alternativen Ausführungsform (nicht gezeigt) kann ein MO-Plattenlaufwerk **500** umfassen: eine beliebige Anzahl (einschließlich 0) von internen MO-Platten **107** und/oder eine beliebige Anzahl von MO-Platten **107** innerhalb einer beliebigen Anzahl von entfernbaren MO-Plattenkassettenabschnitten.

[0050] Die Erfindung erfordert nicht notwendigerweise die Verwendung von drehbaren Aktuatorarmen, beispielsweise können lineare Aktuatorarme verwendet werden. Die durch die Erfindung offenbarten optischen Pfade mit niedrigem Profil können verwendet werden, um Information zu und von einer

Speicherstelle zu übertragen, ohne dass Objektivoptik (z. B. Verwenden einer sich verjüngenden optischen Faser oder einer optischen Faser mit einer an einem Ende ausgebildeten Linse), und/oder reflektierende Substrate (z. B. Verwenden einer gekrümmten optischen Faser, um Information entlang Oberflächen des magneto-optischen Kopfes **106** zu übertragen) erforderlich sind.

[0051] Es ist offensichtlich, dass die Erfindung Anwendung in einer Vielfalt von Umgebungen, wie beispielsweise andere Arten von optischen Laufwerken, Kommunikationssystemen und dergleichen, finden kann.

Patentansprüche

1. Optikanordnung (**101**) für ein Datenspeichersystem, wobei mindestens eine optische Faser (**102**) zum Leiten von Licht in zwei Richtungen mit der Optikanordnung (**101**) optisch gekoppelt ist, wobei die Optikanordnung (**101**) umfasst:
einen ersten Strahlenteiler (**232**) der mit einem Ende der zumindest einen optischen Faser (**102**) optisch gekoppelt ist;
ein optische Phasenverzögerungsmodul (**253**; **254**; **255**; **257**), das mit einer anderen Seite des ersten Strahlenteilers (**232**) optisch gekoppelt ist; und
einen zweiten Strahlenteiler (**239**), der mit dem optischen Phasenverzögerungsmodul (**253**; **254**; **255**; **257**) optisch gekoppelt ist;
dadurch gekennzeichnet, dass
die zumindest eine optische Faser (**102**) eine optische Faser mit niedriger Doppelbrechung ist; und
das optische Phasenverzögerungsmodul (**253**; **254**; **255**; **257**) angepasst ist, um die Verschiebung in den Polarisationslichtkomponenten infolge eines Biegens in der mindestens einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung um eine mit der Achse des ersten Strahlenteilers ausgerichteten Achse auszugleichen.

2. Optikanordnung gemäß Anspruch 1, ferner mit einem optischen Polarisationsrotator (**256**), der zwischen dem ersten Strahlenteiler (**232**) und einer Linse (**233**) optisch gekoppelt ist, und wobei der optische Polarisationsrotator (**256**) angepasst ist, um die Verschiebung in den Polarisationslichtkomponenten auf Grund eines Biegens in der zumindest einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung um eine Achse senkrecht zu der Achse des ersten Strahlenteilers auszugleichen.

3. Optikanordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der der erste Strahlenteiler einen Leaky-Beam-Splitter (**232**) umfasst.

4. Optikanordnung gemäß Anspruch 3, bei der der zweite Strahlenteiler einen polarisierenden Strahlenteiler (**239**) umfasst.

5. Optikanordnung gemäß Anspruch 4, bei der das Phasenverzögerungsmodul ein optisches Phasenverzögerungselement (**255**) umfasst, das mit einer ersten 1/2-Wellenplatte (**253**) optisch gekoppelt ist.

6. Optikanordnung gemäß Anspruch 3 oder 4, bei der das Phasenverzögerungsmodul eine 1/4-Wellenplatte (**254**) umfasst, die mit einer rotierenden 1/2-Wellenplatte (**257**) optisch gekoppelt ist.

7. Optikanordnung gemäß Anspruch 3, bei der das Phasenverzögerungsmodul eine 1/4-Wellenplatte (**254**) umfasst, die mit dem zweiten Strahlenteiler optisch gekoppelt ist, und wobei der zweite Strahlenteiler ein dynamisch rotierender Polarisationsstrahlenteiler (**239**) ist.

8. Optikanordnung gemäß Anspruch 2, bei der der optische Polarisationsrotator (**256**) eine zweite 1/2-Wellenplatte aufweist.

9. Optikanordnung gemäß Anspruch 3 oder 4, ferner mit einem Fabry-Perot-Laser (**231**), der mit dem Leaky-Beam-Splitter (**232**) optisch gekoppelt ist, wobei ein Fabry-Perot-Laser (**231**) mit einer bestimmten Frequenz moduliert wird.

10. Optikanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der das Datenspeichersystem ein magnetooptisches Plattensystem umfasst.

11. Datenspeichersystem mit:
einer Optikanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10;
einem Speichermedium; und
mindestens einem Aufzeichnungskopf (**106**), der einen Lichtstrahl zum Lesen von Daten aus und Schreiben von Daten in das Speichermedium verwendet, wobei der Aufzeichnungskopf (**106**) mit einer der optischen Fasern mit niedrigerer Doppelbrechung (**102**) gekoppelt ist.

12. Datenspeichersystem gemäß Anspruch 11, bei der das Optiksyste einen mit der Optikanordnung gekoppelten Optikschanter umfasst.

13. Datenspeichersystem gemäß Anspruch 12, bei der die Optikanordnung ferner eine Lichtquelle (**231**) umfasst.

14. Datenspeichersystem gemäß Anspruch 11, bei dem das Speichermedium eine Mehrzahl magnetooptischer Platten (**107**) enthält, wobei eine Beabstandung zwischen jeder magnetooptischen Platte ein Abstand von 4,52 mm (0,182 Zoll) oder weniger ist.

15. Datenspeichersystem gemäß Anspruch 11, bei dem das Speichermedium zumindest einen entfernbaren magnetooptischen Plattenkassettenab-

schnitt (**510**) und mindestens eine feststehende interne magnetooptische Platte (**107**) enthält.

16. Verfahren zum Kompensieren der Verschiebung in der Polarisationslichtkomponente in einem Datenspeichersystem auf Grund einer Biegung in der zumindest einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung (**102**) um eine Achse, die mit der Achse eines ersten Strahlenteilers (**232**) ausgerichtet ist, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Übertragen eines ersten Lichtstrahls in einer ersten Richtung durch den ersten Strahlenteiler (**232**) zu dem Speichermedium hin, der mit einem Ende der zumindest einen optischen Faser, mit niedriger Doppelbrechung (**102**) optisch gekoppelt ist;

Übertragen eines zweiten Lichtstrahls in einer zweiten Richtung, geführt von der Faser aus dem Speichermedium durch ein optisches Phasenverzögerungsmodul (**253; 254; 255; 257**), das mit dem ersten Strahlenteiler (**232**) optisch gekoppelt ist; und

Übertragen des zweiten Lichtstrahls durch einen zweiten Strahlenteiler (**239**), der mit der anderen Seite des optischen Phasenverzögerungsmoduls (**253; 254; 255; 257**) optisch gekoppelt ist, wobei das optische Phasenverzögerungsmodul die Verschiebung in den Polarisationslichtkomponenten auf Grund des Biegens in der zumindest einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung um eine mit der Achse des ersten Strahlenteilers ausgerichteten Achse auszugleichen.

17. Verfahren gemäß Anspruch 16, bei dem der Schritt des Übertragens des ersten Lichtstrahls durch einen ersten Strahlenteiler, der mit einem Ende der zumindest einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung (**102**) optisch gekoppelt ist, den Schritt des Übertragens des ersten Lichtstrahls durch einen Leaky-Beam-Splitter (**232**) umfasst, der mit dem einen Ende der zumindest einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung (**102**) optisch gekoppelt ist.

18. Verfahren gemäß Anspruch 17, bei dem der Schritt des Übertragens des zweiten Lichtstrahls durch einen zweiten Strahlenteiler den Schritt des Übertragens des zweiten Lichtstrahls durch einen polarisierenden Strahlenteiler (**239**) umfasst.

19. Verfahren gemäß Anspruch 18, bei dem der Schritt des Übertragens des zweiten Lichtstrahls durch ein Phasenverzögerungsmodul den Schritt des Übertragens des zweiten Lichtstrahls durch ein optisches Phasenverzögererelement (**255**) und einer ersten 1/2-Wellenplatte (**253**) umfasst, wobei das optische Phasenverzögererelement (**155**) mit der ersten 1/2-Wellenplatte (**253**) optisch gekoppelt ist.

20. Verfahren gemäß Anspruch 18, bei dem der Schritt des Übertragens des zweiten Lichtstrahls durch ein Phasenverzögerungsmodul den Schritt des

Übertragens des zweiten Lichtstrahls durch eine 1/4-Wellenplatte (**254**) und eine rotierende 1/2-Wellenplatte (**257**) umfasst, wobei die 1/4-Wellenplatte (**254**) mit der rotierenden 1/2-Wellenplatte (**257**) optisch gekoppelt ist.

21. Verfahren gemäß Anspruch 18, bei dem der Schritt des Übertragens des zweiten Lichtstrahls durch ein Phasenverzögerungsmodul den Schritt des Übertragens des zweiten Lichtstrahls durch eine 1/4-Wellenplatte (**254**) umfasst, die mit dem zweiten Strahlenteiler optisch gekoppelt ist, wobei der zweite Strahlenteiler ein drehbarer Polarisationsstrahlenteiler (**239**) ist.

22. Verfahren gemäß Anspruch 18, ferner mit dem Schritt des Übertragens des ersten Lichtstrahls durch einen optischen Polarisationsrotator (**256**), der zwischen dem Leaky-Beam-Splitter (**232**) und einer Linse (**233**) optisch gekoppelt ist, wobei der optische Polarisationsrotator die Verschiebung in den Polarisationslichtkomponenten auf Grund eines Biegens in der zumindest einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung um eine Achse senkrecht zu der Achse des ersten Strahlenteilers ausgleicht.

23. Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem der Schritt des Übertragens des ersten Lichtstrahls durch einen optischen Polarisationsrotator (**256**) den Schritt des Übertragens des ersten Lichtstrahls durch eine zweite 1/2-Wellenplatte umfasst.

24. System mit einer optischen Faser, die in einem unbelasteten Zustand eine niedrige Doppelbrechung aufweist, wobei die optische Faser zum Übertragen eines ersten Lichtstrahls entlang eines ersten optischen Pfads von einem Laser hin zu einer Speicherstelle auf einer optischen Platte und zum Übertragen des ersten reflektierten Lichtstrahls zurück von der Speicherstelle angeordnet ist, wobei der erste optische Pfad einen ersten Strahlenteiler (**232**) zwischen dem Laser und der Faser umfasst, und wobei eine optische Phasenverzögerungseinrichtung (**253; 254; 255; 257**) in einem zweiten optischen Pfad angeordnet ist, um die Verschiebung in den Polarisationslichtkomponenten auf Grund einer Biegung in der zumindest einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung (**102**) um einen mit der Achse des ersten Strahlenteilers (**132**) ausgerichteten Achse auszugleichen, um den Rauschabstand der Polarisationsinformation der optischen Faser zu erhöhen, wobei der zweite optische Pfad mit dem ersten Strahlenteiler optisch gekoppelt ist.

25. System gemäß Anspruch 24, bei dem die optische Phasenverzögerungseinrichtung eine rotierende 1/2-Wellenplatte in Kombination mit einer statischen 1/4-Wellenplatte umfasst.

26. System gemäß Anspruch 24, bei dem die op-

tische Phasenverzögerungseinrichtung eine Flüssigkristallverzögerungseinrichtung und eine feststehende 1/4-Wellenplatte umfasst.

27. System gemäß Anspruch 24, bei dem die optische Phasenverzögerungseinrichtung eine feststehende 1/4-Wellenplatte und einen drehbaren Leaky-Beam-Splitter umfasst.

28. System mit einer optischen Faser, die in einem unbelasteten Zustand eine niedrige Doppelbrechung aufweist, wobei die optische Faser zum Übertragen eines ersten Lichtstrahls entlang eines ersten optischen Pfads von einem Laser hin zu einer Speicherstelle auf einer optischen Platte und zum Übertragen des ersten reflektierten Lichtstrahls zurück von der Speicherstelle angeordnet ist, wobei der erste optische Pfad einen ersten Strahlenteiler (**232**) zwischen dem Laser und der Faser umfasst, und der erste optische Pfad einen lenkbaren mikrobearbeiteten Spiegel zwischen der Faser und der Speicherstelle aufweist, und wobei eine optische Phasenverzögerungseinrichtung (**253, 254, 255, 257**) in einem zweiten optischen Pfad angeordnet ist, um die Verschiebung in den Polarisationslichtkomponenten auf Grund einer Biegung in der zumindest einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung um eine mit der Achse des ersten Strahlenteilers ausgerichteten Achse auszugleichen, wobei der zweite optische Pfad mit dem ersten Strahlenteiler optisch gekoppelt ist, und das System umfasst:

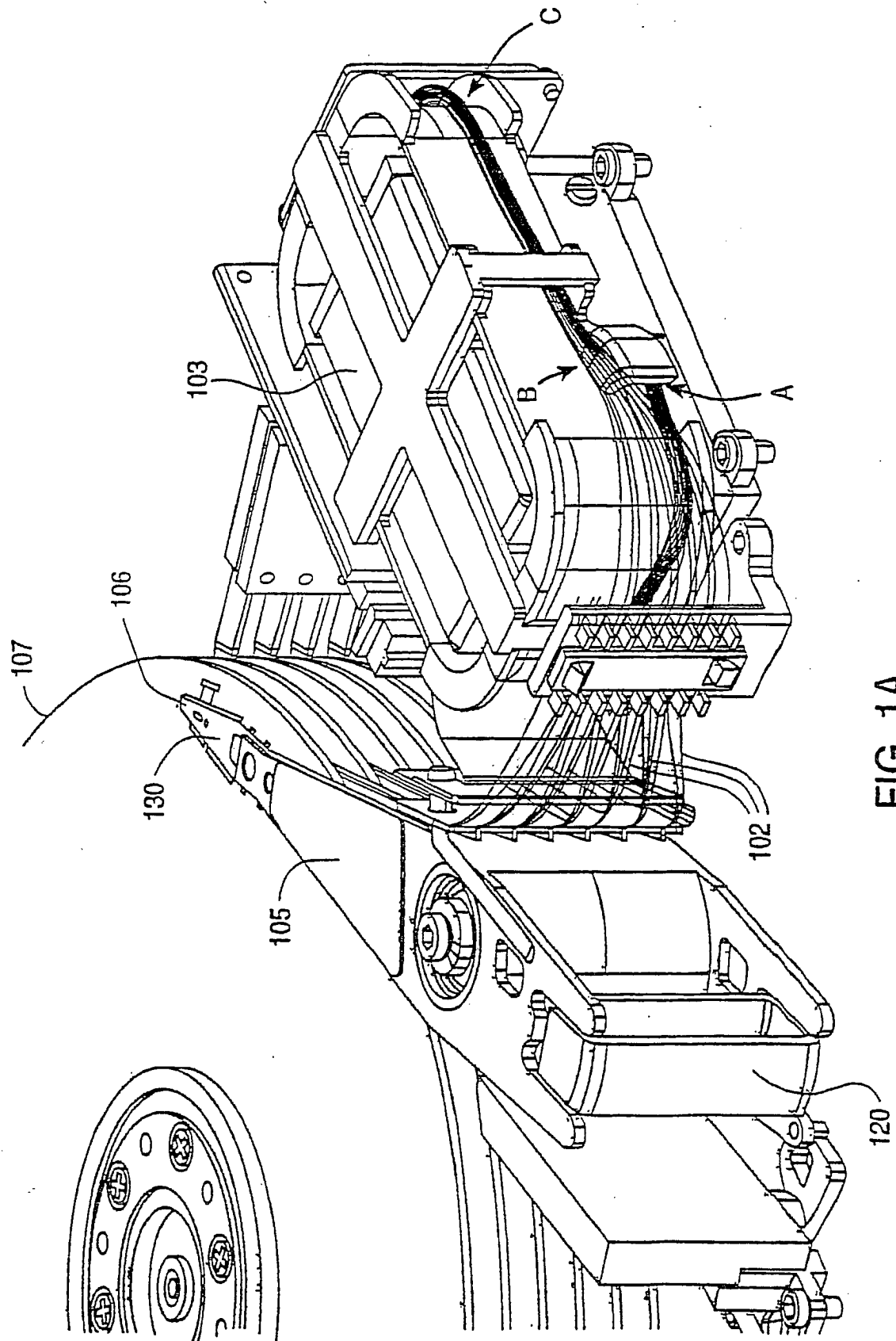
einen optischen Polarisationsrotator (**255**), wobei der Polarisationsrotator (**255**) in dem ersten optischen Pfad angeordnet ist, um die Verschiebung in den Polarisationslichtkomponenten infolge eines Biegens in der zumindest einen optischen Faser mit niedriger Doppelbrechung um eine Achse senkrecht zu der Achse des ersten Strahlenteilers auszugleichen, um den Rauschabstand der Polarisationsinformation der optischen Faser zu erhöhen.

29. System gemäß Anspruch 28, bei dem der optische Polarisationsrotator eine 1/4-Wellenplatte und eine Flüssigkristallzelle umfasst.

30. System gemäß Anspruch 28, bei dem der optische Polarisationsrotator eine 1/2-Wellenplatte umfasst.

31. System gemäß Anspruch 28, bei dem der optische Polarisationsrotator eine feststehende 1/4-Wellenplatte und eine drehbare 1/4-Wellenplatte umfasst.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen



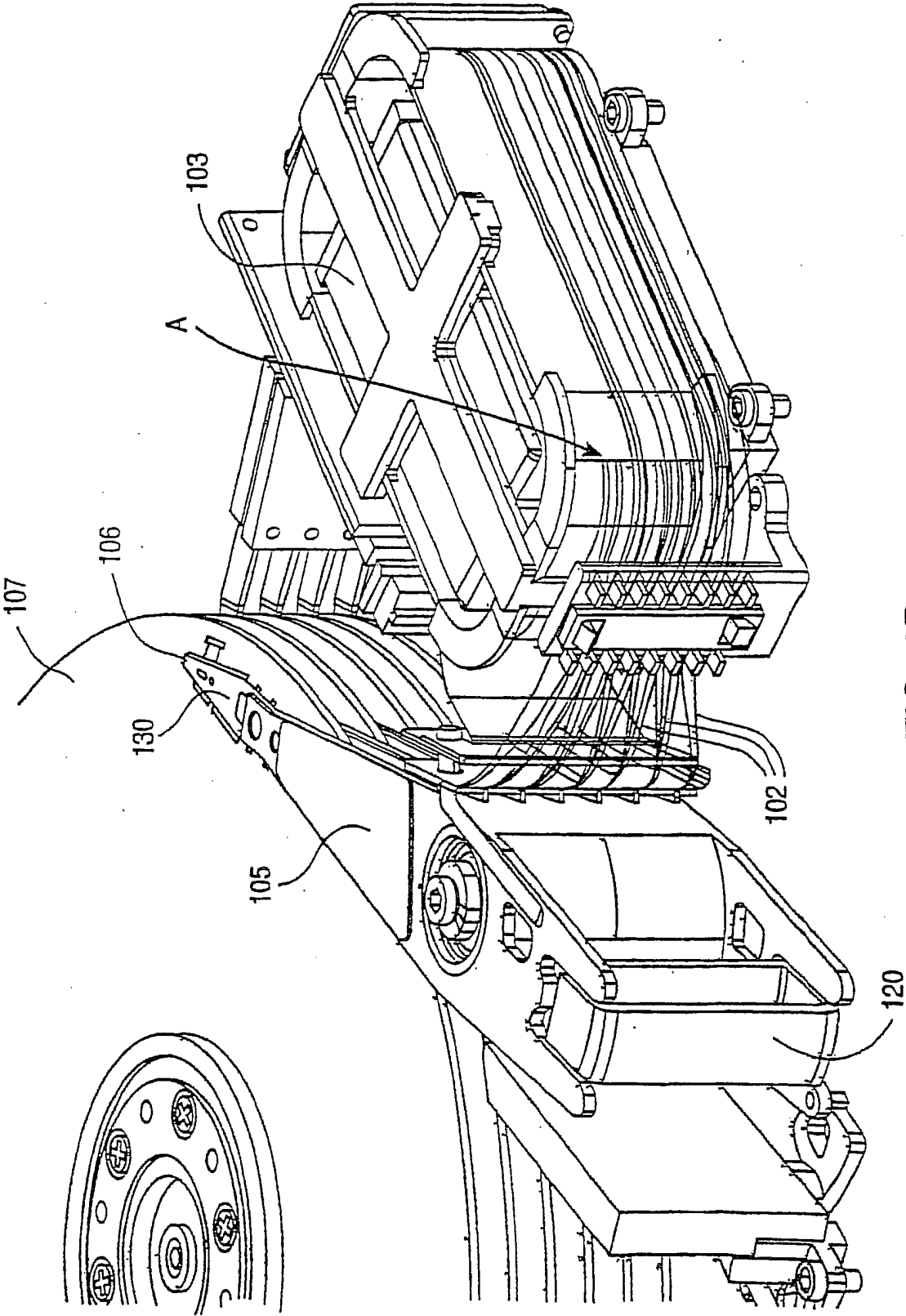


FIG. 1B

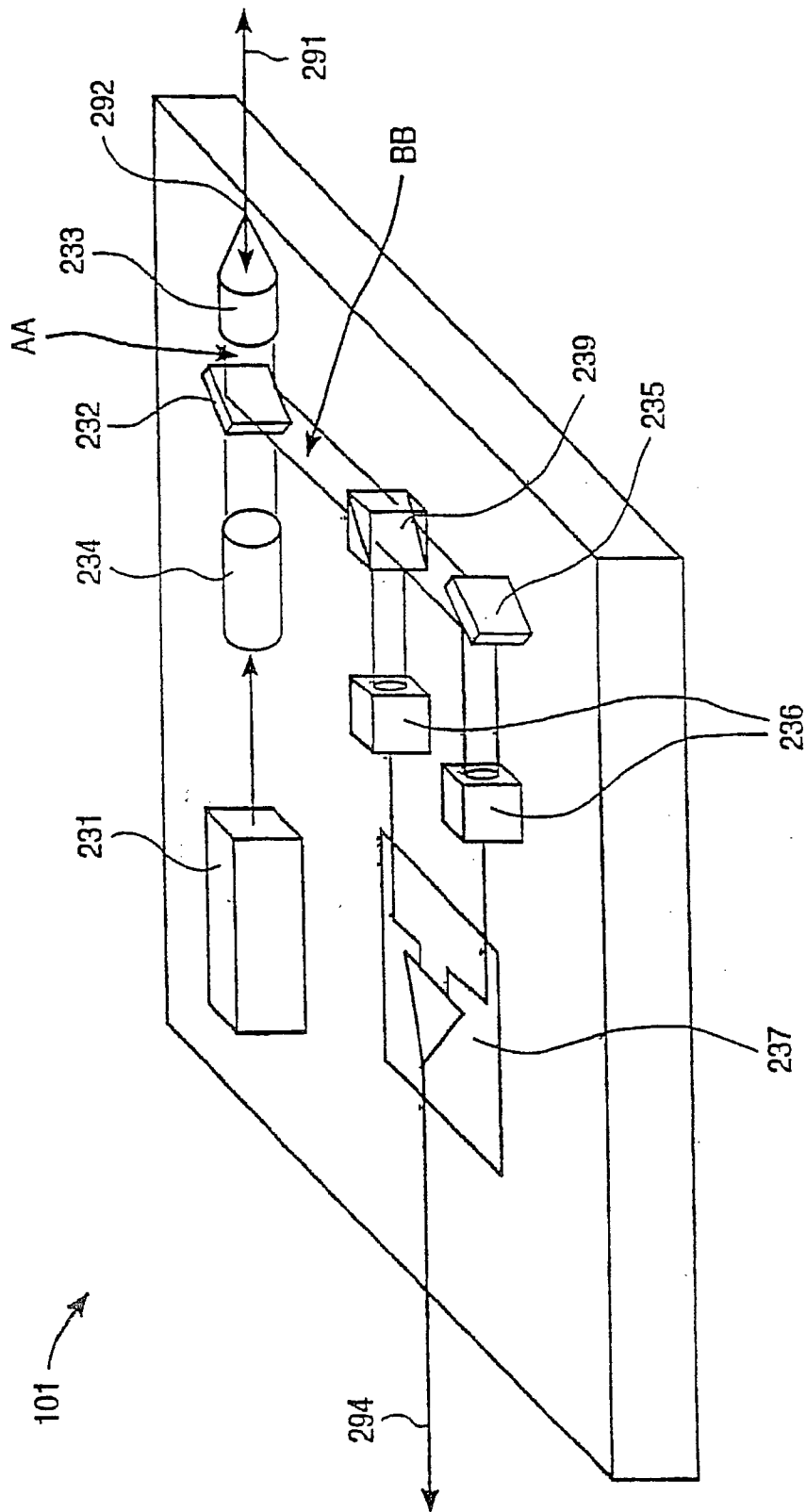


FIG. 2A

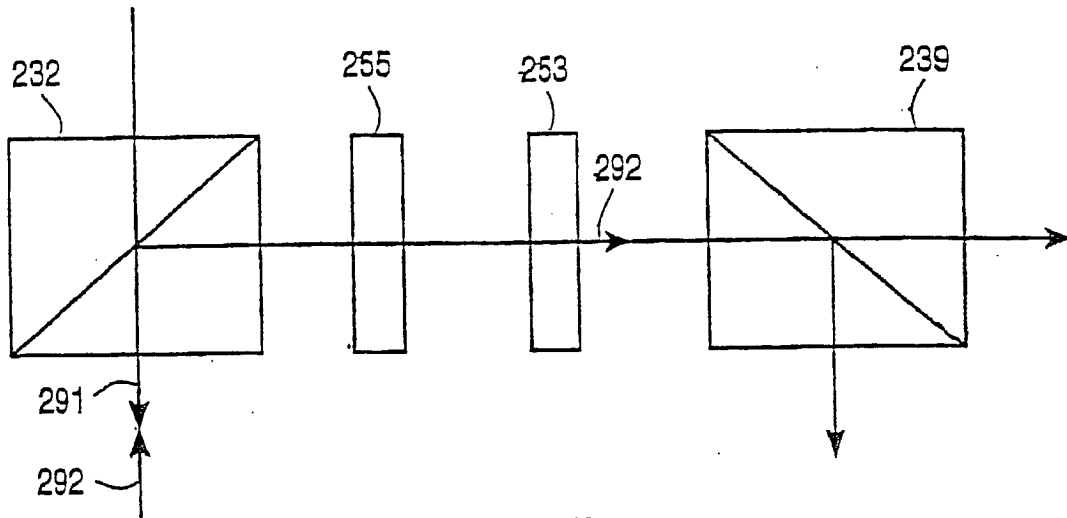


FIG. 2B

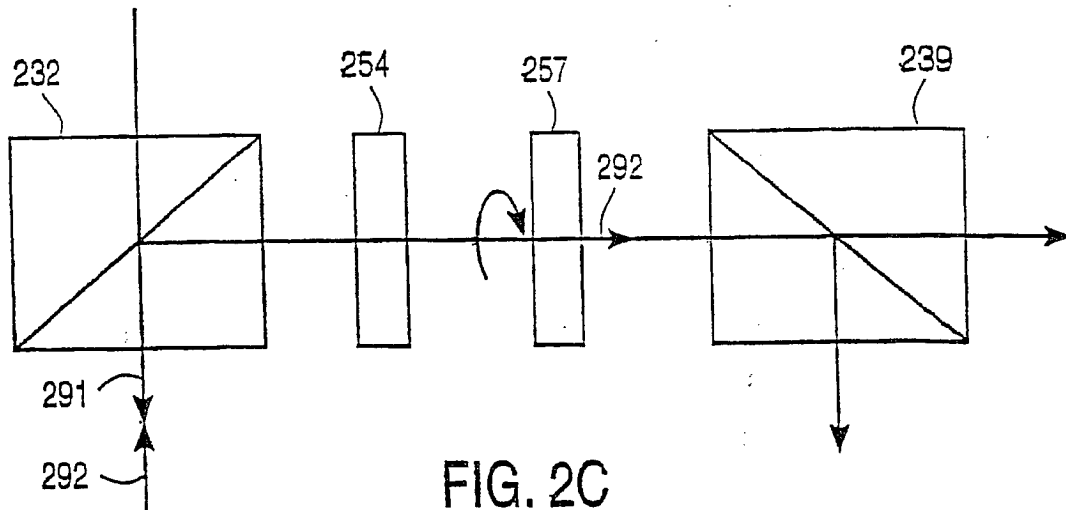


FIG. 2C

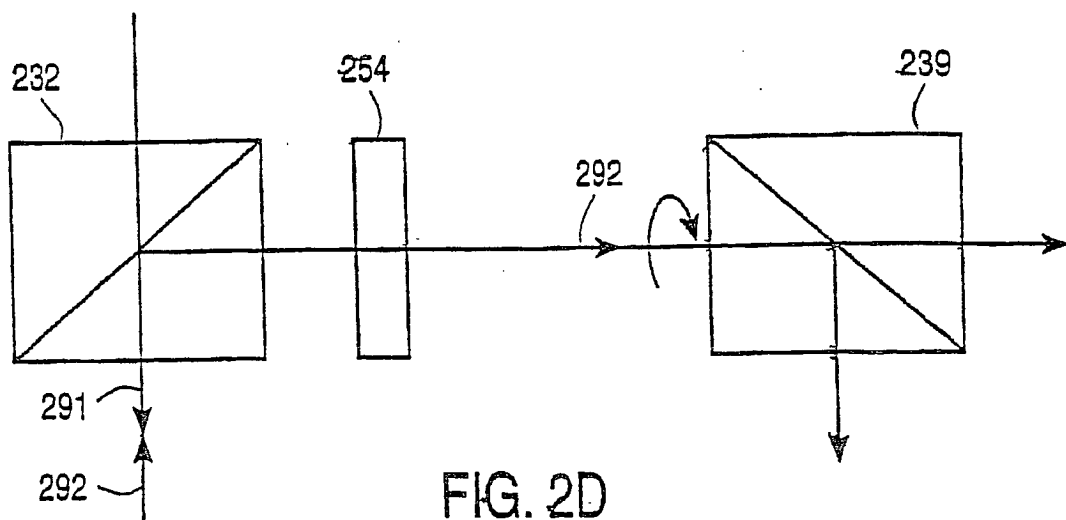


FIG. 2D

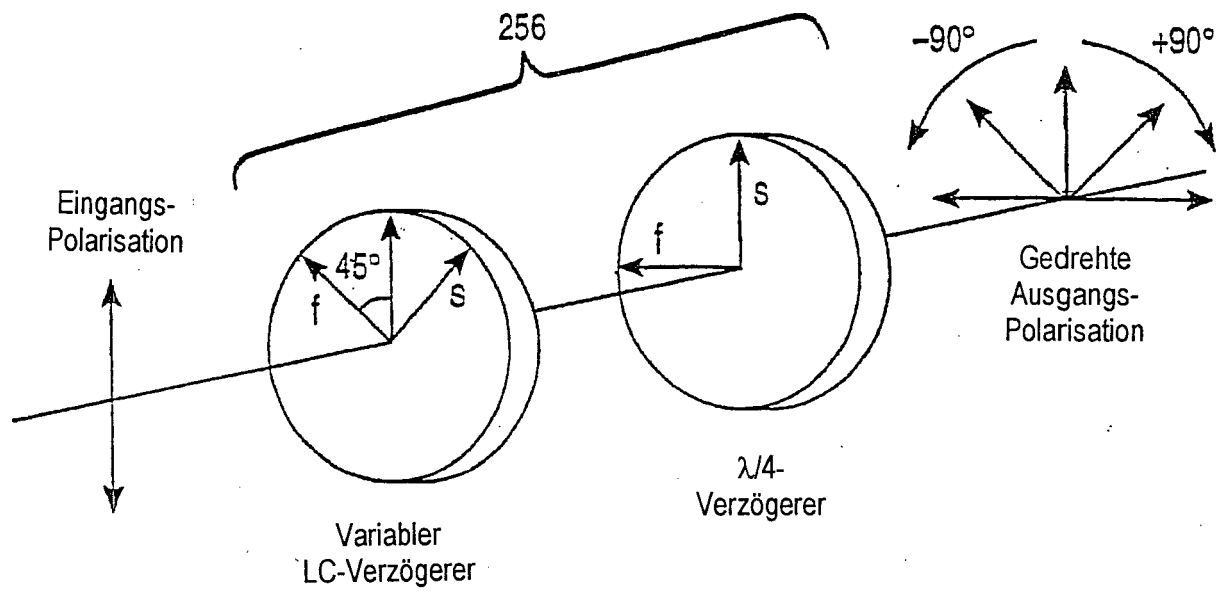


FIG. 2E

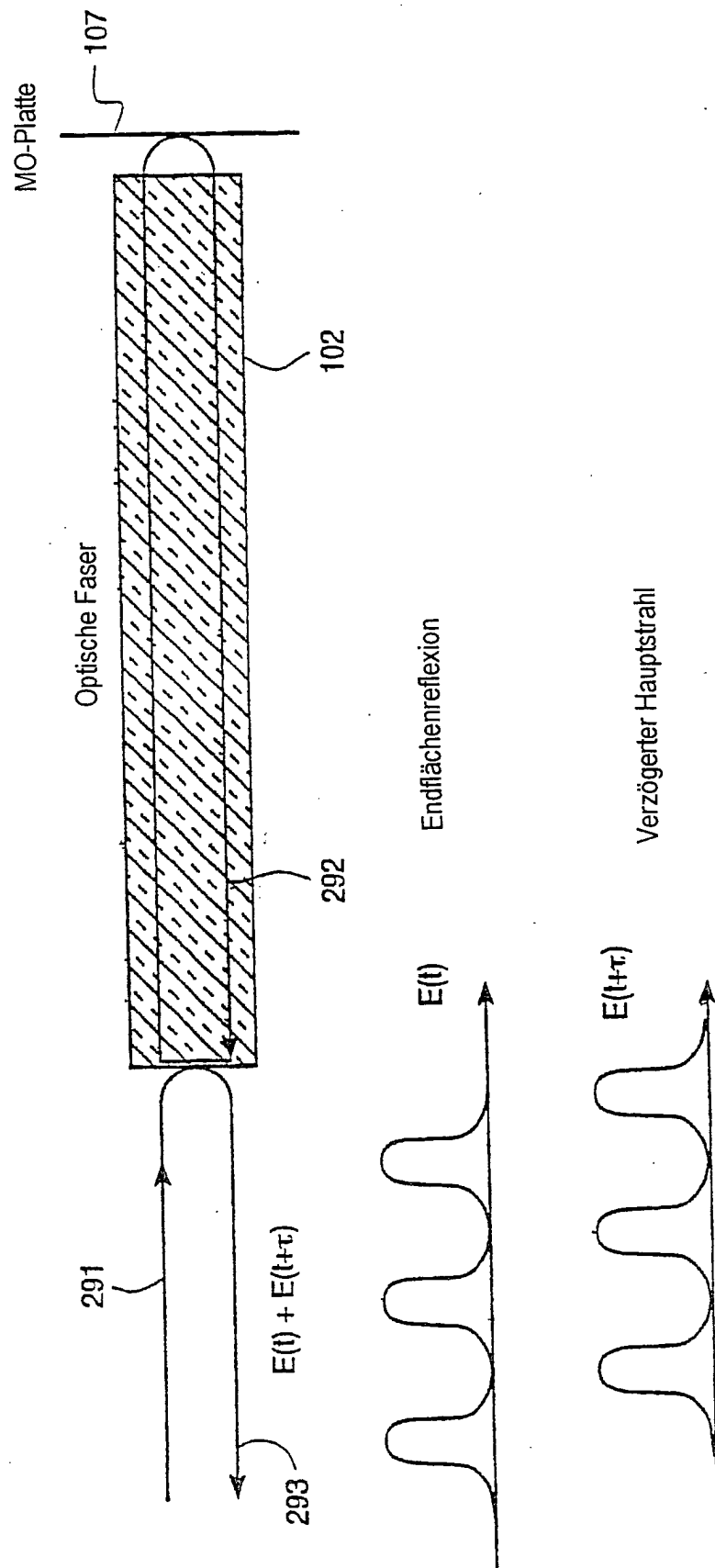


FIG. 2F

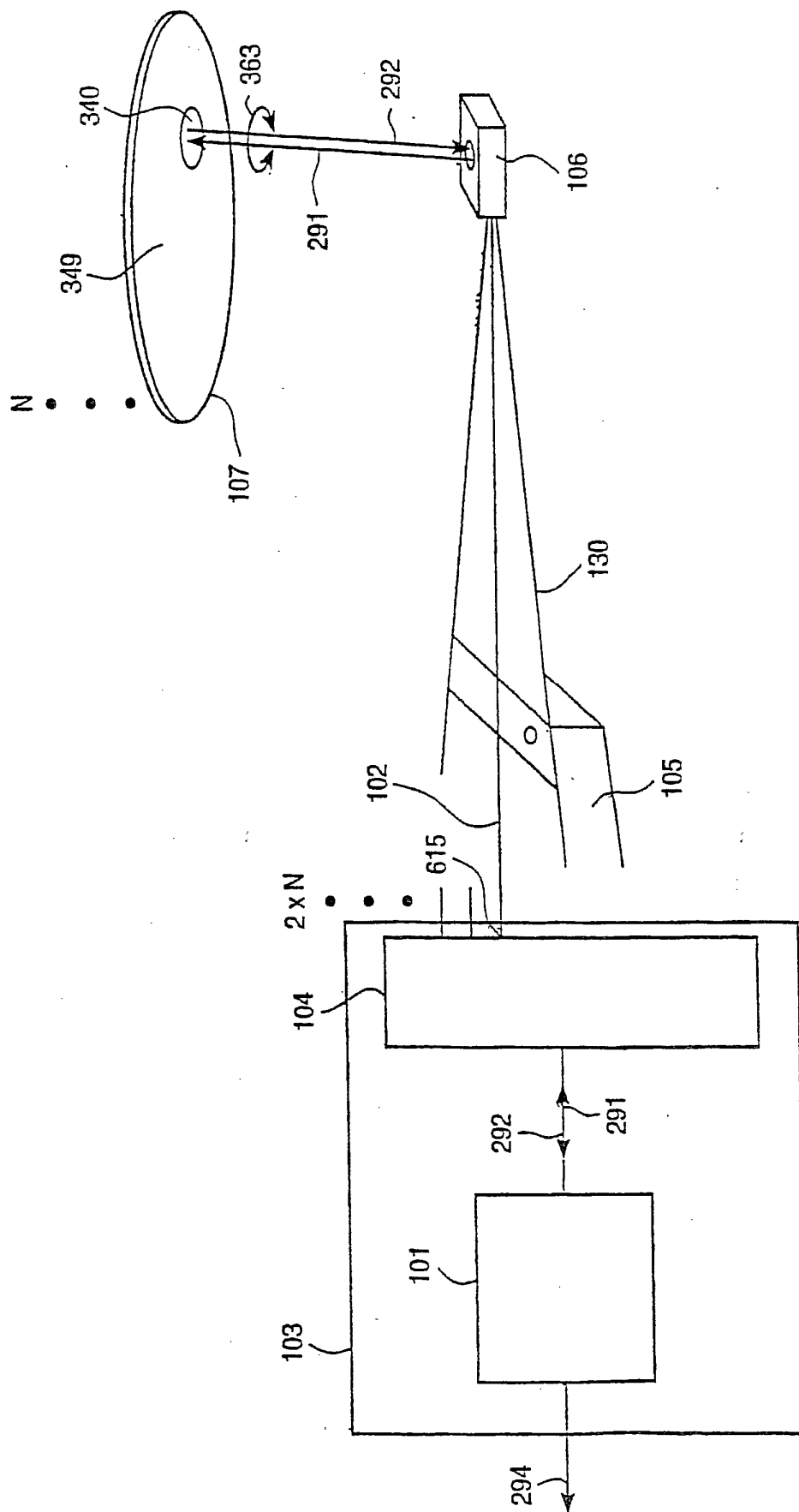


FIG. 3

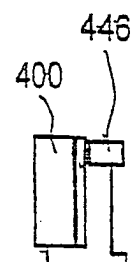
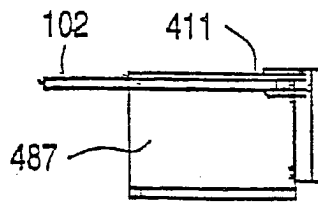
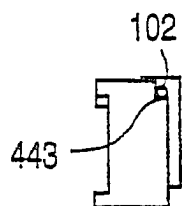
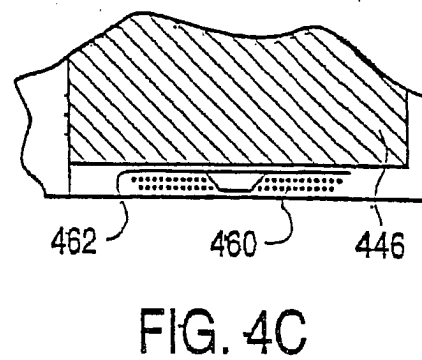
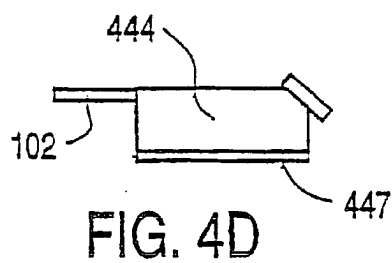
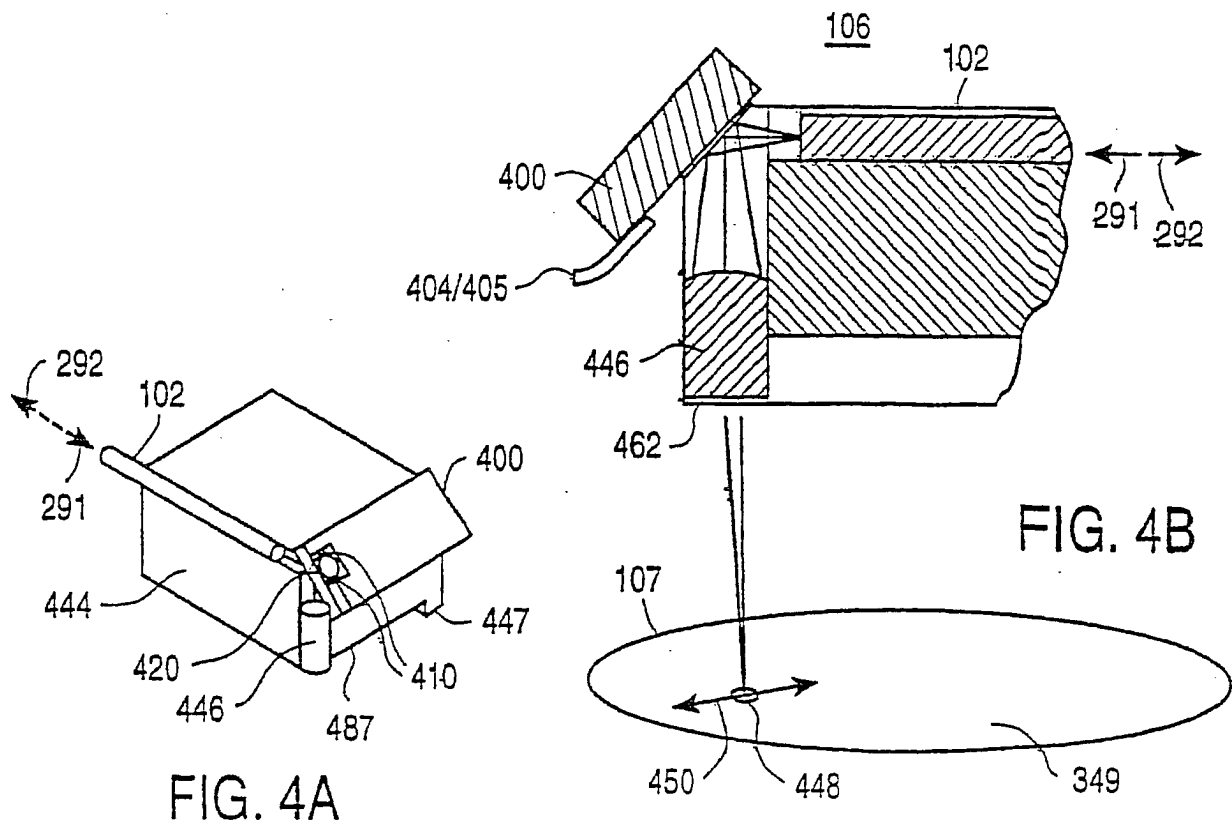


FIG. 4G

FIG. 4F

FIG. 4E

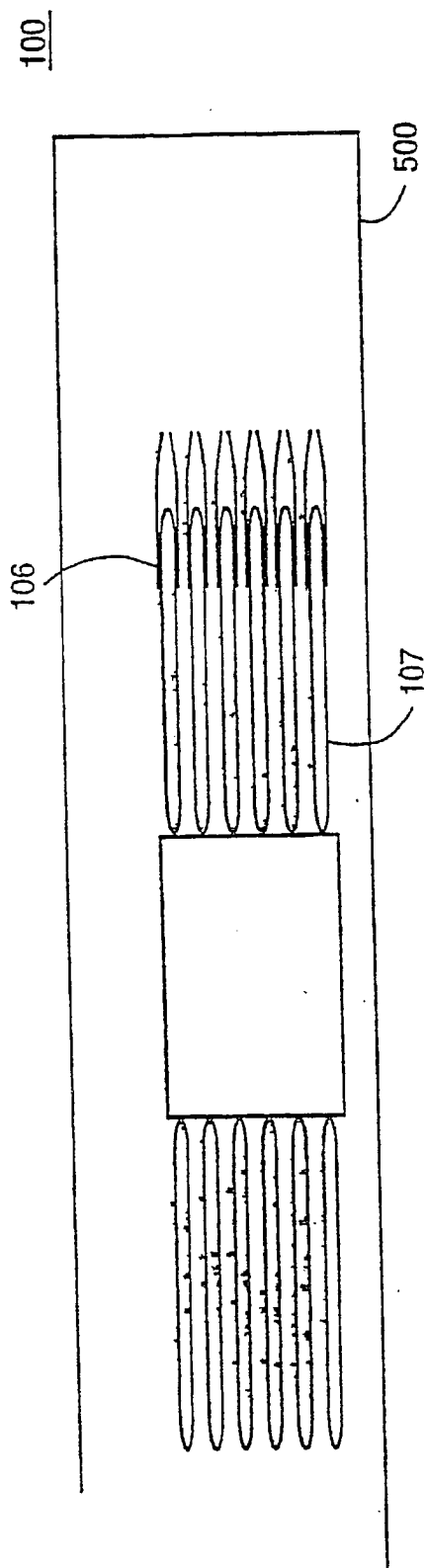


FIG. 5A

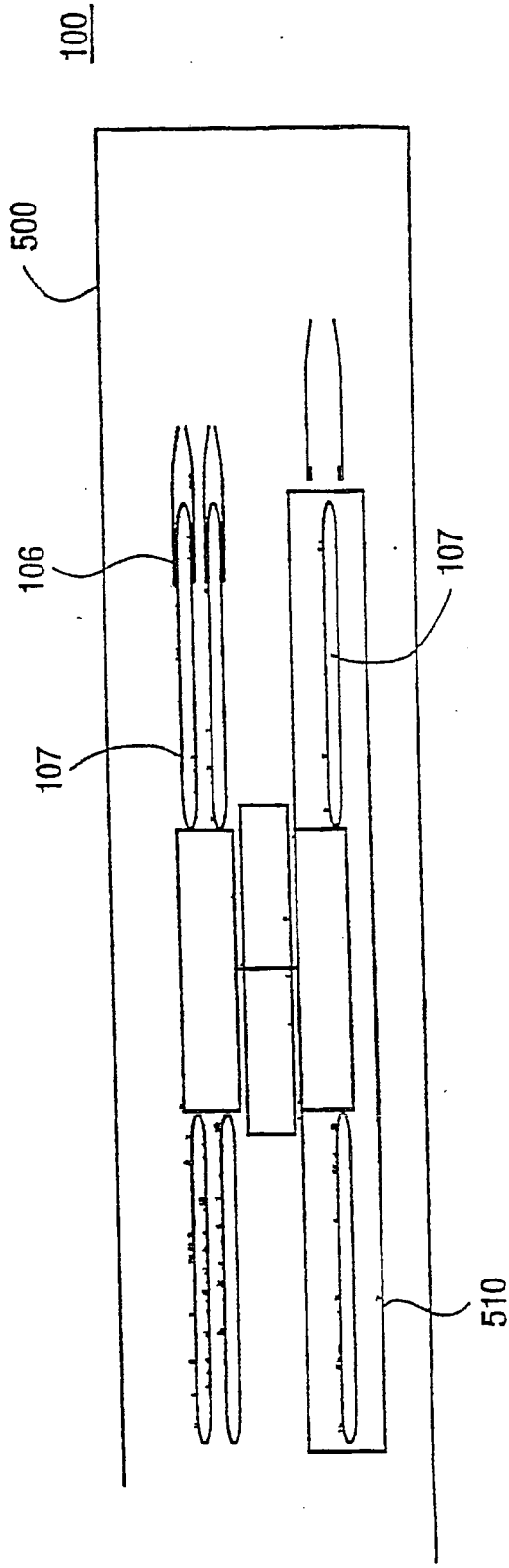


FIG. 5B