



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 000 956.7**  
(22) Anmeldetag: **27.01.2015**  
(43) Offenlegungstag: **30.07.2015**

(51) Int Cl.: **G11B 5/127 (2006.01)**  
**G11B 21/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**14/165,367**                      **27.01.2014**    **US**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Strehl, Schübel-Hopf & Partner,**  
**80538 München, DE**

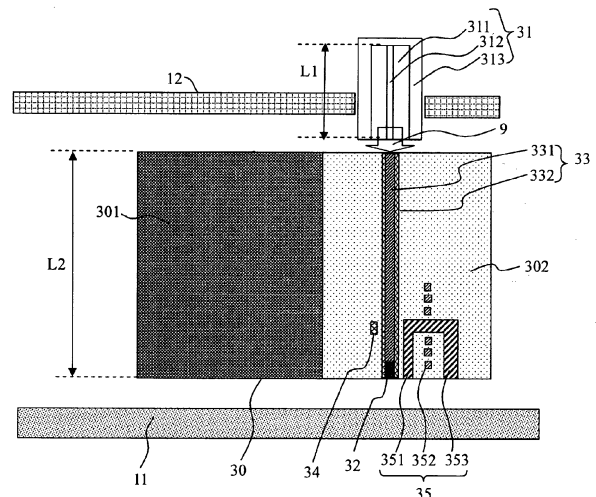
(71) Anmelder:  
**HGST Netherlands B.V., Amsterdam, NL**

(72) Erfinder:  
**Miyamoto, Harukazu, c/o Hitachi Global Storage**  
**Tec, San Jose, Calif., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Wärmeunterstützter Magnetaufzeichnungskopf, der Auswirkungen von Modenspringen unterdrückt**

(57) Zusammenfassung: In einer Ausführungsform umfasst eine Vorrichtung eine Lasereinheit, die konfiguriert ist, Laserlicht zu erzeugen, wobei die Lasereinheit einen Laserresonator mit einer Länge in einer parallelen Richtung zu der Laserlichtstrahlung und einen Gleiter mit einer Länge in einer lotrechten Richtung zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters umfasst, wobei der Gleiter einen magnetischen Hauptpol, der konfiguriert ist, Daten auf ein Magnetmedium zu schreiben, ein Nahfeldlicht erzeugendes Element, das konfiguriert ist, Nahfeldlicht zu erzeugen, wenn Laserlicht darauf gerichtet wird, um den magnetischen Hauptpol durch Erhitzen einer lokalen Region des Magnetmediums beim Schreiben von Daten auf das Magnetmedium zu unterstützen und einen Wellenleiter umfasst, der konfiguriert ist, das Laserlicht auf das Element zu lenken, wobei der Wellenleiter einen Mantel umfasst, der einen Kern umgibt, worin ein Intervall einer Längsmode des Laserresonators gleich innerhalb von 5% eines Ganzzahlmultiplikators einer optischen Interferenzperiode des Wellenleiters ist.



**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Datenspeichersysteme und insbesondere betrifft diese Erfindung einen wärmeunterstützten Magnetaufzeichnungskopf, der Auswirkungen von Modenspringen unterdrückt und Systeme und einen Betrieb davon.

## HINTERGRUND

**[0002]** Das Herz eines Computers ist eine magnetische Festplatte (HDD), die üblicherweise eine rotierende Magnetplatte, einen Gleiter, der Lese- und Schreibköpfe umfasst, einen Schwenkarm über der rotierenden Platte und einen Betätigungsarm umfasst, der den Schwenkarm schwenkt, um die Lese- und/oder Schreibköpfe über ausgewählten umlaufenden Spuren auf der rotierenden Platte zu positionieren. Der Schwenkarm bringt den Gleiter in Kontakt mit der Oberfläche der Platte, wenn die Platte nicht rotiert, aber wenn die Platte rotiert, wird Luft von der rotierten Platte benachbart zu einer Oberfläche mit Luftlager (ABS) des Gleiters verwirbelt, was dazu führt, dass der Gleiter auf einem Luftlager, in einem kleinen Abstand von der Oberfläche der rotierenden Platte, gleitet. Wenn der Gleiter auf dem Luftlager aufliegt, werden die Schreib- und Leseköpfe zum Schreiben von magnetischen Abdrücken auf und zum Lesen von magnetischen Signalfeldern von der rotierenden Platte verwendet. Die Lese- und Schreibköpfe sind mit Verarbeitungsschaltungsanordnungen verbunden, die gemäß einem Computerprogramm arbeiten, um die Schreib- und Lesefunktionen auszuführen.

**[0003]** Das Volumen einer Informationsverarbeitung im Informationszeitalter nimmt rasch zu. Insbesondere ist es wünschenswert, dass Festplatten dazu in der Lage sind, mehr Informationen in ihrem beschränkten Bereich und Volumen zu speichern. Ein technischer Ansatz für diese Forderung ist es, die Kapazität durch Erhöhen der Aufzeichnungsdichte der Festplatte zu vergrößern. Um eine größere Aufzeichnungsdichte zu erzielen, ist eine weitere Verkleinerung von Aufzeichnungsbits wirksam, was wiederum üblicherweise die Konstruktion von immer kleineren Bauteilen erfordert.

**[0004]** Ein Versuch zum Verkleinern von Bauteilen führte zu der Verwendung von wärmeunterstützten Magnetköpfen und ein Verfahren zum Aufzeichnen unter Verwendung dieser Köpfe wurde zum Umsetzen einer Magnetaufzeichnung mit hoher Dichte von zumindest  $1 \text{ Tb/in}^2$  in H. Saga, H. Nemoto, H. Sukeida und M. Takahashi, Jpn. J. Appl. Phys. 38, Teil 1, S. 1839 (1999) vorgeschlagen. Wenn die Aufzeichnungsdichte  $1 \text{ Tb/in}^2$  in einer konventionellen Magnetaufzeichnungsvorrichtung übersteigt, wird das

Löschen der aufgezeichneten Informationen durch thermische Schwingung zu einem Problem. Um dies zu verhindern, wird die Koerzitivkraft des magnetischen Aufzeichnungsmediums erhöht. Jedoch ist es unmöglich, Aufzeichnungsbits in dem Medium zu bilden, wenn die Koerzitivkraft zu hoch ist, da der Anstieg auf die Größenordnung des Magnetfelds, das von dem Schreibkopf erzeugt werden kann, beschränkt ist. Als eine Lösung bei wärmeunterstützten Aufzeichnungsvorrichtungen wird das Medium zum Aufzeichnungszeitpunkt erhitzt, um die Koerzitivkraft zu reduzieren. Somit ist ein Aufzeichnen auf ein Medium mit hoher Koerzitivkraft möglich, und eine Aufzeichnungsdichte über  $1 \text{ Tb/in}^2$  kann erzielt werden.

**[0005]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist ein Teil eines wärmeunterstützten Magnetkopfs **100** gemäß dem Stand der Technik dargestellt, um dabei zu helfen, das oben beschriebene wärmeunterstützte Aufzeichnungsverfahren zu beschreiben. In diesem wärmeunterstützten Magnetkopf muss ein Bereich nahe des magnetischen Hauptpols **102** zum Erzeugen eines Magnetfelds erhitzt werden. Deshalb ist z. B. ein Wellenleiter **104** entlang der Seite eines magnetischen Hauptpols **102** gebildet, und ein Halbleiterlaserlicht, das aus einer Halbleiterlaserlichtquelle **106** kommt, wird auf den Bereich nahe des vorderen Endes des magnetischen Hauptpols **102** gerichtet.

**[0006]** Verschiedene Verfahren wurden zum Montieren der Halbleiterlaserlichtquelle **106** vorgeschlagen. Jedoch leitet ein Verfahren, das die Laserlichtquelle **106** direkt über dem Gleiter **108** montiert, Licht in den Wellenleiter **104**, der in dem Gleiter **108** gebildet ist und richtet das Licht auf ein Nahfeldlicht erzeugendes Element **110**, so dass ein Wandler, der in der Nähe der ABS gebildet ist, aufgrund einer einfacheren Ausführung mit weniger Bauteilen, einer einfacheren Konfiguration und geringeren Kosten am vielversprechendsten erscheint.

**[0007]** Das Betriebsprinzip einer wärmeunterstützten magnetischen Aufzeichnung gemäß diesem Verfahren ist dass, die Laserlichtquelle **106** während der Aufzeichnung Licht aussendet, und das Laserlicht wird in den Wellenleiter **104** eingebracht. Das Licht, das in den Wellenleiter **104** eingebracht wird, wird von einem Nahfeldlicht erzeugenden Element **110** in Nahfeldlicht umgewandelt, das nur eine sehr kleine Region in der Nähe der Oberfläche des magnetischen Aufzeichnungsmediums **112** erhitzt, um eine lokale Region auf dem Medium **112** zu erhitzen. Durch gleichzeitiges Erzeugen des Aufzeichnungsmagnetfelds zum Modulieren der Polarität als Antwort auf die aufgezeichneten Informationen mit einem Erhöhen der Temperatur der lokalen Region dieses Mediums **112** über dieses Erhitzen auf nahe Curie-Temperatur des magnetischen Aufzeichnungsfilms **114** auf dem Medium **112** wird die Richtung der Magnetisierung in Richtung des Aufzeichnungsma-

gnettfelds ausgerichtet, d. h. Informationen können aufgezeichnet werden. Um eine Langzeitstabilität der aufgezeichneten Informationen in diesem wärmeunterstützten Magnetaufzeichnungsverfahren sicherzustellen, muss das anisotrope Magnetfeld des Mediums **112** bei Raumtemperatur ausreichend groß sein. Sogar falls das Aufzeichnungsmagnetfeld auf eine Region angewandt wird, die nicht erhitzt wurde, wird die Magnetisierung dieser Region nicht umgekehrt und nur die Magnetisierung der lokal erhitzten Region wird umgekehrt. Somit wird ein Aufzeichnen mit ultrahoher Dichte durch Begrenzen der Größe dieser erhitzten Region auf eine extrem kleine Region möglich. Ein Nahfeldlicht erzeugendes Element **110** wird als die Wärmequelle zum Erhitzen von extrem kleinen Regionen verwendet.

**[0008]** Die Größe des Nahfeldlichts, das von dem Nahfeldlicht erzeugenden Element **110** ausgestrahlt wird, wird primär ausschließlich von der Form und Größe des Nahfeldlicht erzeugenden Elements **110** und dem Abstand zwischen dem Medium **112** und dem Kopf **100** bestimmt. In der Praxis ändert sich die Größe der Region durch die Temperaturverteilung, die durch das Gleichgewicht zwischen dem Erhitzen durch das Nahfeldlicht und der Hitzeausbreitung in dem Medium **112** bestimmt wird. Im Speziellen muss die Intensität des Erhitzens durch das Nahfeldlicht erzeugende Element **110**, d. h. die Intensität des Laserlichts, das von dem Nahfeldlicht erzeugenden Element **110** ausgestrahlt wird, genau gesteuert werden, damit nur in der beabsichtigten Region aufgezeichnet wird.

**[0009]** Beispielsweise schlägt ein Verfahren, das in ungeprüfter japanischer Patentanmeldung Nr. 2011-14214 beschrieben wurde, ein Verfahren zum präzisen Steuern dieser Intensität vor. In diesem konventionellen Beispiel wird die Energie des Lichts, das in das Nahfeldlicht erzeugende Element **110** eingebracht wird, durch Überwachen des Temperaturanstiegs in dem Nahfeldlicht erzeugenden Element **110** durch die Lichtstrahlung oder die Temperatur eines Temperaturdetektionselements, das nahe dem Nahfeldlicht erzeugenden Element **110** angeordnet ist, überwacht und basierend auf diesen Informationen wird der Ausgang der Laserlichtquelle **106** variiert und angetrieben. Im Speziellen können die Auswirkungen von verschiedenen Schwankungen (Temperaturschwankungen, Schwankungen über die Zeit hinweg) durch eine automatische Leistungssteuerung über eine Rückkoppelungssteuerung an die Lichtquelle **106** korrigiert werden.

**[0010]** In der Praxis jedoch ändern sich die Interferenzbedingungen in dem Wellenleiter **104** in dem Gleiter **108**, wenn die Schwingungswellenlänge des Lasers durch Steuern der Temperaturvariationen oder des Steuerstroms der Laserlichtquelle **106** geändert wird, da sich auch die optischen Interferenz-

bedingungen ändern. Folglich schwankt die Intensität des Lichts, das auf die ABS gerichtet wird. Die Schwingungswellenlänge der Laserlichtquelle **106** ist auf die diskreten Wellenlängen beschränkt, die von der Resonatormode (Längsmode) der Laserschwingungen bestimmt werden, sie ändert sich nicht notwendigerweise ausschließlich in Bezug auf die Temperatur oder den Steuerstrom und weist ein Verhalten auf, das einer Art Hysterese ähnelt. Zusätzlich dazu wird das Phänomen, das als Modenspringen bezeichnet wird, erzeugt, bei dem die Schwingungswellenlänge diskret und in extrem kurzer Zeit von einer Längsmode zu einer anderen Längsmode geändert wird, wenn sich die Wellenlänge ändert, wie in **Fig. 2** gemäß dem Stand der Technik dargestellt.

**[0011]** Die Geschwindigkeit dieses Modenspringens wird durch die Ruheschwingungsfrequenz des Lasers bestimmt, aber diese Ruheschwingungsfrequenz wird durch die Schwingungsverstärkung der Laserlichtquelle **106** und die Lebensdauer der Photonen in dem Laserresonator bestimmt, und ist eine extrem schnelle Geschwindigkeit, üblicherweise mehrere Gigahertz (GHz) (etwa 0,1 ns). Im Speziellen ist eine elektrische Rückkoppelungssteuerung durch eine Steuerung des Steuerstroms im Wesentlichen unmöglich und nicht praktikierbar, da die Lichtschwankungen, die von dem Modenspringen verursacht werden, bei einer Hochgeschwindigkeit von 1 ns oder weniger auftreten. Zusätzlich dazu ist eine Vorhersage des injizierten Stroms oder des reflektierten Rücklichts unmöglich, obwohl dieses Modenspringen von der Erzeugungsfrequenz abhängt, die von der Temperatur der Laserlichtquelle **106** verursacht wird, da die Wahrscheinlichkeit der Erzeugung im Wesentlichen zufällig ist. Wenn Wellenlängenschwankungen, die durch dieses Modenspringen verursacht werden, in einem konventionellen wärmeunterstützten Magnetkopf **100** auftreten, schwankt die Intensität des Lichts, das die ABS-Fläche erreicht, nämlich die unterstützte Lichtintensität. Deshalb schwanken die Aufzeichnungsbedingungen mit hoher Geschwindigkeit. Diese Schwankungen treten bei einem wärmeunterstützten Aufzeichnen als Anstieg der Aufzeichnungsstörungen, Verringerung des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR), Änderung der aufgezeichneten Spurbreite und Anstieg der Interferenz zwischen benachbarten Spuren – benachbarte Spureninterferenz (ATI) – auf. Aufgrund dieser unerwünschten Effekte steigt die Fehlerquote.

**[0012]** Deshalb nimmt die Aufzeichnungsdichte, die unter Verwendung von konventionellen wärmeunterstützten Aufzeichnungsköpfen erreichbar ist, stark ab. Anders ausgedrückt wurden Leistungsschwankungen, die von einem Modenspringen ausgelöst wurden, ein großes Hindernis für die Umsetzung eines Aufzeichnens mit hoher Dichte durch Wärmeunterstützung.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0013]** In einer Ausführungsform umfasst eine Vorrichtung eine Lasereinheit, die konfiguriert ist, ein Laserlicht zu erzeugen, wobei die Lasereinheit einen Laserresonator mit einer Länge (L1) in eine parallele Richtung zu der Laserlichtemission und einen Gleiter mit einer Länge (L2) in eine lotrechte Richtung zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters aufweist, wobei der Gleiter einen magnetischen Hauptpol, der konfiguriert ist, Daten auf ein Magnetmedium zu schreiben, ein Nahfeldlicht erzeugendes Element, das konfiguriert ist, Nahfeldlicht zu erzeugen, wenn Laserlicht darauf gerichtet wird, um den magnetischen Hauptpol durch Erhitzen einer lokalen Region des Magnetmediums beim Schreiben von Daten auf das Magnetmedium zu unterstützen und einen Wellenleiter umfasst, der konfiguriert ist, das Laserlicht auf das Nahfeldlicht erzeugende Element zu richten, wobei der Wellenleiter einen Mantel umfasst, der einen Kern umgibt, worin ein Intervall einer Längsmode des Laserresonators gleich innerhalb von etwa 5% eines Ganzzahlmultiplikators einer optischen Interferenzperiode des Wellenleiters ist.

**[0014]** In einer weiteren Ausführungsform umfasst ein Verfahren zum Bilden eines wärmeunterstützten Magnetkopfes ein Bilden eines Gleiters mit einer Länge (L2) in eine lotrechte Richtung zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters und ein Koppeln einer Lasereinheit, die konfiguriert ist, ein Laserlicht für den Gleiter zu erzeugen, wobei die Lasereinheit einen Laserresonator mit einer Länge (L1) in eine parallele Richtung zu der Laserlichtemission aufweist, an den Gleiter, worin der Gleiter einen magnetischen Hauptpol, der konfiguriert ist, Daten auf ein Magnetmedium zu schreiben, ein Nahfeldlicht erzeugendes Element, das konfiguriert ist, Nahfeldlicht zu erzeugen, wenn Laserlicht darauf gerichtet wird, um den magnetischen Hauptpol durch Erhitzen einer lokalen Region des Magnetmediums beim Schreiben von Daten auf das Magnetmedium zu unterstützen und einen Wellenleiter umfasst, der einen Mantel umfasst, der einen Kern umgibt, worin ein Intervall einer Längsmode des Laserresonators gleich innerhalb von etwa 5% eines Ganzzahlmultiplikators einer optischen Interferenzperiode des Wellenleiters ist.

**[0015]** Jede dieser Ausführungsformen können in einem Magnetdatenspeichersystem wie einem Plattenlaufwerk ausgeführt werden, das einen Magnetkopf, einen Antriebsmechanismus zum Führen eines Magnetmediums (z. B. Festplatte) über den Magnetkopf und eine Steuereinheit umfassen kann, die elektrisch an den Magnetkopf gekoppelt ist.

**[0016]** Andere Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden detaillierten Beschreibung hervor, die, wenn sie in Verbindung mit

den Zeichnungen betrachtet wird, die Prinzipien der Erfindung beispielhaft erläutert.

## Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0017]** Für ein umfassenderes Verständnis der Art und der Vorteile der vorliegenden Erfindung sowie dem bevorzugten Verwendungsmodus sollte auf die folgende detaillierte Beschreibung Bezug genommen werden, die in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen gelesen werden sollte.

**[0018]** Fig. 1 zeigt einen Teil eines wärmeunterstützten Magnetkopfs gemäß dem Stand der Technik.

**[0019]** Fig. 2 ist eine Leistung-über-Zeit-Kurve für einen konventionellen wärmeunterstützten Magnetkopf mit Auftreten von Modenspringen.

**[0020]** Fig. 3A ist eine Kurve, die Leistung über Zeit für einen konventionellen wärmeunterstützten Magnetkopf mit Auftreten von Modenspringen und einen wärmeunterstützten Kopf gemäß einer Ausführungsform vergleicht.

**[0021]** Fig. 3B ist eine Kurve, die Ausgangsleistung über Steuerstrom für einen konventionellen wärmeunterstützten Magnetkopf und einen wärmeunterstützten Kopf gemäß einer Ausführungsform vergleicht.

**[0022]** Fig. 4 ist eine schematische Ansicht eines wärmeunterstützten Magnetkopfs gemäß einer Ausführungsform.

**[0023]** Fig. 5 zeigt die Struktur eines Nahfeldlicht erzeugenden Elements gemäß einer Ausführungsform.

**[0024]** Fig. 6A–Fig. 6B zeigen Beispiele für gekrümmte Wellenleiter in einem Gleiter in mehreren Ausführungsformen.

**[0025]** Fig. 7A–Fig. 7B zeigen Beispiele für gekrümmte Wellenleiter in einem Gleiter, die eine schiefe Reflexion durch ein Nahfeldlicht erzeugendes Element umfassen, gemäß mehreren Ausführungsformen.

**[0026]** Fig. 8A–Fig. 8B zeigen Kurven von optischem Durchsatz über Wellenlänge für eine konventionelle Wellenleiterstruktur und eine Wellenleiterstruktur gemäß einer Ausführungsform.

**[0027]** Fig. 9 zeigt ein Arbeitsbeispiel von Leistungsschwankungen, wenn die Temperatur des Magnetkopfs verändert wird.

**[0028]** Fig. 10 zeigt ein Diagramm zum Untersuchen einer Beziehung von Maximalwerten von Leistungsschwankungen in Bezug auf ein optisches Längen-

verhältnis des Laserresonators und des Wellenleiters.

**[0029]** Fig. 11 zeigt ein detailliertes Diagramm einer Magnetaufzeichnungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform.

**[0030]** Fig. 12 ist eine vereinfachte Zeichnung eines Magnetaufzeichnungsplattenlaufwerksystems.

**[0031]** Fig. 13 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0032]** Die folgende Beschreibung dient zum Zweck der Erläuterung der allgemeinen Prinzipien der vorliegenden Erfindung und soll die erfinderischen Konzepte, die hierin beansprucht sind, nicht beschränken. Ferner können bestimmte Merkmale, die hierin beschrieben werden, in Kombination mit anderen beschriebenen Merkmalen in jeder der verschiedenen möglichen Kombinationen und Abwandlungen verwendet werden.

**[0033]** Sofern hierin nicht speziell anders definiert, umfassen alle Begriffe ihre am weitesten möglichen Auslegungen, einschließlich Bedeutungen, die aus der Patentschrift hervorgehen sowie Bedeutungen, wie sie von Fachleuten verstanden werden und/oder in Wörterbüchern, Abhandlungen etc. definiert sind.

**[0034]** Es gilt ebenfalls anzumerken, dass wie in der Patentschrift und den angehängten Patentansprüchen verwendet, die Singularformen „ein“, „eine“ und „der“, „die“, „das“ auch den Pluralbezug umfassen, sofern nicht anderweitig angegeben.

**[0035]** Der Begriff „etwa“, wie hierin verwendet, bezieht sich auf jeden realistischen Wertbereich, der den angegebenen Wert einschließt. Beispielsweise kann sich in manchen Ansätzen „etwa X“ auf  $X \pm 10\%$  von X beziehen.

**[0036]** Die folgende Beschreibung offenbart mehrere bevorzugte Ausführungsformen von auf Platten basierenden Speichersystemen und/oder verwandte Systeme und Verfahren sowie einen Betrieb und/oder Bauteile davon.

**[0037]** Es wurde gezeigt, dass die wärmeunterstützten Magnetköpfe und Verfahren zur Verwendung davon, die hierin gemäß verschiedener Ausführungsformen beschrieben sind, Leistungsschwankungen, die durch Modenspringen der Laserlichtquelle oder der Lasereinheit, das als ein Problem in konventionellen wärmeunterstützten Aufzeichnungsköpfen und Verfahren zur Verwendung davon identifiziert wurde, unterdrücken.

**[0038]** In einer allgemeinen Ausführungsform umfasst eine Vorrichtung eine Lasereinheit, die konfiguriert ist, ein Laserlicht zu erzeugen, wobei die Lasereinheit einen Laserresonator mit einer Länge ( $L_1$ ) in eine parallele Richtung zu der Laserlichtemission und einen Gleiter mit einer Länge ( $L_2$ ) in eine lotrechte Richtung zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters umfasst, wobei der Gleiter einen magnetischen Hauptpol, der konfiguriert ist, Daten auf ein Magnetmedium zu schreiben, ein Nahfeldlicht erzeugendes Element, das konfiguriert ist, Nahfeldlicht zu erzeugen, wenn Laserlicht darauf gerichtet wird, um den magnetischen Hauptpol durch Erhitzen einer lokalen Region des Magnetmediums beim Schreiben von Daten auf das Magnetmedium unterstützt und einen Wellenleiter umfasst, der konfiguriert ist, das Laserlicht auf das Nahfeldlicht erzeugende Element zu richten, wobei der Wellenleiter einen Mantel umfasst, der einen Kern umgibt, worin ein Intervall einer Längsmode des Laserresonators gleich innerhalb von etwa 5% eines Ganzzahlmultiplikators einer optischen Interferenzperiode des Wellenleiters ist.

**[0039]** In einer weiteren allgemeinen Ausführungsform umfasst ein Verfahren zum Bilden eines wärmeunterstützten Magnetkopfes ein Bilden eines Gleiters mit einer Länge ( $L_2$ ) in eine lotrechte Richtung zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters und ein Koppeln einer Lasereinheit, die konfiguriert ist, ein Licht für den Gleiter zu erzeugen, wobei die Lasereinheit einen Laserresonator mit einer Länge ( $L_1$ ) in eine parallele Richtung zu der Laserlichtemission aufweist, mit dem Gleiter, worin der Gleiter einen magnetischen Hauptpol, der konfiguriert ist, Daten auf ein Magnetmedium zu schreiben, ein Nahfeldlicht erzeugendes Element, das konfiguriert ist, Nahfeldlicht zu erzeugen, wenn Laserlicht darauf gerichtet wird, um den magnetischen Hauptpol durch Erhitzen einer lokalen Region des Magnetmediums beim Schreiben von Daten auf das Magnetmedium zu unterstützen und einen Wellenleiter umfasst, der konfiguriert ist, das Laserlicht auf das Nahfeldlicht erzeugende Element zu richten, wobei der Wellenleiter einen Mantel umfasst, der einen Kern umgibt, worin ein Intervall einer Längsmode des Laserresonators gleich innerhalb von etwa 5% eines Ganzzahlmultiplikators einer optischen Interferenzperiode des Wellenleiters ist.

**[0040]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst ein wärmeunterstützter Magnetaufzeichnungskopf zumindest einen Magnetaufzeichnungsgleiter mit zumindest einem Magnetfeld-erzeugenden Element (ein magnetischer Pol) und einen optischen Wellenleiter zum Lenken von Licht auf ein optisches Heizelement, das nahe einem Nahfeldlicht erzeugenden Element bereitgestellt ist und eine Lasereinheit zum Erzeugen und Einbringen von Licht auf den optischen Wellenleiter, wobei ein Wellenlängeninter-

vall der schwingenden Längsmode des Elements der Lasereinheit an einen Ganzzahlmultiplikator einer Wellenlängenperiode der optischen Interferenz des Lichts, das von dem optischen Wellenleiter ausgesandt wird, angepasst wird.

**[0041]** Die Lasereinheit schwingt nicht bei Wellenlängen, die anders sind als die Wellenlängen, die in der Längsmode vorhanden sind; deshalb wird das Springen der Wellenlänge, verursacht durch das Modenspringen der Lasereinheit, immer ein Ganzzahlmultiplikator der Wellenlängenperiode der optischen Interferenz des Lichts sein, das von dem optischen Wellenleiter ausgestrahlt wird. Sogar falls ein Modenspringen beispielsweise erzeugt wird und Wellenlängenschwankungen erzeugt werden, wird ein identischer Zustand im Wesentlichen trotzdem aufrechterhalten, obwohl der Interferenzzustand des Lichts sich um einen Ganzzahlmultiplikator der Wellenlängenperiode der optischen Interferenz unterscheidet. Infolgedessen entstehen Schwankungen nicht aufgrund der Lichtleistung.

**[0042]** In der Praxis kann eine perfekte Steuerung eines Ganzzahlmultiplikators, wie auch bei der Beschreibung eines annähernden Ganzzahlmultiplikators, aufgrund von Herstellungsfehlern, Toleranzen etc. nicht umgesetzt werden. Durch Steuern von beispielsweise etwa  $n \pm 0.05$ -mal (wobei  $n =$  ganze Zahl), sind etwa 5% oder weniger, wenn die Leistungsschwankung nicht mit einem Ganzzahlmultiplikator gesteuert wird, eine ausreichende Unterdrückung auf ein zufriedenstellendes geringes Niveau, das in der Praxis kein Problem darstellt und das Leistungsverhalten des wärmeunterstützten Magnetkopfs stark verbessert. Das optische Heizelement umfasst im Speziellen ein Nahfeldlicht erzeugendes Element, wie einen Wandler. Verschiedene Nahfeldlicht erzeugende Elemente sind möglich, und die hierin beschriebenen Ausführungsformen sind nicht auf jene speziellen Strukturen, die hierin beschrieben sind, beschränkt, sondern können jedes mögliche Nahfeldlicht erzeugende Element, das auf dem Gebiet bekannt ist, umfassen. Die Leistungssteigerung, die durch Verwendung der hierin beschriebenen Ausführungsformen erreichbar ist, hängt nicht von der Art des verwendeten Nahfeldlicht erzeugenden Elements ab. Zusätzlich dazu kann der optische Wellenleiter ein optisches Verbundelement sein, das eine funktionelle Struktur zum Lenken von Licht auf die Nähe des Nahfeldlicht erzeugenden Elements darstellt und kann zusätzlich zu einem Wellenleiter funktionelle Mechanismen wie einen funktionellen Lichtfokusmechanismus, einen funktionellen Polarisierungssteuerungsmechanismus etc. umfassen. Sogar falls ein räumliches optisches Wellenleitersystem in einen Teil der Struktur aufgenommen wird, sind die Leistungssteigerungen immer noch erreichbar und sind im Wesentlichen identisch.

**[0043]** Außerdem wird, in einem Ansatz, wenn die Lichtwellenlänge des Resonators der Lasereinheit  $L_{LD}$  ist und die optische Wellenlänge des Wellenleiters  $L_{WL}$  ist,  $L_{WL}$  etwa ein Ganzzahlmultiplikator von  $L_{LD}$ , z. B.,  $L_{WL} = n \cdot L_{LD}$ . Zudem kann der Längsmodenintervall des Laserresonators mit einer optischen Wellenlänge  $L_{LD}$ , wenn die Schwingungswellenlänge des Lasers  $\lambda$  ist, als  $\lambda^2/(2 \cdot L_{LD})$  berechnet werden. Zusätzlich dazu kann die Interferenzperiode des Wellenleiters mit einer optischen Wellenlänge  $L_{LG}$  Folgendes werden:  $\lambda^2/(2 \cdot L_{WL})$ .

**[0044]** Demzufolge werden durch Setzen von  $L_{WL}$  auf etwa ein Ganzzahlmultiplikator von  $L_{LD}$ , im Wesentlichen identische Bedingungen wie oben beschrieben erfüllt, da der Längsmodenintervall ein Ganzzahlmultiplikator der Interferenzperiode des Wellenleiters wird, und die erhaltenen Effekte sind im Wesentlichen identisch mit jenen, die zuvor beschrieben wurden. Die optische Länge wird üblicherweise durch das Produkt aus dem Brechungsindex und der Länge dargestellt. In dem Wellenleiter wird ein effektiver Brechungsindex verwendet, der das Lecken aus dem Wellenleiterkern an den Mantel berücksichtigt.

**[0045]** In einer weiteren Ausführungsform kann die Struktur der Lasereinheit, wenn die optische Wellenlänge des Wellenleiters  $L_{WL}$  ist, eine unterstützende Resonanzstruktur mit einer Lichtwellenlänge,  $L_{SUB}$ , eines Teils einer ganzen Zahl von  $L_{WL}$ , z. B.  $L_{SUB} = 1/m \cdot L_{WL}$  umfassen. Unter Verwendung einer Struktur mit einem Unterresonator, der kürzer ist als dieser Typ von Laserresonatoren, wird ein Teil der Längsmode der normalen Lasereinheit, die von  $L_{LD}$  bestimmt wird, unterdrückt. Eine Periode, die länger ist als die optische Länge des Unterresonators, die durch  $L_{LD}$  bestimmt wird, wird zur Längsmode der Lasereinheit. Im Speziellen wird es möglich, ein weiteres Längsmodenintervall aufrecht zu erhalten, sogar wenn eine Lasereinheit mit einem relativ langen Resonator verwendet wird. Demzufolge wird es leicht, das Intervall der Längsmode als einen Ganzzahlmultiplikator der Periode der Interferenz des Wellenleiters aufrecht zu erhalten.

**[0046]** In einem weiteren Ansatz wird die Beziehung  $n_{WL} \cdot h_{WL} = n_{LD} \cdot h_{LD}$  dadurch erfüllt, dass erlaubt wird, dass der effektive Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Gleiters  $n_{WL}$  ist, die Länge des Wellenleiters  $h_{WL}$  ist, der effektive Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Wellenleiters in dem Laser  $n_{LD}$  ist und die Länge des Resonators  $h_{LD}$  ist. Außerdem können Strukturen, Längen, Breiten, Materialien etc. ausgewählt werden, um diese Beziehung in dem wärmeunterstützten Magnetkopf aufrecht zu erhalten.

**[0047]** Die effektive Länge des Wellenleiters in dem Gleiter kann in einem anderen Ansatz länger als 1,5-mal die Länge des Resonators des Lasers sein.

**[0048]** Im Gegensatz zu dem Brechungsindex eines nahen Infrarothalbleiterlaserresonators, der etwa 3,5 beträgt, kann der entsprechende Brechungsindex des Wellenleiters in dem Gleiter 2,3 sein, wenn er groß ist und kann durchschnittlich 2,0 betragen. Um die optische Länge des Resonators der Lasereinheit und die optische Länge des Wellenleiters in dem Gleiter dementsprechend anzupassen, kann die Länge des Wellenleiters zumindest 1,5-mal die Länge des Laserresonators aufweisen. Üblicherweise jedoch beträgt eine Dicke des Gleiters in dem Magnetkopf 230  $\mu\text{m}$  oder 180  $\mu\text{m}$ . Die Länge des Resonators einer typischen lichterzeugenden Vorderendlasereinheit beträgt zumindest 250  $\mu\text{m}$  bis sogar 300  $\mu\text{m}$  und ist länger als eine Dicke des Gleiters. Um die optische Länge des Wellenleiters zu vergrößern, wird deshalb die Wellenleiterlänge des Wellenleiters in dem Gleiter länger festgelegt, als eine Länge des Gleiters.

**[0049]** Ein nützliches Prinzip beim Lösen der obigen Probleme von konventionellen wärmeunterstützten Verfahren, die auf konventionellen wärmeunterstützten Magnetköpfen basieren, wird unten genau erklärt. Die Schwingungsmoden (Längsmoden) der Lasereinheit wird von der optischen Pfadlänge des Resonators der Lasereinheit bestimmt. Die Wellenlänge der Längsmoden wird zu einem Bruchteil einer ganzen Zahl der optischen Pfadlänge des Resonators. Demzufolge kann das Wellenlängenintervall durch die Auswahl der Resonatorlänge der Lasereinheit gesteuert werden. Zusätzlich dazu wird die optische Interferenz in dem Gleiter periodisch für Wellenlängenschwankungen erzeugt, und diese Periode wird durch die effektive optische Pfadlänge des Wellenleiters in dem Gleiter bestimmt. Somit können das Intervall des Schwingungsmodus der Lasereinheit und die Periode der optischen Interferenz in dem Wellenleiter in dem Gleiter durch Auswählen der Länge des Resonators der Lasereinheit und der optischen Pfadlänge des Wellenleiters in dem Gleiter angeglichen werden. Sogar wenn sich die Längsmoden der Lasereinheit ändert (z. B. aufgrund von Modenspringen), werden Schwankungen der unterstützten Leistung wirksam unterdrückt, da die Interferenzbedingungen einer periodischen optischen Interferenz immer bei denselben Bedingungen erhalten werden, wie in **Fig. 3A** und **Fig. 8A–Fig. 8B** dargestellt ist.

**[0050]** Bei einem wärmeunterstützten Aufzeichnen (TAR) ist ein Problem, das das in **Fig. 1** dargestellte Lichtzufuhrsystem, das das Laserlicht durch den Wellenleiter bis nahe der Luftlageroberfläche (ABS) oder der dem Medium zugewandten Oberfläche lenkt, betrifft, ist die Intensität des gelenkten Lichts, nämlich die Stabilisierung der unterstützten Intensität. Verschiedene Verfahren mit verschiedenen Koppelungsverfahren der Lasereinheit und des Nahfeldlicht erzeugenden Elements und Ladungsverfahren der Lasereinheit wurden für das Lichtanlieferungssystem vorgeschlagen.

**[0051]** In jedem Lichtanlieferungssystem gibt es gemeinsame Probleme, die wärmeunterstützende Verfahren miteinschließen, die kein Nahfeldlicht erzeugendes Element verwenden, wenn das Laserlicht an den Wellenleiter koppelt, und das Licht wird an das hinterste Ende des Wellenleiters gelenkt, der nahe der Fläche der dem Medium zugewandten Seite angeordnet ist. Die Intensität des Lichts am hintersten Ende des Wellenleiters hängt von den Auswirkungen der verschiedenen Arten einer optischen Interferenz ab, zusätzlich dazu hängt sie von Leistungsschwankungen der Lasereinheit selbst ab. Die Leistungsschwankungen der Lasereinheit werden vor allem von instabilen Schwingungsmoden der Lasereinheit verursacht, die wiederum von den Auswirkungen des reflektierten Lichts ausgelöst werden, die von dem ausgestrahlten Licht der Lasereinheit, das von dem Wellenleiter reflektiert wird verursacht werden, aber zusätzlich dazu auch von Variationen der Betriebsumgebung wie Temperaturschwankungen, Steuerstromschwankungen etc. Variationen in der Betriebsumgebung wie die Temperatur können durch Überwachen der tatsächlich ausgestrahlten Lichtintensität und der Umgebungstemperatur durch eine Rückkoppelungssteuerung unterdrückt werden. Da die Schwankungen im Schwingungsmodus der Lasereinheit gelegentlich auftreten, ist eine Vorhersage und Steuerung sehr schwierig. Jedoch kann eine Lasereinheit so ausgeführt werden, dass es beinahe keine Variationen bei der Laserintensität gibt, auch wenn Schwankungen in der Schwingungsmoden auftreten.

**[0052]** Durch Variieren der Schwingungsmoden in einem wärmeunterstützten Magnetkopf wird die wirksame Effizienz jedoch durch Schwankungen in der Schwingungsmoden, nämlich durch Schwankungen in der Schwingungswellenlänge, die von der Wellenlängenabhängigkeit der optischen Elemente, wie dem Wellenleiter, verursacht werden, geändert. Deshalb treten große Schwankungen in der unterstützten Intensität auf. Die Schwingungswellenlänge der Lasereinheit ist auf die Wellenlänge (Längsmoden) eines Bruchteils einer ganzen Zahl der effektiven Länge (optische Länge), des Resonators der Lasereinheit beschränkt. Im Speziellen sind die Wellenlängen, die von der Lasereinheit in Schwingung versetzt werden, diskret und im Wesentlichen werden Schwankungen der Wellenlänge nicht durchgehend erzeugt. Diese nicht durchgehende Änderung tritt in der unterstützten Intensität (Leistung) von konventionellen wärmeunterstützten Magnetkopfsystemen, wie in **Fig. 2** dargestellt, auf. Die Schwankungen in der unterstützten Intensität müssen bei einem Aufzeichnen mit hoher Dichte unterdrückt werden, da diese Schwankungen als Schwankungen in der Aufzeichnungsmarkierungsbreite und Übergangsschwankungen, im Speziellen als Zittern auftreten, das in Magnetaufzeichnungssystemen unerwünscht ist.

**[0053]** Jedoch ist die primäre Komponente der Wellenlängenabhängigkeit des Wellenleiters in Bezug auf Wellenlängenschwankungen periodisch. Deshalb wird das Intervall der diskreten Längenmoden in einer Ausführungsform an die Periode der Wellenlängenschwankungen angeglichen. Somit geschieht der Übergang in Bezug auf die Welle von periodischen Wellenlängenschwankungen, nämlich auf dieselben Interferenzbedingungen sogar wenn der Schwingungszustand der Lasereinheit wie in **Fig. 8B** schwankt und zu jeder Wellenlänge der diskreten Längsmode übergeht, und Leistungsschwankungen werden nicht erzeugt. In einem konventionellen Beispiel, wie in **Fig. 8A** dargestellt, schwankt die optische Leistung, nämlich die Ausgangseffizienz (Durchsatz) des Wellenleiters an dem hinteren Ende des Wellenleiters stark, was von Längsmodenübergänge ausgelöst wird. Anders ausgedrückt, können Leistungsschwankungen am hintersten Ende des Wellenleiters, die durch Modenspringen ausgelöst werden, im Vergleich zu konventionellen Verfahren unter Verwendung der hierin beschriebenen Ausführungsformen im Wesentlichen ausgeschlossen werden.

**[0054]** Die Periode der Interferenz des Wellenleiters und der Intervall der Längsmode der Lasereinheit kann in mehreren Ausführungsformen durch Angleichen der optischen Pfadlänge der zwei wie folgt umgesetzt werden.

**[0055]** Zuerst wird die Periode ( $p$ ) der optischen Interferenz des Wellenleiters als:  $p = \lambda^2 / (2n_{WL} \cdot h_{WL})$ , berechnet, wobei die optische Länge des Wellenleiters  $h_{WL}$  ist und der durchschnittliche effektive Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Wellenleiters  $n_{WL}$  ist. Dann kann das Längenmodenintervall  $\Delta$  der Lasereinheit als:  $\Delta = \lambda^2 / (2n_C \cdot h_C)$  berechnet werden, wobei die Resonatorlänge  $h_C$  ist und der durchschnittliche effective Brechungsindex (Ausbreitungskonstante)  $n_C$  ist.

**[0056]** Im Speziellen wenn  $p = \Delta$  ist, um sich an die Periode anzupassen, wird  $n_{WL} \cdot h_{WL} = n_C \cdot h_C$  erfüllt.  $n_{WL} \cdot h_{WL}$  ist die optische Länge des Wellenleiters in dem Gleiter.  $n_C \cdot h_C$  ist die optische Länge des Laserresonators. Deshalb ist klar, dass die effektiven optischen Pfadlängen des Wellenleiters in dem Gleiter und die des Laserresonators übereinstimmen können. Anstelle dass die Interferenzperiode ( $p$ ) angeglichen wird, kann das Intervall der Längsmode als ein Ganzzahlmultiplikator  $k$  der Interferenzperiode festgelegt werden, d. h. derselbe Effekt wie bei  $k \cdot p = \Delta$  wird erhalten. Wie bei  $n_{WL} \cdot h_{WL} = k \cdot n_C \cdot h_C$ , können die optischen Pfadlängen des Wellenleiters und des Laserresonators ausgewählt werden.

**[0057]** Außerdem wird die Möglichkeit der Durchführung der oben beschriebenen Bedingungen untersucht. Wenn der Brechungsindex des Wellenleiters in

dem Gleiter etwa 2,0 beträgt, und die Dicke des Gleiters 230  $\mu\text{m}$  beträgt, dann ist die optische Pfadlänge 460  $\mu\text{m}$ . Wenn die zentrale Welllänge des Lasers 830 nm ist, dann wird die Wellenlängenperiode der Interferenz 0,75 nm. Da der Brechungsindex von GaAs, das ein typisches Material für einen Nahinfrarotlaser ist, etwa 3,5 beträgt wenn die Resonatorlänge des Lasers 360  $\mu\text{m} / 3,5 = 130 \mu\text{m}$  ist, wird die Bedingung zur Angleichung der optischen Pfadlänge erfüllt.

**[0058]** Im Speziellen kann das Längsmodenintervall etwa 0,75 nm betragen. Die Resonatorlänge von 130  $\mu\text{m}$  ist etwas kürzer als die einer gewöhnlichen Lasereinheit, liegt jedoch innerhalb eines erzielbaren Bereichs. Anstelle eines Verkürzens des Resonators des Lasers ist ein weiteres effektives Verfahren in einer Ausführungsform das Verlängern der effektiven Wellenleiterlänge durch Biegen des Wellenleiters in dem Gleiter und/oder ein Bereitstellen einer zweiten Fabry-Perot-Interferenzstruktur, die etwa 130  $\mu\text{m}$  in der Lasereinheit entspricht und Abführen der Längsmode der Lasereinheit. Durch Einstellen der Resonatorlänge der Lasereinheit z. B. auf 260  $\mu\text{m}$  und Bereitstellen einer Strukturmodifikation mit einer Breite von etwa 100 nm an einer Position in der Nähe des Zentrums werden die gelegentlichen Moden wirksam unterdrückt und das Längsmodenintervall kann verdoppelt werden.

**[0059]** Im Speziellen kann eine Lasereinheit mit einer Resonatorlänge von 260  $\mu\text{m}$  verwendet werden, um ein Längsmodenintervall zu erzielen, das dem eines 130- $\mu\text{m}$ -Lasers entspricht und kann gleich sein, wie die Interferenzperiode des Wellenleiters. Um die hierin beschriebenen Effekte zu erhalten, sollten die Interferenzperiode des Wellenleiters und das Längsmodenintervall vorzugsweise so viel wie möglich übereinstimmen. Falls eine Differenz von etwa innerhalb 5% oder mehr, vorzugsweise innerhalb von 2%, aufrechterhalten wird, sind die Effekte beinahe identisch. Der Grund dafür ist, dass die maximale Schwankung durch Unterdrücken von nicht kontinuierlichen Sprüngen der Längsmode auf eine Differenz von etwa innerhalb von 2% oder weniger bei etwa 5% gehalten wird, da die Sprünge üblicherweise auf innerhalb von etwa 1 nm bis etwa 2 nm (2- bis 3-mal so groß wie das Längsmodenintervall) begrenzt sind.

**[0060]** **Fig. 3B** zeigt ein Beispiel für die Auswirkungen einer Struktur, die wie hierin gemäß einer Ausführungsform gebildet wurde, im Vergleich mit einer konventionellen Struktur. Dies zeigt die optische Leistung an dem hinteren Ende des Wellenleiters wenn der Steuerstrom der Lasereinheit variiert wird. In dem konventionellen Beispiel ändert sich die wirksame Effizienz des Wellenleiters und die Beziehung zwischen dem Steuerstrom und der Ausgangsleistung ist nicht linear, da sich die Wellenlänge der Lasereinheit ändert, wenn die Spannung den Steuerstrom verändert. Wird eine Struktur wie hierin gemäß



verschiedenen Ausführungsformen beschrieben verwendet, wird die Ausgangsleistung perfekt linear zu dem Steuerstrom, da die Interferenzbedingung aufrechterhalten wird und sich die Effizienz des Wellenleiters nicht ändert, auch nicht wenn sich die Wellenlänge ändert. Dies zeigt, dass die unterstützende Leistung durch eine Rückkoppelungssteuerung unter Verwendung einer Struktur, wie hierin gemäß verschiedener Ausführungsformen beschrieben, genau gesteuert werden kann.

**[0061]** Fig. 10 fasst die Maximalwerte der optischen Leistungsschwankungen an dem hinteren Ende des Wellenleiters zusammen, wenn das optische Längenverhältnis des Laserresonators und des Wellenleiters verändert wird. Wenn das optische Längenverhältnis etwa ein Ganzzahlmultiplikator ist, wird der Effekt des Reduzierens von Leistungsschwankungen ersichtlich.

**[0062]** Unter Bezugnahme auf Fig. 4 ist nun eine schematische Ansicht eines Schreib-/Lesekopfs gemäß einer Ausführungsform dargestellt. Eine Lasereinheit **31**, wie eine Laserdiode oder irgendeine andere geeignete Laserlichtquelle, wird an dem Gleiter **30** bereitgestellt und/oder daran gekoppelt, die ein Nahfeldlicht erzeugendes Element **32**, angeordnet nahe der dem Medium zugewandten Seite des Gleiters **30** als Lichterzeugungs- und Einführungselement auf der Oberfläche entgegengesetzt der dem Medium zugewandten Seite des Gleiters **30** verwendet. Die Lasereinheit **31** kann Licht mit einer Wellenlänge von etwa 830 nm erzeugen. Bestimmte Bauteile können in dem Gleiter **30** auf einem Substrat **301** gebildet sein, das AlTiC oder irgendein anderes geeignetes Material umfassen kann.

**[0063]** Die Lasereinheit **31** kann verwendet werden, um Laserlicht zu erzeugen und kann einen Laserchip **311**, einen Laserresonator (Streifen) **312** und einen Teilhalter **313** mit einer Länge ( $L_1$ ) aufweisen. Das Licht, das von der Lasereinheit **31** erzeugt wird, fällt durch den Wellenleiter **33** und bestrahlt das Nahfeldlicht erzeugende Element **32**, das ein Magnetaufzeichnungsmedium **11** mit Wärme versorgt. Der Wellenleiter **33** kann aus einem Mantel **332** mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (oder einem anderen auf dem Gebiet bekannten geeigneten Material) mit einem Brechungsindex von etwa 1,6 als eine Abdeckung, die einen Kern **331** aus  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  (oder einem anderen auf dem Gebiet bekannten geeigneten Material) mit einer Breite von etwa 500 nm, einer Höhe von etwa 300 nm, einer Länge ( $L_2$ ) und einem Brechungsindex von etwa 2,1 umgibt, hergestellt werden, um Licht mit einer Wellenlänge von etwa 830 nm in das Magnetmedium **11** einzuführen. Außerdem kann der Wellenleiter **33** innerhalb eines Füllmaterials **302** wie Tonerde oder irgendeinem anderen geeigneten Material gebildet sein.

**[0064]** Ein Leistungssensor **34** kann verwendet werden, um die Leistung des Laserlichts zu bestimmen, während ein Magnetschreibkopf **35** verwendet wird, um Daten auf das Magnetmedium **11** zu schreiben, wobei der Schreibkopf **35** einen magnetischen Hauptpol **351**, eine Spule **352** und ein Joch **353** umfasst.

**[0065]** In diesem Wellenleiter **33** weist der Modendurchmesser des gelenkten Lichts beinahe dieselbe Größe auf wie der Wellenleiterkern. Im Speziellen ist die Energie des gelenkten Lichts im Wesentlichen innerhalb des Kerns eingeschlossen. Das Nahfeldlicht erzeugende Element **32** dieser Ausführungsform kann jedes auf dem Gebiet bekannte geeignete Material, wie Gold (Au), in einer Form einer gleichschenkligen dreieckigen Pyramide umfassen (genauer in Fig. 4 gemäß einer Ausführungsform dargestellt) und weist eine Basisbreite ( $W$ ) von etwa 100 nm, einer Hypotenuse ( $L$ ) von etwa 130 nm und einer Höhe ( $H$ ) von etwa 200 nm auf. Der Scheitelteil der gleichschenkligen dreieckigen Pyramide kann zu einem Bogen mit einem Krümmungsradius von etwa 10 nm verarbeitet werden und der Fleckdurchmesser des erzeugten Nahfeldlichts wird etwa 25 nm.

**[0066]** Unter erneuter Bezugnahme auf Fig. 10 und Fig. 11 kann eine Fleckgrößenkonvertierende Struktur zum Erhöhen der Koppelungseffizienz genau unter der Lasereinheit **31** gebildet werden, obwohl keine Details dargestellt sind, wenn Licht aus der Lasereinheit **31** auf den Wellenleiter **33** auftrifft. Durch Ausstrahlen von Licht, das mit dem Wellenleiter **33** gekoppelt ist, gibt das Nahfeldlicht erzeugende Element **32** gemäß dem Plasmonresonanzprinzip Nahfeldlicht an die dem Medium zugewandte Seite (z. B. an die Oberfläche des Aufzeichnungsmediums **11**) ab, und die Temperatur der Oberfläche des Mediums **11** steigt an. Wenn die Leistung des Lichts, das das Nahfeldlicht erzeugende Element **32** bestrahlt, etwa 5 mW beträgt, steigt die lokale Temperatur des Magnetfilms der Oberfläche des Mediums **11** gemäß Ergebnissen, die von einer Struktur gemäß dieser Ausführungsform erhalten wurden, auf etwa 400°C an.

**[0067]** In dieser Struktur kann die Dicke ( $L_2$ ) des Gleiters etwa 230  $\mu\text{m}$  betragen, und der Brechungsindex des Wellenleiters **33** in dem Gleiter **30** kann etwa 460  $\mu\text{m}$  betragen. Das Licht, das an beiden Enden des Wellenleiters **33** reflektiert wird, wird in dem Raum zwischen den Enden des Wellenleiters **33**, getrennt durch eine optische Pfadlänge von etwa 460  $\mu\text{m}$  mehrfach reflektiert, während es innerhalb des Wellenleiters **33** eingeschlossen ist. Dies kann als ein Fabry-Perot-Interferometer bezeichnet werden. Die Interferenzperiode oder freier Spektrumbereich eines Fabry-Perot-Interferometers (Wellenleiter) wird für Laserlicht mit einer Wellenlänge von 830 nm 0,75 nm. Der Brechungsindex von GaAs, das ein typisches Material eines Nahinfrarotlasers ist, beträgt

etwa 3,5. Deshalb ist die Resonatorlänge der Lasereinheit **31** in dieser Ausführungsform  $460/3,5 =$  etwa  $130 \mu\text{m}$ . Somit ist die optische Länge des Wellenleiters **33** gleich lang wie die optische Länge des Laserresonators. Anders ausgedrückt kann das Längsmodenintervall der Lasereinheit **31** dieselbe  $0,75\text{-nm}$ -Interferenzperiode des Wellenleiters **33** sein.

**[0068]** Anstelle eines Verkürzens des Resonators der Lasereinheit **31** kann eine zweite Fabry-Perot-Interferenzstruktur, die etwa  $130 \mu\text{m}$  entspricht, in einer zweiten Ausführungsform in der Lasereinheit **31** bereitgestellt werden und die die Längsmode der Lasereinheit **31** abfühlt. Beispielsweise durch Festlegen der Resonatorlänge der Lasereinheit **31** auf etwa  $260 \mu\text{m}$  und Bereitstellen einer Strukturmodifikation mit einer Breite von etwa  $100 \text{ nm}$  an einer beinahe zentralen Position davon, können die unregelmäßigen Moden effektiv unterdrückt werden, und das Längsmodenintervall kann verdoppelt werden. Im Speziellen kann eine Lasereinheit **31** mit einer Resonatorlänge von etwa  $260 \mu\text{m}$  verwendet werden, um einen entsprechenden Längsmodenintervall in einer  $130\text{-}\mu\text{m}$ -Lasereinheit umzusetzen und die Interferenzperiode des Wellenleiters **33** anzupassen. In dieser Ausführungsform können die Interferenzperiode des Wellenleiters **33** und das Längsmodenintervall einander so ähnlich wie möglich sein. Falls sie jedoch auf einer Differenz von innerhalb von etwa  $5\%$ , noch bevorzugter innerhalb von etwa  $2\%$  gehalten werden, werden nahezu entsprechende Effekte erhalten. Der Grund dafür ist, dass die maximalen Änderungen auf etwa  $10\%$  beschränkt werden, wenn die Wellenleiterlänge nicht durch ein Unterdrücken von nicht kontinuierlichen Sprüngen der Längsmode auf eine Differenz von innerhalb von  $5\%$  gesteuert wird, da die Sprünge üblicherweise auf etwa  $1 \text{ nm}$  bis  $2 \text{ nm}$  ( $2\text{-}$  bis  $3\text{-mal}$  so groß wie das Längsmodenintervall) beschränkt sind. Die abgegebenen Leistungsschwankungen, die durch Interferenz verursacht werden, weisen ein Maximum von etwa  $30\%$  auf. Deshalb können die Schwankungen in dieser Ausführungsform auf etwa  $3\%$  oder weniger unterdrückt werden, was in der Praxis kein Problem darstellt.

**[0069]** In einer beispielhaften Ausführungsform wurde ein Gleiter **30** mit einer Dicke von etwa  $230 \mu\text{m}$  verwendet, aber in einer weiteren beispielhaften Ausführungsform wurde ein dünnerer Gleiter verwendet, da die Herstellbarkeit des Kopfs verbessert wird, die Kosten gesenkt werden und der Raum auf der Lichtquelle zum wärmeunterstützten magnetischen Aufzeichen gewährleistet wird.

**[0070]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 6A–Fig. 6B** ist nun ein Beispiel für einen Wellenleiter **33** in einem Gleiter **30** mit einer Dicke von  $180 \mu\text{m}$  dargestellt. In dem Beispiel in **Fig. 6A** verlängert sich die effektive Länge des Wellenleiters **33** in dem Gleiter **30** durch Biegen des Wellenleiters **33** in dem Gleiter **30**

und kann auf etwa  $500 \mu\text{m}$  oder mehr erhöht werden. Wie bereits zuvor beschrieben ist es wünschenswert, dass die Länge des Wellenleiters **33** zumindest  $1,5\text{-mal}$  so groß ist wie die Länge des Laserresonators **312** und dass deshalb eine Lasereinheit mit einer Resonatorlänge von nicht mehr als etwa  $300 \mu\text{m}$  verwendet werden kann.

**[0071]** In **Fig. 6B** wird die Länge des Wellenleiters **33** weiter auf etwa  $650 \mu\text{m}$  oder mehr verlängert. Dies ermöglicht es, dass eine Lasereinheit eine Länge von etwa  $400 \mu\text{m}$  aufweist. In diesen zwei Arbeitsbeispielen wird der minimale Krümmungsradius durch Biegen des Wellenleiters **33** zumindest etwa  $30 \mu\text{m}$ . Zusätzlich dazu beträgt der Brechungsindex des Mantels **332** etwa  $1,65$ . Da der Brechungsindex groß ist, wird Licht sogar in gekrümmten Abschnitten zufriedenstellend auf den Wellenleiter **33** beschränkt, und Ausbreitungsverluste von Licht, die durch die Kurven verursacht werden treten nicht wesentlich auf (z. B. Verluste von weniger als etwa  $1\%$ ,  $5\%$  oder  $10\%$  der Energie, bezogen auf die Differenz und den Krümmungsradius). Zusätzlich dazu ist man besorgt um einen Anstieg der Ausbreitungsverluste durch Vergrößern der Länge des Wellenleiters **33**; jedoch werden die Ausbreitungsverluste auf etwa  $2 \text{ dB/cm}$  oder weniger beschränkt, abhängig von der Handhabung des Bildungsvorgangs des Wellenleiters **33**. Deshalb weist der Ausbreitungsverlust einen maximalen Wert von etwa  $0,065 \text{ dB}$  auf, sogar wenn der Wellenleiter **33**  $650 \mu\text{m}$  lang oder länger ist, d. h., er kann verlässlich auf etwa  $1,3\%$  oder weniger unterdrückt werden, was bei der tatsächlichen Verwendung kein Problem darstellt.

**[0072]** **Fig. 7A–Fig. 7B** zeigen einen gebogenen reflexiven Wellenleiter **33**, der konfiguriert ist, den Wellenleiter **33** gemäß einer weiteren Ausführungsform zu verlängern. Das Licht, das aus der Lasereinheit, wie in **Fig. 7A** dargestellt auf den Wellenleiter **33** auftrifft, wird mit einem Einfallswinkel von etwa  $40^\circ$  auf das Nahfeldlicht erzeugende Element **32** in den ersten gebogenen Wellenleiter **333** gerichtet. Auf dem Nahfeldlicht erzeugenden Element **32** werden etwa  $15\%$  des Lichts reflektiert.

**[0073]** **Fig. 7B** ist eine vergrößerte Ansicht der Wellenleiterstruktur in der Nähe des Nahfeldlicht erzeugenden Elements **32**. Das reflektierte Laserlicht **9** durchdringt den zweiten gebogenen Wellenleiter **334** und wird wie in **Fig. 7A** dargestellt, in ein Leistungsüberwachungselement oder einen Leistungssensor **34** eingebracht. Deshalb wird eine effektive Wellenlänge die Summe des ersten gebogenen Wellenleiters **333** und des zweiten gebogenen Wellenleiters **334** und entspricht in diesem Beispiel etwa  $650 \mu\text{m}$ . Somit kann diese Struktur einem Laser mit einer Länge von etwa  $400 \mu\text{m}$  entsprechen. In diesem Arbeitsbeispiel ist es relativ einfach, die Menge des Laserlichts **9**, das in der Nähe des Leistungs-

sensors **34** reflektiert wird und zu dem zweiten Wellenleiter **334** zurückkehrt, nämlich den effektiven Reflexionsgrad an den Enden des Wellenleiters **33** auf etwa 1% oder weniger zu verringern. Ein effektiver Reflexionsgrad der Endoberflächen kann weiter auf etwa  $1\% \cdot 15\% \cdot 15\% = 0,0225\%$  oder weniger verringert werden, wenn eine 15%iger Reflexionsgrad des Nahfeldlicht erzeugenden Elements **32** berücksichtigt wird. Bei Verringern des Reflexionsgrads an den Endoberflächen wird ein Reduktionseffekt erwartet.

**[0074]** Fig. 9 zeigt ein Beispiel, das einen Magnetkopf gemäß hierin beschriebenen Ausführungsformen verwendet, um zu untersuchen, wie die Intensität von Licht, das von dem Wellenleiter nahe des Nahfeldlicht erzeugenden Elements ausgestrahlt wird, durch Schwankungen der Umgebungstemperatur, z. B. der Temperatur der Lasereinheit oder Laserdiode (LD), mit unterschiedlichen Kombinationen aus Längen des Laserresonators und des Wellenleiters verändert wird. Diese Ergebnisse zeigen, dass ein Modenspringen ausgelöst wird, wenn die Interferenzbedingungen des Wellenleiters und des Lasers variiert werden, da die Laserwellenlänge durch Temperaturschwankungen verändert wird. Deshalb ändert sich die Leistung in Bezug auf die Temperatur abrupt und nicht kontinuierlich. Diese Schwankungen wurden bei verschiedenen Längen des Lasers und des Wellenleiters untersucht. Fig. 10 fasst die Ergebnisse für das Verhältnis der optischen Längen des Laserresonators und des Wellenleiters zusammen. Das optische Längenverhältnis wird zu einem Ganzzahlmultiplikator, und die Leistungsschwankungen nehmen extrem kleine Werte an. Wenn das Verhältnis etwa 1,0 beträgt, d. h. wenn sich die optischen Längen des Resonators und des Wellenleiters entsprechen, ist die Auswirkung eines Reduzierens von Leistungsschwankungen wesentlich.

**[0075]** Danach wird Fig. 11 verwendet, um die Struktur einer wärmeunterstützten Magnetaufzeichnungsvorrichtung unter Verwendung eines Lese-/Schreibkopfs gemäß hierin beschriebenen Ausführungsformen zu erklären. Ein Gleiter **30**, der von einer Aufhängung **12** gestützt wird, ist konfiguriert, in einer Flughöhe von etwa 3 nm über einem Magnetmedium **11** zu schweben und wird von einem Schwingspulenmotor (VCM)Antriebsselement **79** zum Zugriff in Spurrichtung und zum Servo-Spurverfolgen angetrieben. Obwohl dies nicht im Detail beschrieben ist, kann diese Ausführungsform ein zusätzliches Antriebsselement bereitstellen, das aus einem Piezoelement in der Aufhängung zum präzisen Umsetzen einer Hochpräzisions-Spurenpositionierung konstruiert wurde. Zusätzlich dazu ist ein thermisch betriebenes Antriebsselement in einem Gleiter eingebettet, um die Flughöhe genau zu steuern.

**[0076]** Beim Lesen wird der Widerstand eines CPP/GMR-Sensorelements (nicht dargestellt), das über

dem Gleiter montiert ist, durch einen Vorverstärker **51** detektiert, vorverarbeitet, wie über eine Ausgleichung durch eine Signaldetektionsschaltung **22**, die in einer Steuereinheit (SOC) **20** installiert ist und an eine Signalverarbeitungseinheit **25** weitergeleitet. Die Signalverarbeitungseinheit **25** synchronisiert und demoduliert basierend auf Positionsdaten und Zeitinformationen in einer Positions-/Adressen-Detektionsschaltung **23**, sendet die Daten, die verarbeitet wurden, z. B. einer Fehlerkorrektur in einer Demodulierungsschaltung **24**, nachdem sie in einer Entschlüsselungseinheit **26** entschlüsselt wurden, an einen Mikroprozessor **27** und werden an eine höhere Vorrichtung **99** übertragen. Informationen können in einem Speicher **29** zur Verwendung in anschließenden Funktionen gespeichert werden. Eine Servoschaltung **54** steuert ein VCM-Antriebsselement **79** basierend auf den Daten, die in der Positions-/Adressen-Detektionsschaltung **23** detektiert wurden.

**[0077]** Während dem Aufzeichnen wird das VCM-Antriebsselement **79** basierend auf dem Positions-/Adressen-Signal, das von der Positions-/Adressen-Detektionsschaltung **23** während einer Lesung detektiert wird, servogesteuert, und der Kopf wird in einem Sektor positioniert, der von der höheren Vorrichtung **99** angegeben wird. Dann treiben die Benutzerdaten, die von der Schreibsteuerungsschaltung **52** verschlüsselt wurden, die Lasereinheit **31**, die über dem Gleiter **30** montiert ist, über den Laserantrieb **53** und den Schreibkopf, der in dem Gleiter **30** eingebettet ist, an und eine wärmeunterstützte Aufzeichnung wird durchgeführt. Eine wärmeunterstützte Aufzeichnung erhitzt eine lokale Region auf dem Medium während dem Aufzeichnen auf eine geeignete Temperatur, und das Aufzeichnungsmagnetfeld wird von dem Schreibkopf auf diese lokale Region angewandt. Der Steuerstrom der Lasereinheit **31** wird genau gesteuert, um die Region auf die geeignete Temperatur zu erhitzen. In einer Ausführungsform wird die Temperatur durch Detektieren des Widerstands des Leistungsüberwachungselements, das nahe dem Nahfeldlicht erzeugenden Element **32** angeordnet ist mittels einer Widerstandsdetektionsschaltung **50** überwacht. Dann wird der Steuerstrom der Lasereinheit **31** basierend auf diesen Temperaturinformationen genau gesteuert.

**[0078]** Während jedes Lese- und/oder Schreibvorgangs dreht der Spulenmotor **76** die Spule (und somit das Medium **11**), um das Medium **11** über den Gleiter **30** zu bewegen.

**[0079]** Als nächstes wird das Steuerverfahren der Energie, die in das Nahfeldlicht erzeugende Element dieses Arbeitsbeispiels geleitet wird, erklärt. In einem Kopf zum wärmeunterstützten Magnetaufzeichnen gemäß einer Ausführungsform, wie in Fig. 3B dargestellt, weist die Lichtintensität nahe dem hinteren Ende des Wellenleiters, d. h. die Intensität des

Lichts, mit dem das Nahfeldlicht erzeugende Element bestrahlt wird, eine lineare Korrelationsbeziehung in Bezug auf die Intensität des Laserlichts, das von der Lasereinheit ausgegeben wird, auf. Somit wird der Ausgang des Leistungsüberwachungselements detektiert. Die Leistung des Lichts, mit dem das Nahfeldlicht erzeugende Element bestrahlt wird, kann durch eine Rückkoppelungssteuerung konstant gehalten werden, sodass der detektierte Wert konstant wird.

**[0080]** Unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 11** führt die Schreibsteuerschaltung **52** diese Steuerung in der Praxis aus. Die Bandbreite der Rückkoppelungssteuerung kann von etwa 10 kHz bis etwa 100 kHz reichen, um Reaktionen auf Temperaturschwankungen, z. B. in der Lasereinheit, zu ermöglichen. Da die Temperatur des Leistungsüberwachungselements zu einer Zeitkonstante von etwa 1  $\mu$ s oder weniger reagiert, ist eine Steuerung bei einer Bandbreite von bis zu 1 MHz möglich. Jedoch werden die Auswirkungen einer Interferenz (Nebensprechen) mit aufgezeichneten Daten berücksichtigt, und die Steuerungsbandbreite kann 100 kHz oder weniger betragen.

**[0081]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 12** ist nun eine magnetische Datenspeichervorrichtung **1000** (die ein Plattenlaufwerk sein kann) in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Wie in **Fig. 12** dargestellt, ist zumindest ein drehbares Magnetmedium (z. B. Magnetplatte) **1012** auf einer Spule **1014** angebracht und wird von einem Antriebsmechanismus gedreht, der einen Plattenantriebsmotor **1018** umfassen kann. Das Magnetzeichnen auf jeder Platte geschieht üblicherweise in der Form eines ringförmigen Musters aus konzentrischen Datenspuren (nicht dargestellt) auf der Platte **1012**. Somit führt der Plattenantriebsmotor **1018** die Magnetplatte **1012** vorzugsweise über die magnetischen Lese-/Schreibabschnitte **1021**, die unmittelbar nachfolgend beschrieben sind.

**[0082]** Zumindest ein Gleiter **1013** ist nahe der Platte **1012** angeordnet, wobei jeder Gleiter **1013** ein oder mehrere magnetische Lese-/Schreibabschnitte **1012** unterstützt, z. B. eines Magnetkopfs gemäß einer der Ansätze, die hierin beschrieben und/oder vorgeschlagen wurden. Dreht sich die Platte **1012**, wird der Gleiter **1013** radial nach innen und außen über die Plattenoberfläche **1022** bewegt, so dass Abschnitte **1012** auf verschiedene Spuren auf der Platte **1012** zugreifen können, wo die gewünschten Daten gespeichert sind und/oder geschrieben werden sollen. Jeder Gleiter **1013** ist unter Verwendung einer Aufhängung **1015** an einem Schwenkarm **1019** angebracht. Die Aufhängung **1015** stellt eine leichte Federkraft bereit, die den Gleiter **1013** gegen die Plattenoberfläche **1022** richtet. Jeder Schwenkarm **1019** ist an einem Antriebselement **1027** angebracht. Das An-

triebselement **1027**, wie in **Fig. 12** dargestellt, kann ein VCM sein. Der VCM umfasst eine Spule, die innerhalb eines fixen Magnetfelds bewegbar ist, wobei die Richtung und die Geschwindigkeit der Spulenbewegungen von den Motorstromsignalen, die von der Steuereinheit **1029** weitergeleitet werden, gesteuert werden.

**[0083]** Während des Betriebs des Plattenspeichersystems, erzeugt die Drehung der Platte **1012** ein Luftlager zwischen Gleiter **1013** und Plattenoberfläche **1022**, das eine Stützkraft oder einen Hub auf den Gleiter **1013** ausübt. Das Luftlager ist somit das Gegengewicht zu der kleinen Federkraft des Lagers **1015** und stützt Gleiter **1013**, abgehoben und etwas über der Plattenoberfläche **1022** durch einen kleinen, im Wesentlichen konstanten Abstand während des Normalbetriebs. Es gilt anzumerken, dass der Gleiter **1013** in manchen Ausführungsformen entlang der Plattenoberfläche **1022** gleiten kann.

**[0084]** Die verschiedenen Komponenten des Plattenspeichersystems werden während des Betriebs von Steuersignalen gesteuert, die von der Steuereinheit **1029** erzeugt werden, wie Zugriffssteuersignale und interne Taktsignale. Üblicherweise umfasst die Steuereinheit **1029** Logiksteuerschaltungen, Speicher (z. B. Sicherungsspeicher) und einen Mikroprozessor. In einem bevorzugten Ansatz ist die Steuereinheit **1029** elektrisch (z. B. über Draht, Kabel, Leitung etc.) an den einen oder mehrere der magnetischen Lese-/Schreibabschnitte **1021** gekoppelt, um den Betrieb davon zu steuern. Die Steuereinheit **1029** erzeugt Steuersignale, um verschiedene Systemvorgänge, wie die direkten Antriebsmotorsteuersignale **1023** und die Kopfposition zu steuern und direkte Steuersignale **1028** zu suchen. Die direkten Steuersignale **1028** stellen die gewünschten Stromprofile bereit, um Gleiter **1013** optimal auf der erwünschten Datenspur auf der Platte **1012** bewegen und positionieren zu können. Lese- und Schreibsignale werden über einen Aufzeichnungs kanal **1025** an und von Lese-/Schreibabschnitten kommuniziert.

**[0085]** Die obige Beschreibung eines typischen Magnetplattenspeichersystems und die begleitende Darstellung aus **Fig. 12** dient nur zu Darstellungszwecken. Es sollte offensichtlich sein, dass Plattenspeichersysteme eine große Anzahl von Platten und Antriebselementen umfassen können und dass jedes Antriebselement eine Anzahl von Gleitern unterstützen kann.

**[0086]** Eine Schnittstelle kann ebenfalls zur Kommunikation zwischen dem Plattenlaufwerk und einem Host (intern oder extern) bereitgestellt sein, um Daten zu senden und zu empfangen und um den Betrieb des Plattenlaufwerks zu steuern und den Status des Plattenlaufwerks an den Host zu kommunizieren, wie von einem Fachmann verstanden werden wird.

**[0087]** In einem typischen Kopf umfasst ein induktiver Schreibabschnitt eine Spulenschicht, die in einer oder mehreren Isolationsschichten (Isolationsstapel) eingebettet ist, wobei der Isolationsstapel zwischen ersten (Haupt-) und zweiten (Umkehr-)Polstückschichten positioniert ist. Die Polstückschichten können an einem hinteren Spalt verbunden sein. Ströme werden durch die Spulenschicht geleitet, was zur Bildung von Magnetfeldern rund um das Hauptpolstück führt. Die Magnetfelder an der dem Medium zugewandten Seite dienen zum Zweck des Schreibens von Bits von Magnetfeldinformationen in Spuren auf sich bewegenden Medien, wie in runden Spuren auf einer sich drehenden Magnetplatte, während ein lokaler Wärmepunkt durch das Nahfeldlicht erzeugende Element geschaffen wird.

**[0088]** Die magnetische Datenspeichervorrichtung aus **Fig. 12** kann zumindest einen wärmeunterstützten Magnetkopf, wie hierin gemäß jeder Ausführungsform beschrieben, ein Magnetmedium (wie eine Platte **1012**), einen Antriebsmechanismus (wie Plattenantriebsmotor **1018**) zum Führen des Magnetmediums über den zumindest einen wärmeunterstützten Magnetkopf und eine Steuereinheit **1029** umfassen, die elektrisch an den zumindest einen wärmeunterstützten Magnetkopf zum Steuern des Betriebs des zumindest einen wärmeunterstützten Magnetkopfs gekoppelt ist.

**[0089]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 13** wird nun ein Verfahren **1300** zur Herstellung eines wärmeunterstützten Magnetkopfs gemäß einer Ausführungsform beschrieben.

**[0090]** Wie in **Fig. 13** dargestellt, kann Verfahren **1300** mit Vorgang **1302** beginnen. In Vorgang **1302** wird ein Nahfeldlicht erzeugendes Element gebildet. Das Nahfeldlicht erzeugende Element ist konfiguriert, Nahfeldlicht zu erzeugen, wenn Laserlicht darauf gestrahlt wird, um einen magnetischen Hauptpol durch Erhitzen einer lokalen Region des Magnetmediums beim Schreiben von Daten auf das Magnetmedium zu unterstützen.

**[0091]** In einer Ausführungsform kann das Nahfeldlicht erzeugende Element eine gleichschenkelige dreieckige Pyramidenform an einer dem Medium zugewandten Seite der Vorrichtung umfassen.

**[0092]** In Vorgang **1304** wird ein Wellenleiter gebildet, der konfiguriert ist, das Laserlicht auf das Nahfeldlicht erzeugende Element zu richten, wobei der Wellenleiter einen Mantel umfasst, der einen Kern umgibt.

**[0093]** In Vorgang **1306** wird ein magnetischer Hauptpol gebildet, der konfiguriert ist, Daten auf ein Magnetmedium zu schreiben. In einer Ausführungsform kann der magnetische Hauptpol in einer Rich-

tung spurabwärts von dem Nahfeldlicht erzeugenden Element positioniert sein.

**[0094]** In einer Ausführungsform können der magnetische Hauptpol, das Nahfeldlicht erzeugende Element und der Wellenleiter in einem Gleiter gebildet sein.

**[0095]** In Vorgang **1308** wird eine Lasereinheit, die konfiguriert ist, ein Laserlicht zu erzeugen, an den Gleiter gekoppelt, wobei die Lasereinheit einen Laserresonator (Höhle) mit einer Länge ( $L_1$ ) in eine parallele Richtung zu der Laserlichtstrahlung, wie lotrecht zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters, parallel zu der dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters oder in einer anderen Ausrichtung, die von einem Fachmann bei Durchlesen der vorliegenden Beschreibungen anerkannt werden würde.

**[0096]** In einem Ansatz kann die Lasereinheit GaAs mit einem Brechungsindex von etwa 3,5 oder irgendein anderes Material verwenden, das dazu in der Lage ist, Laserlicht mit einer ausreichenden Leistung zu erzeugen, um ein Magnetaufzeichnen, wie es dem Fachmann bekannt ist, zu unterstützen.

**[0097]** In einem Ansatz kann der Wellenleiter eine nichtlineare Form mit einem Krümmungsradius von zumindest etwa  $30\ \mu\text{m}$  aufweisen. In einem weiteren Ansatz kann der Wellenleiter eine Länge von etwa 1,5-mal einer Länge des Laserresonators oder mehr aufweisen. Und in noch einem weiteren anderen Ansatz kann der Wellenleiter ein Reflexionselement umfassen, das zwischen zwei linearen Abschnitten positioniert ist.

**[0098]** Jeder von dem magnetischen Hauptpol, dem Nahfeldlicht erzeugenden Element und dem Wellenleiter kann in einem Gleiter mit einer Länge ( $L_2$ ) in der lotrechten Richtung zu der dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters gebildet sein.

**[0099]** Ein Intervall einer Längsmode des Laserresonators ist gleich wie innerhalb von etwa 5% eines Ganzzahlmultiplikators einer optischen Interferenzperiode des Wellenleiters. In einer noch bevorzugteren Ausführungsform kann das Intervall der Längsmode des Laserresonators gleich wie innerhalb von etwa 2% des Ganzzahlmultiplikators der optischen Interferenzperiode des Wellenleiters sein.

**[0100]** In einer weiteren Ausführungsform kann der Ganzzahlmultiplikator aus einer Gruppe bestehend aus 1, 2, 3 und 4 oder mehr ausgewählt sein.

**[0101]** In einer weiteren Ausführungsform kann  $n_{\text{WL}} \cdot h_{\text{WL}} = k \cdot n_{\text{C}} \cdot h_{\text{C}}$  erfüllt sein, wobei  $k$  der Ganzzahlmultiplikator der ganzen Zahl ist,  $n_{\text{WL}}$  eine Länge des Wellenleiters ist,  $n_{\text{C}}$  ein durchschnittlicher effektiver

Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Laserresonators ist und  $h_C$  eine Länge des Laserresonators ist.

**[0102]** In einer weiteren Ausführungsform kann der durchschnittliche Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Wellenleiters  $n_{WL}$ , etwa 2,0 betragen, die Länge des Gleiters,  $L_2$ , kann etwa 230  $\mu\text{m}$  betragen, eine zentrale Wellenlänge,  $\lambda$ , des Laserlichts kann etwa 830  $\mu\text{m}$  betragen, und die Länge des Laserresonators,  $h_C$ , kann etwa 130  $\mu\text{m}$  oder ein Ganzzahlmultiplikator davon sein. Da die Werte der Längen von ihren oben beschriebenen bevorzugten Werten abweichen, werden die Vorteile der Verwendung einer Konstruktion wie beschrieben, verringert. Dementsprechend werden Werte bevorzugt, die so nah wie möglich an den bevorzugten Werten sind.

**[0103]** In einer Ausführungsform umfasst eine Vorrichtung eine Lasereinheit, die konfiguriert ist, ein Laserlicht zu erzeugen, wobei die Lasereinheit einen Laserresonator mit einer Länge ( $L_1$ ) in einer parallelen Richtung zu der Laserlichtstrahlung (z. B. lotrecht zu der dem Medium zugewandten Oberfläche eines Gleiters, parallel zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters etc.) umfasst und wobei der Gleiter eine Länge ( $L_2$ ) in eine lotrechte Richtung zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters aufweist, wobei der Gleiter Folgendes umfasst: einen magnetischen Hauptpol, der konfiguriert ist, Daten auf ein Magnetmedium zu schreiben, ein Nahfeldlicht erzeugendes Element, das konfiguriert ist, Nahfeldlicht zu erzeugen, wenn Laserlicht darauf gerichtet wird, um dem magnetischen Hauptpol durch Erhitzen einer lokalen Region des Magnetmediums beim Schreiben von Daten auf das Magnetmedium zu unterstützen und einen Wellenleiter, der einen Mantel umfasst, der einen Kern umgibt. Ein Intervall einer Längsmode des Laserresonators ist gleich wie innerhalb von etwa 5% eines Ganzzahlmultiplikators einer optischen Interferenzperiode des Wellenleiters.

**[0104]** Es gilt anzumerken, dass die Methodologie, die hierin für zumindest einige der verschiedenen Ausführungsformen gänzlich oder zum Teil in Computer-Hardware, Software, manuell, unter Verwendung von Spezialausrüstung etc. und Kombinationen daraus ausgeführt werden kann.

**[0105]** Darüber hinaus kann jede der Strukturen und/oder jeder der Schritte unter Verwendung bekannter Materialien und/oder Verfahren ausgeführt werden, wie ein Fachmann bei Durchlesen der vorliegenden Patentschrift erkennen wird.

**[0106]** Während verschiedene Ausführungsformen oben beschrieben wurden, gilt zu verstehen, dass sie nur beispielhaft präsentiert wurden und keine Beschränkung darstellen. Somit sollte der Umfang und der Schutzzumfang einer Ausführungsform der vorlie-

genden Erfindung nicht von irgendeiner der oben beschriebenen beispielhaften Ausführungsformen beschränkt werden, sondern sollten nur in Übereinstimmung mit den nachfolgenden Patentansprüchen und ihren Äquivalenten definiert werden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2011-14214 [0009]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- H. Saga, H. Nemoto, H. Sukeda und M. Takahashi, Jpn. J. Appl. Phys. 38, Teil 1, S. 1839 (1999) [0004]

## Patentansprüche

1. Vorrichtung, die Folgendes umfasst:

eine Lasereinheit, die konfiguriert ist, ein Laserlicht zu erzeugen, wobei die Lasereinheit einen Laserresonator mit einer Länge ( $L_1$ ) in einer parallelen Richtung zu der Laserlichtstrahlung umfasst; und einen Gleiter mit einer Länge ( $L_2$ ) in einer lotrechten Richtung zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters, wobei der Gleiter Folgendes umfasst:

einen magnetischen Hauptpol, der konfiguriert ist, Daten auf ein Magnetmedium zu schreiben;

ein Nahfeldlicht erzeugendes Element, das konfiguriert ist, Nahfeldlicht zu erzeugen, wenn Laserlicht darauf gerichtet wird, um den magnetischen Hauptpol durch Erhitzen einer lokalen Region des Magnetmediums beim Schreiben von Daten auf das Magnetmedium zu unterstützen; und

einen Wellenleiter, der konfiguriert ist, das Laserlicht auf das Nahfeldlicht erzeugende Element zu lenken, wobei der Wellenleiter einen Mantel umfasst, der einen Kern umgibt,

worin ein Intervall einer Längsmode des Laserresonators gleich innerhalb von etwa 5% eines Ganzzahlmultiplikators einer optischen Interferenzperiode des Wellenleiters ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das Nahfeldlicht erzeugende Element eine gleichschenkelige dreieckige Pyramidenform auf einer dem Medium zugewandten Oberfläche der Vorrichtung umfasst.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der magnetische Hauptpol in einer Richtung spurabwärts von dem Nahfeldlicht erzeugenden Element positioniert ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Ganzzahlmultiplikator ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus: 1, 2, 3 und 4.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin  $n_{WL} \cdot h_{WL} = k \cdot n_C \cdot h_C$  erfüllt ist, worin  $k$  der Ganzzahlmultiplikator ist,  $n_{WL}$  ein durchschnittlicher effektiver Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Wellenleiters ist,  $h_{WL}$  eine Länge des Wellenleiters ist,  $n_C$  ein durchschnittlicher effektiver Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Laserresonators ist und  $h_C$  eine Länge des Laserresonators ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, worin der durchschnittliche effektive Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Wellenleiters,  $n_{WL}$ , etwa 2,0 beträgt, die Länge des Gleiters,  $L_2$ , etwa 230  $\mu\text{m}$  beträgt, eine zentrale Wellenlänge,  $\lambda$ , des Laserlichts etwa 830  $\mu\text{m}$  beträgt, und die Länge des Laserresonators,  $h_C$ , etwa 130  $\mu\text{m}$  oder ein Ganzzahlmultiplikator davon ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin das Intervall der Längsmode des Laserresonators gleich innerhalb von etwa 2% des Ganzzahlmultiplikators der optischen Interferenzperiode des Wellenleiters ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin die Lasereinheit GaAs mit einem Brechungsindex von etwa 3,5 verwendet.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Wellenleiter eine nichtlineare Form mit einem Krümmungsradius von zumindest etwa 30  $\mu\text{m}$  aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, worin der Wellenleiter eine Länge von etwa 1,5-mal eine Länge des Laserresonators oder mehr aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, worin der Wellenleiter ein Reflexionselement umfasst, das zwischen zwei linearen Abschnitten positioniert ist.

12. Magnetisches Datenspeichersystem, das Folgendes umfasst:

zumindest eine Vorrichtung nach Anspruch 1;

ein Magnetmedium;

einen Antriebsmechanismus zum Führen des Magnetmediums über die zumindest eine Vorrichtung; und

eine Steuereinheit zum Steuern des Betriebs der zumindest einen Vorrichtung, die elektrisch an die zumindest eine Vorrichtung gekoppelt ist.

13. Verfahren zum Bilden eines wärmeunterstützten Magnetkopfs, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Bilden eines Gleiters mit einer Länge ( $L_2$ ) in einer lotrechten Richtung zu einer dem Medium zugewandten Oberfläche des Gleiters; und

Koppeln einer Lasereinheit, die konfiguriert ist, ein Laserlicht zu erzeugen, mit dem Gleiter, wobei die Lasereinheit einen Laserresonator mit einer Länge ( $L_1$ ) in einer parallelen Richtung zu der Laserlichtstrahlung aufweist;

worin der Gleiter Folgendes umfasst:

einen magnetischen Hauptpol, der konfiguriert ist, Daten auf ein Magnetmedium zu schreiben;

ein Nahfeldlicht erzeugendes Element, das konfiguriert ist, Nahfeldlicht zu erzeugen, wenn Laserlicht darauf gerichtet wird, um den magnetischen Hauptpol durch Erhitzen einer lokalen Region des Magnetmediums beim Schreiben von Daten auf das Magnetmedium zu unterstützen; und

einen Wellenleiter, der konfiguriert ist, das Laserlicht auf das Nahfeldlicht erzeugende Element zu lenken, wobei der Wellenleiter einen Mantel umfasst, der einen Kern umgibt,

worin ein Intervall einer Längsmode des Laserresonators gleich innerhalb von etwa 5% eines Ganzzahlmultiplikators einer optischen Interferenzperiode des Wellenleiters ist.



14. Verfahren nach Anspruch 13, worin das Nahfeldlicht erzeugende Element eine gleichschenklige dreieckige Pyramidenform an einer dem Medium zugewandten Seite der Vorrichtung umfasst und worin der magnetische Hauptpol in einer Richtung spurbwärts von dem Nahfeldlicht erzeugenden Element positioniert ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13, worin  $n_{WL} \cdot h_{WL} = k \cdot n_C \cdot h_C$  erfüllt ist, worin  $k$  der Ganzzahlmultiplikator ist,  $n_{WL}$  ein durchschnittlicher effektiver Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Wellenleiters ist,  $h_{WL}$  eine Länge des Wellenleiters ist,  $n_C$  ein durchschnittlicher effektiver Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Laserresonators ist, und  $h_C$  eine Länge des Laserresonators ist.

16. Verfahren nach Anspruch 15, worin der durchschnittliche effektive Brechungsindex (Ausbreitungskonstante) des Wellenleiters,  $n_{WL}$ , etwa 2,0 beträgt, die Länge des Gleiters,  $L_2$ , etwa 230  $\mu\text{m}$  beträgt, eine zentrale Wellenlänge,  $\lambda$ , des Laserlichts etwa 830  $\mu\text{m}$  beträgt, und die Länge des Laserresonators,  $h_C$ , etwa 130  $\mu\text{m}$  oder ein Ganzzahlmultiplikator davon ist, worin der Ganzzahlmultiplikator ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus: 1, 2, 3 und 4.

17. Verfahren nach Anspruch 13, worin das Intervall der Längsmode des Laserresonators gleich innerhalb von etwa 2% des Ganzzahlmultiplikators der optischen Interferenzperiode des Wellenleiters ist.

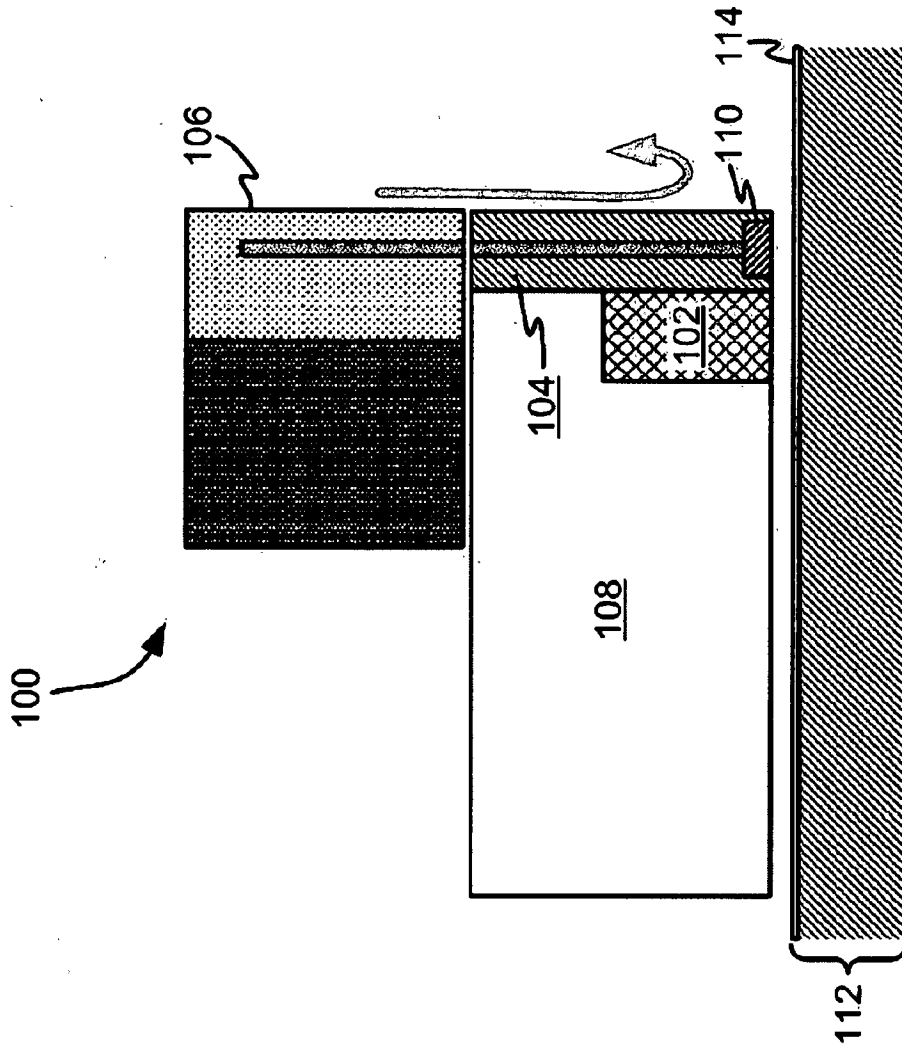
18. Verfahren nach Anspruch 13, worin die Lasereinheit GaAs mit einem Brechungsindex von etwa 3,5 verwendet.

19. Verfahren nach Anspruch 13, worin der Wellenleiter eine nichtlineare Form mit einem Krümmungsradius von zumindest etwa 30  $\mu\text{m}$  aufweist und worin der Wellenleiter eine Länge von etwa 1,5-mal einer Länge des Laserresonators oder mehr aufweist.

20. Verfahren nach Anspruch 13, worin der Wellenleiter ein Reflexionselement umfasst, das zwischen zwei linearen Abschnitten positioniert ist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



**FIG. 1**  
**(Stand der Technik)**

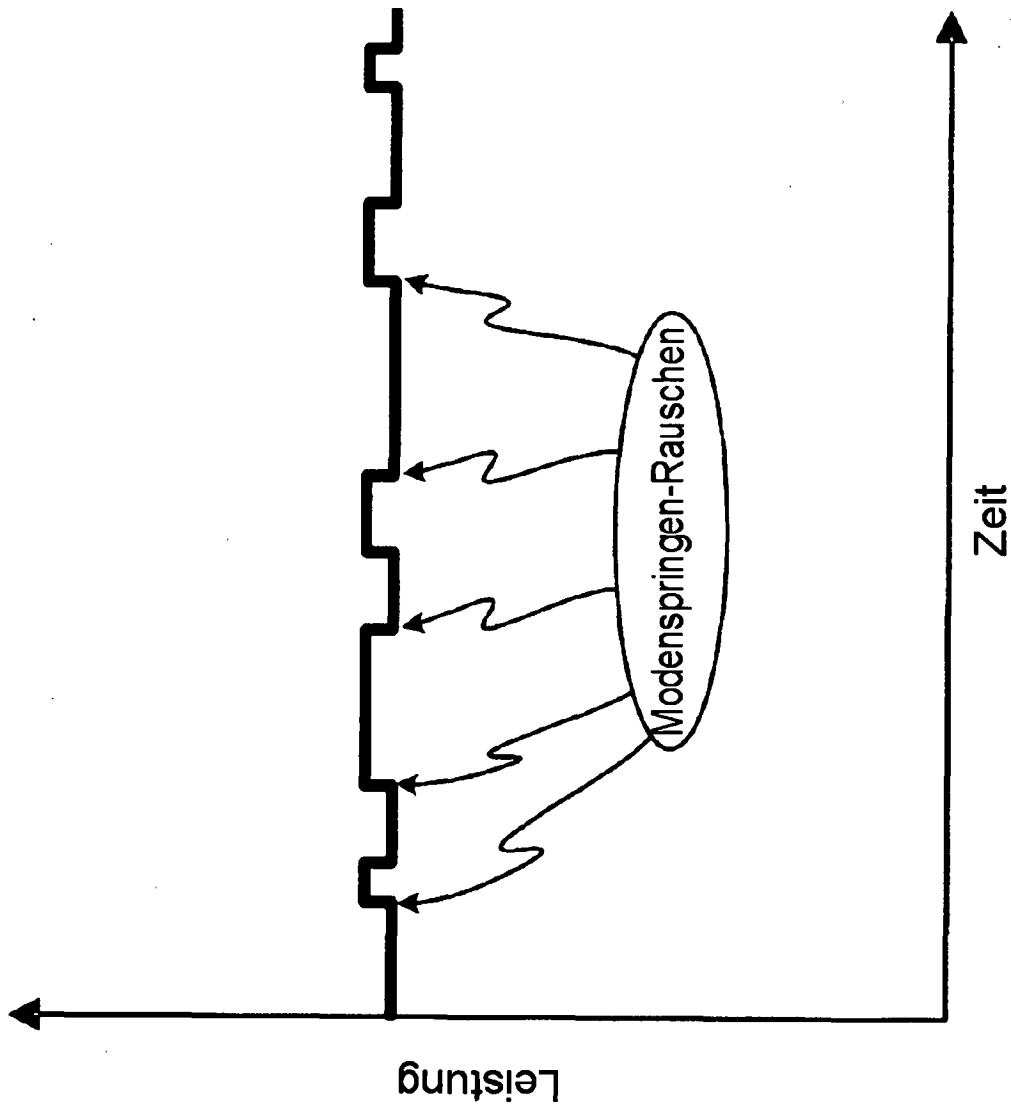


FIG. 2

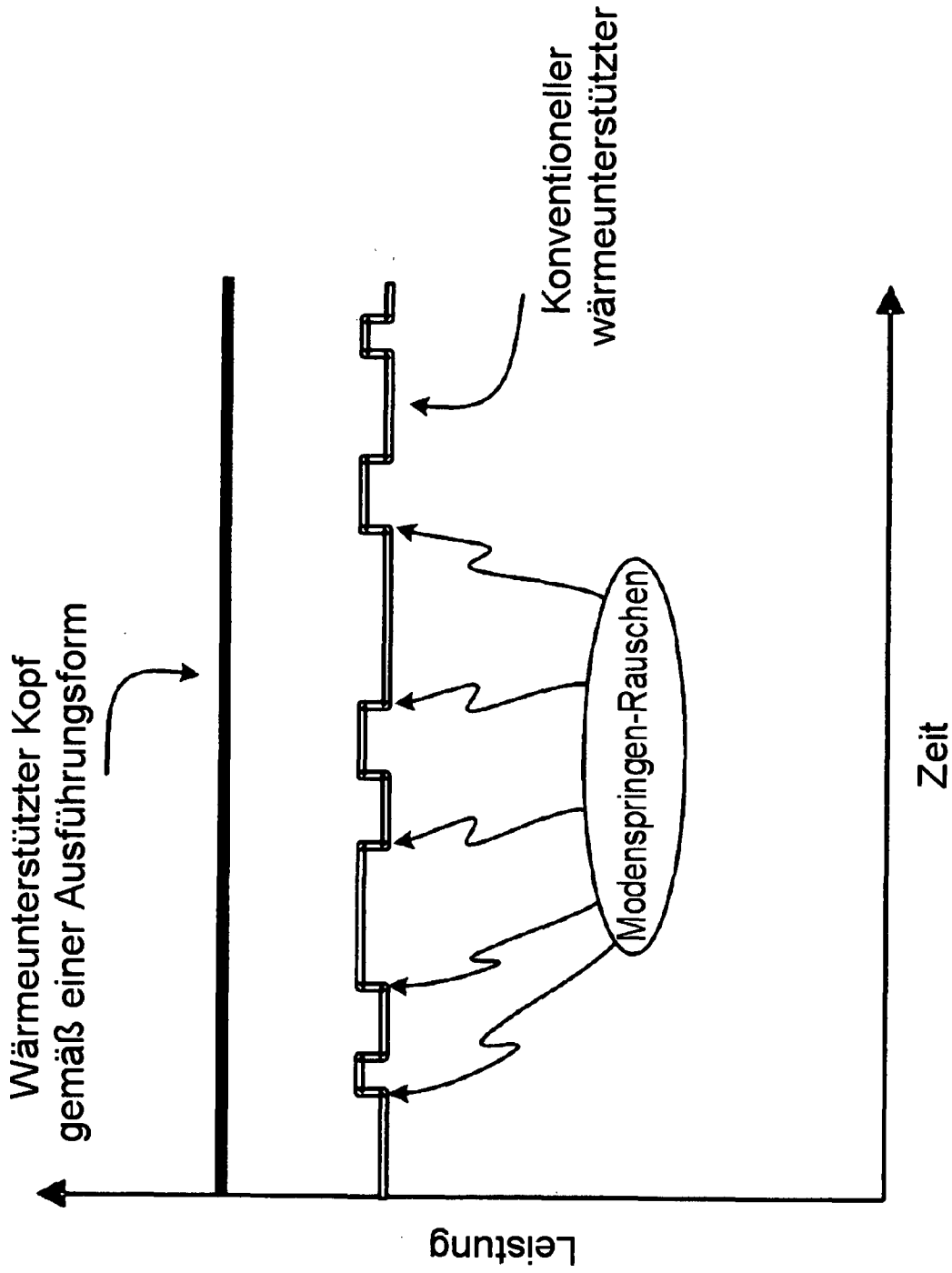


FIG. 3A

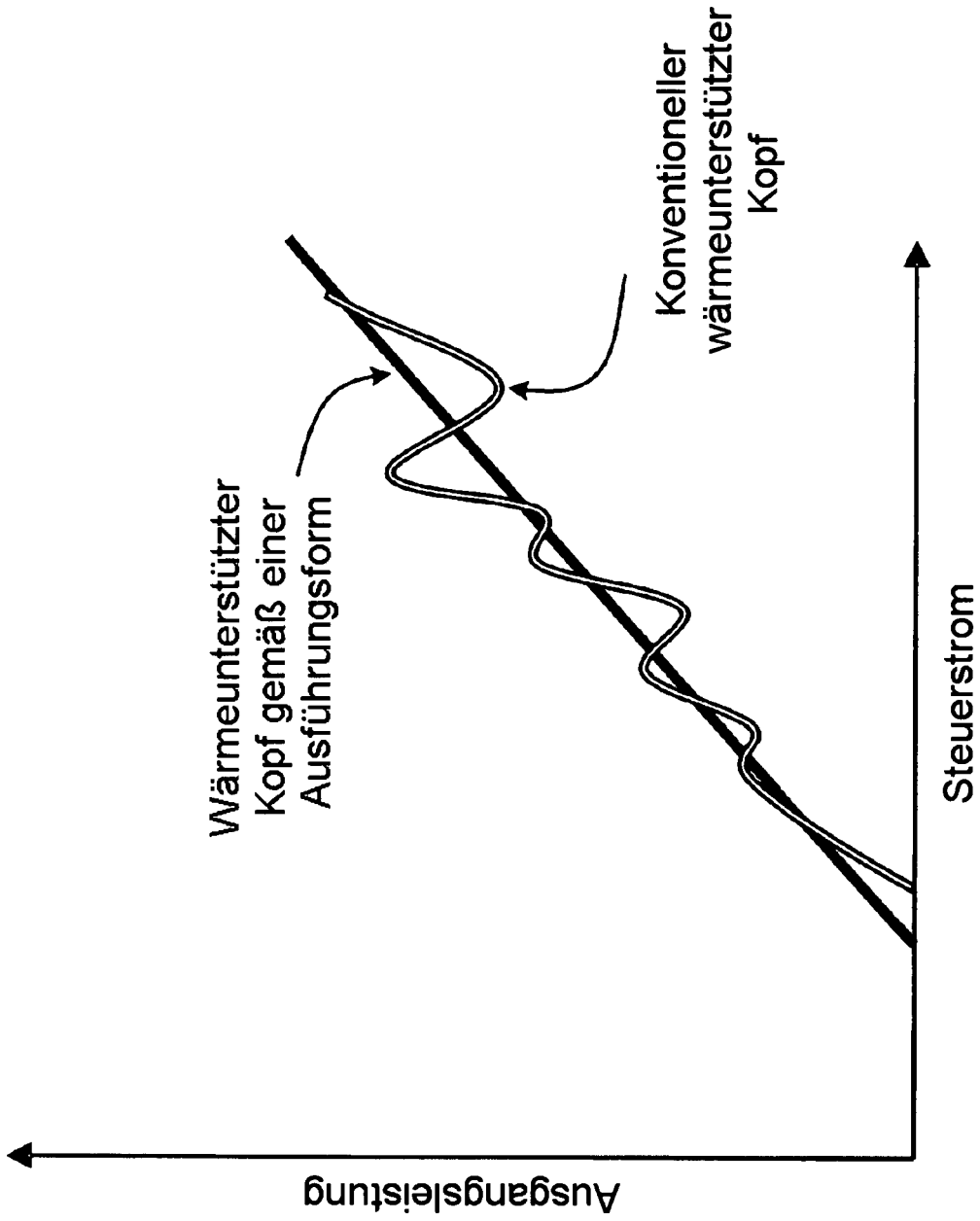


FIG. 3B

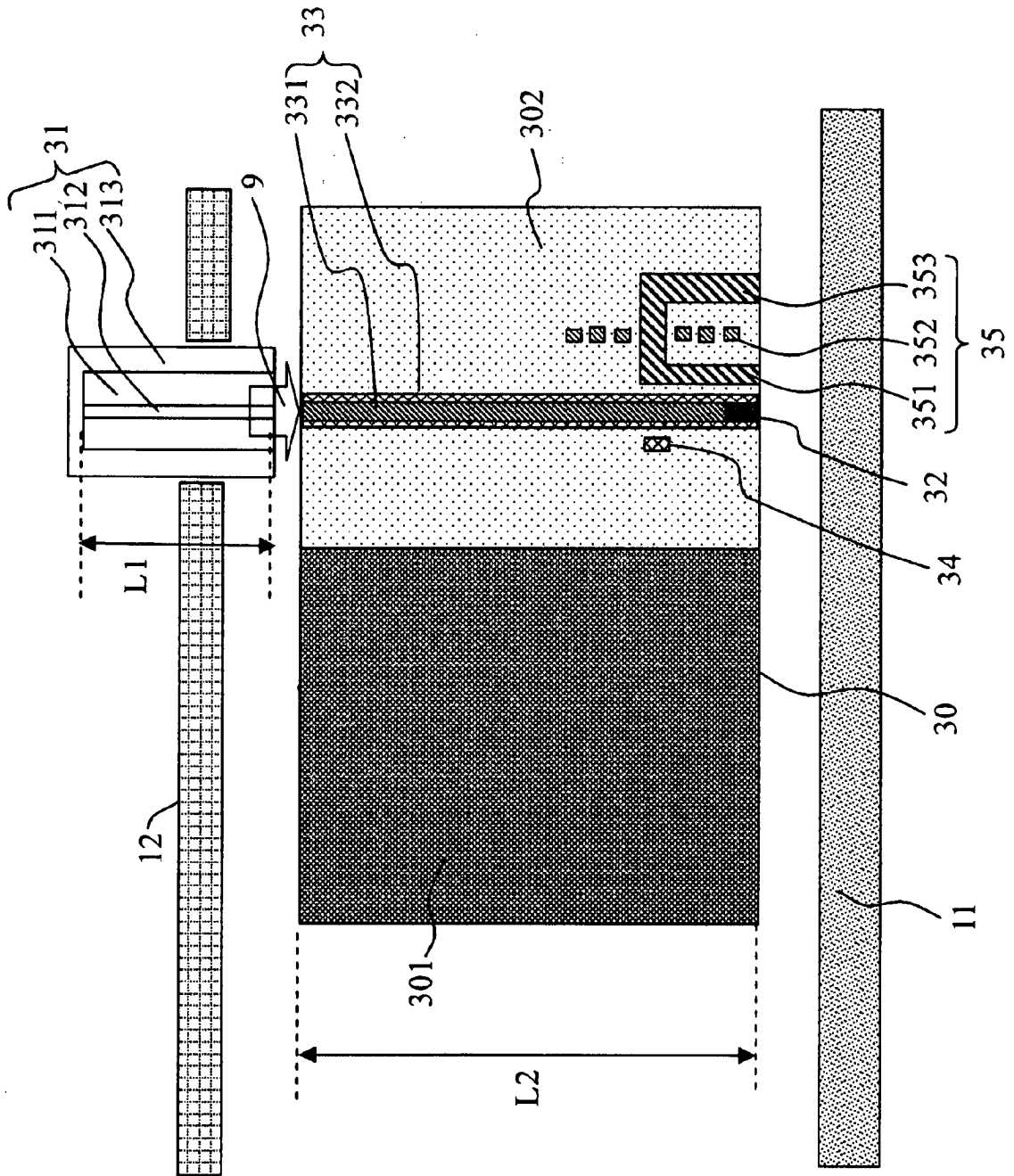


FIG. 4

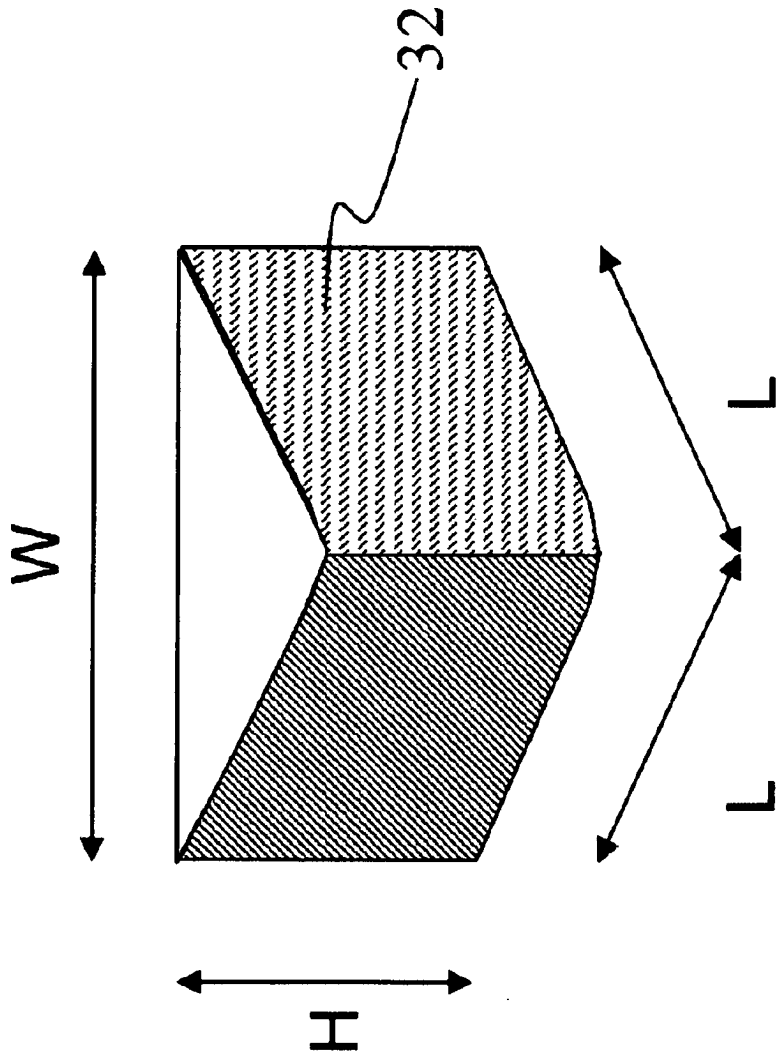
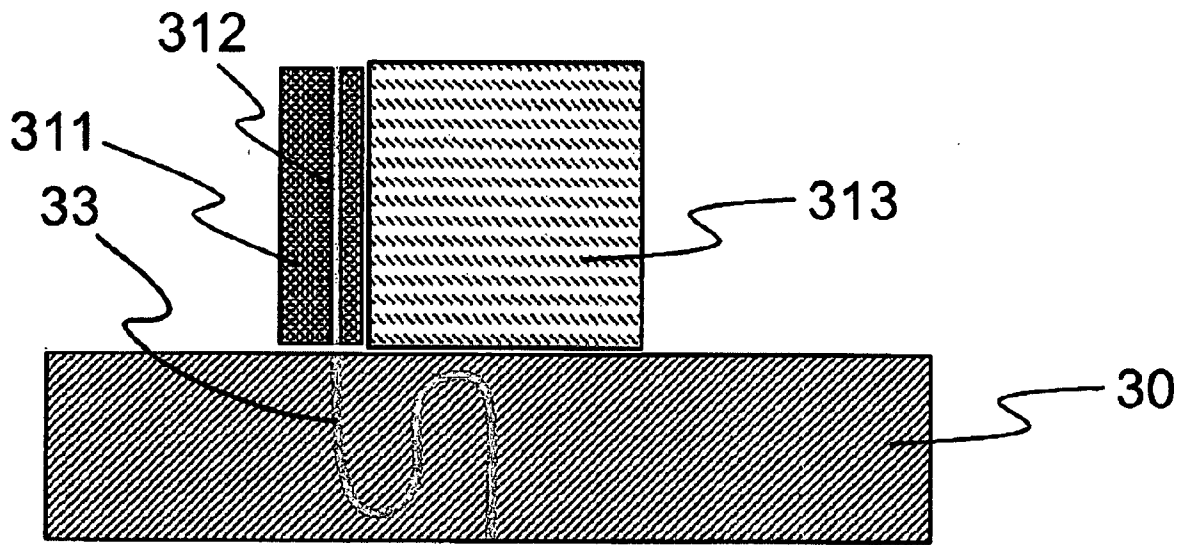
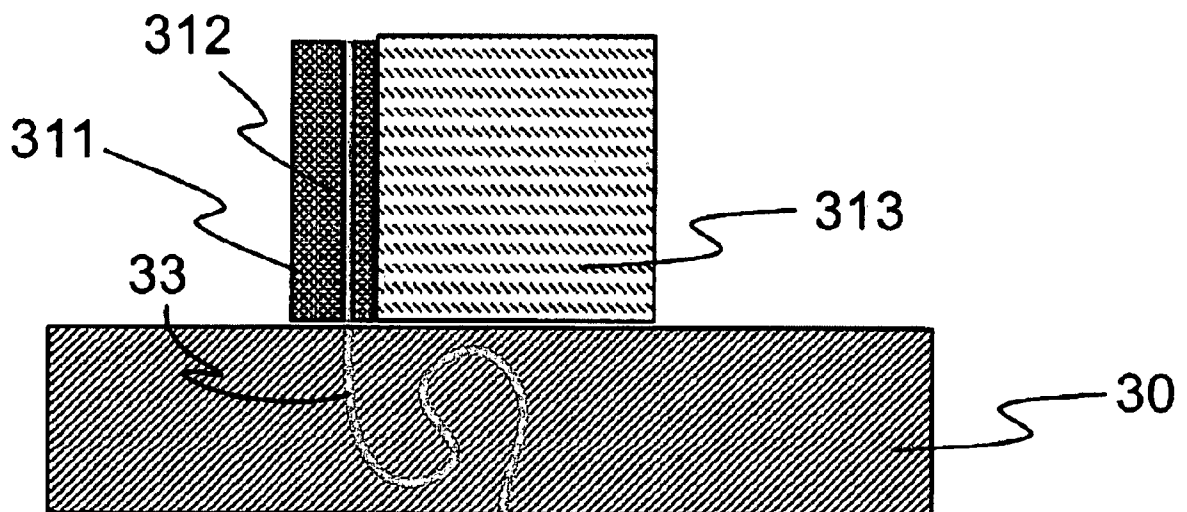


FIG. 5



**FIG. 6A**



**FIG. 6B**



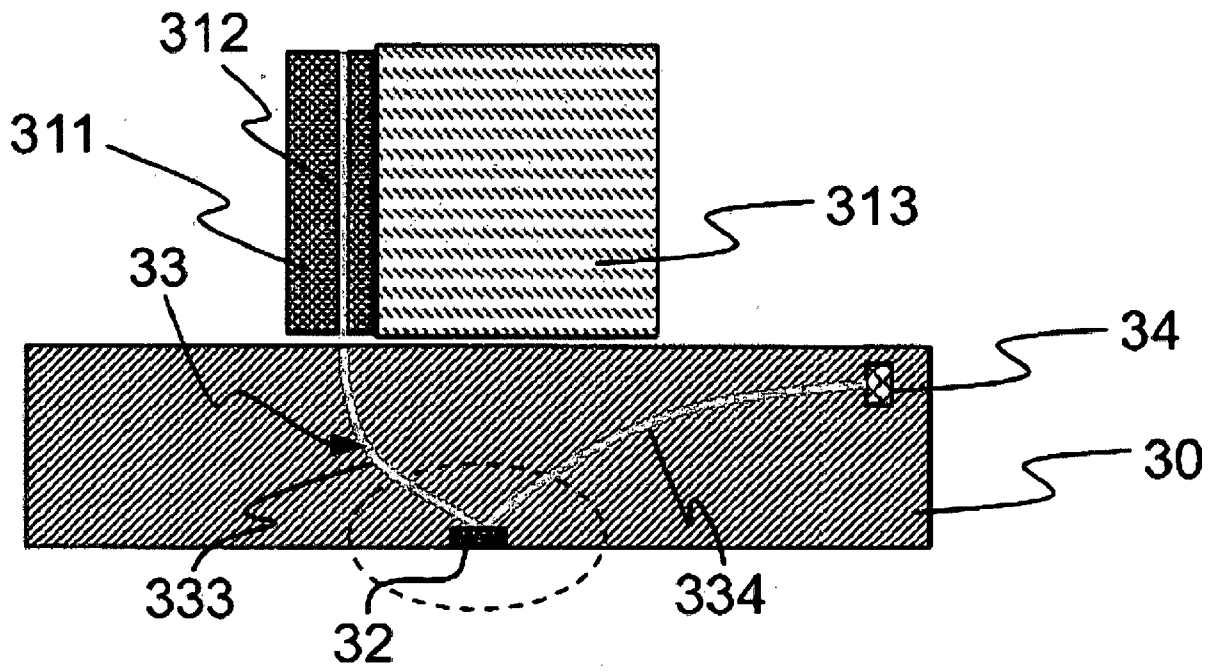


FIG. 7A

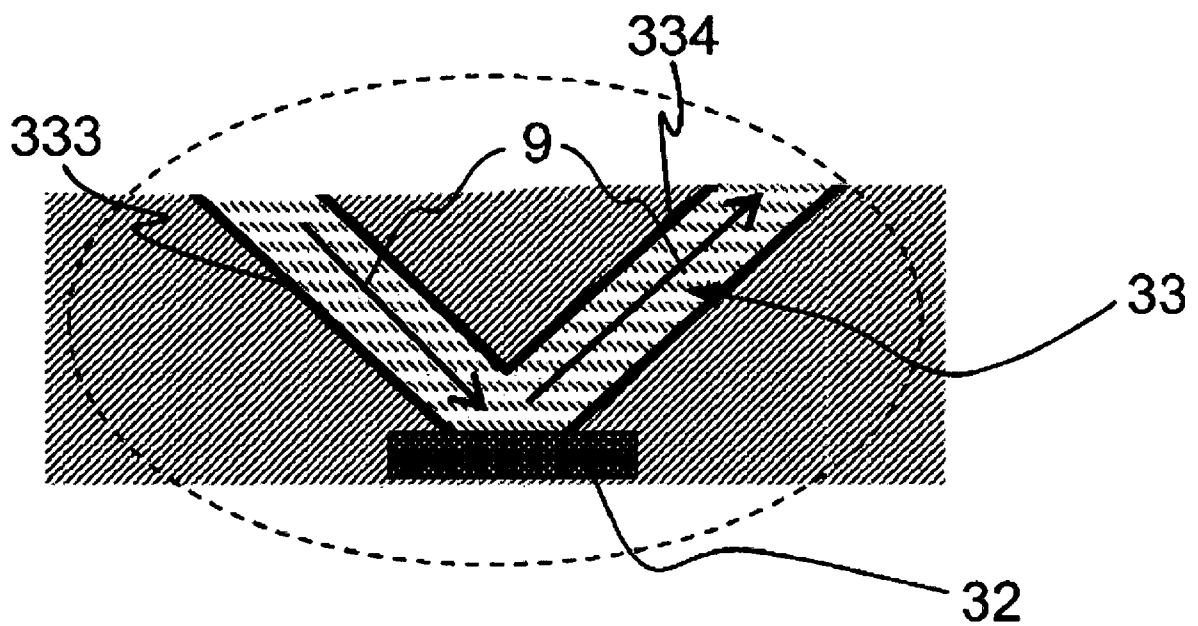
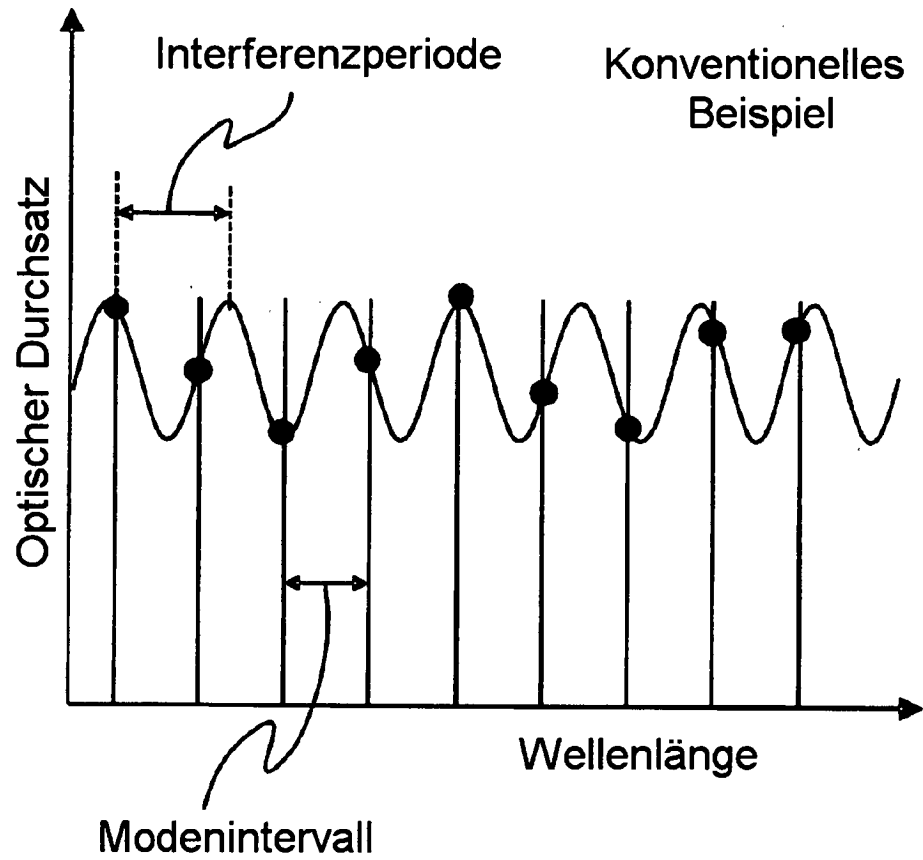
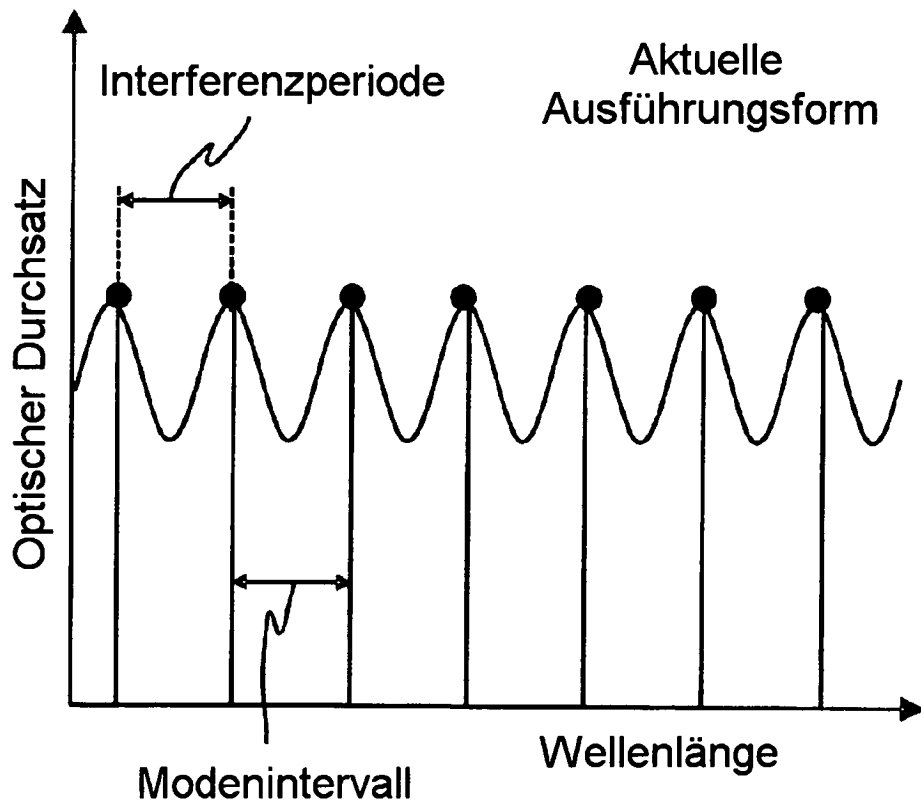


FIG. 7B

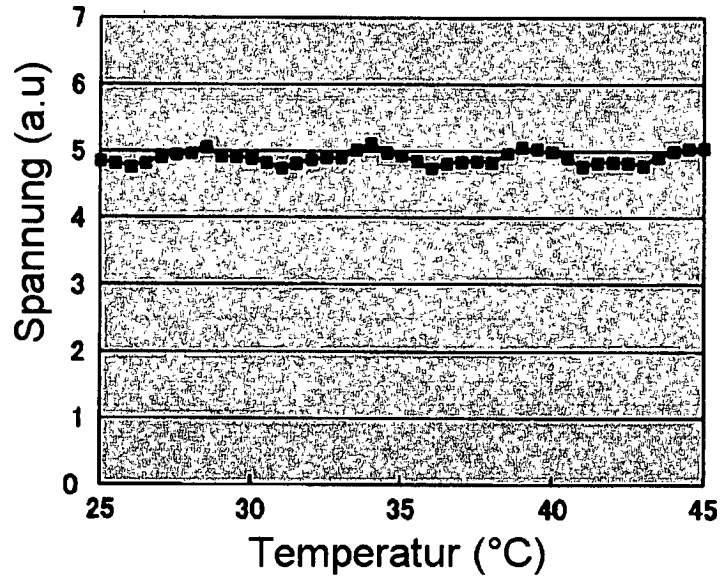


**FIG. 8A**

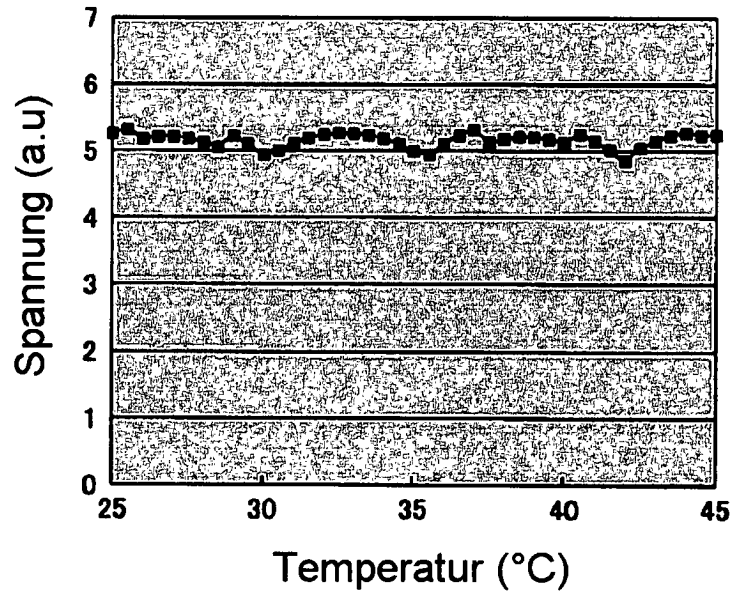


**FIG. 8B**

LD = 330  $\mu\text{m}$  x 3.5  
 WG = 300  $\mu\text{m}$  x 1.9



LD = 250  $\mu\text{m}$  x 3.5  
 WG = 300  $\mu\text{m}$  x 1.9



LD = 165  $\mu\text{m}$  x 3.5  
 WG = 300  $\mu\text{m}$  x 1.9

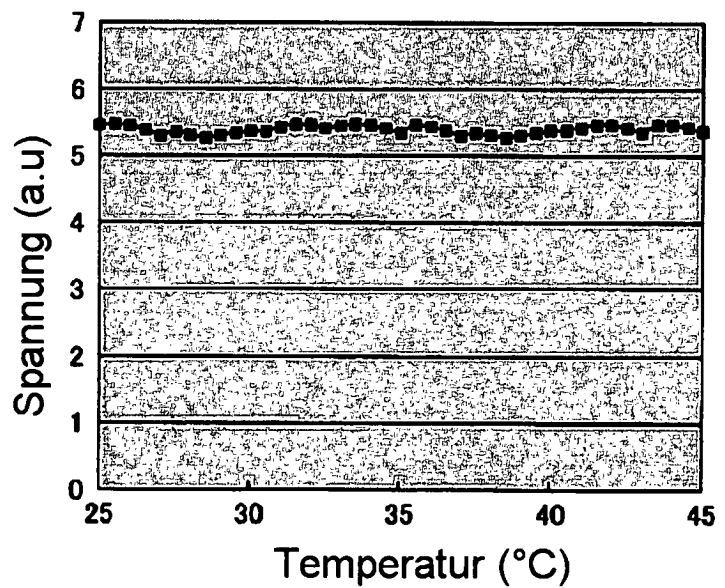


FIG. 9

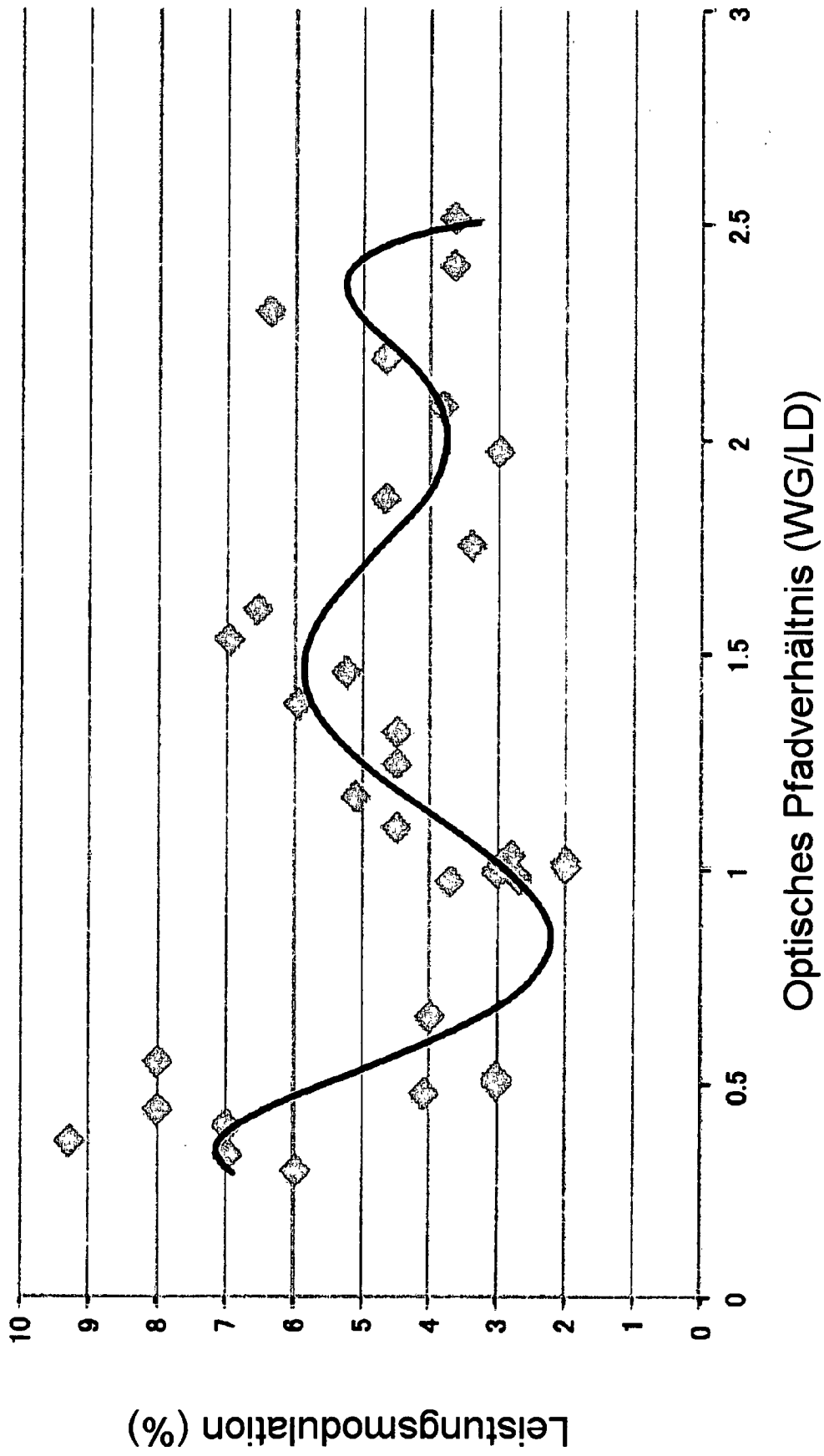


FIG. 10

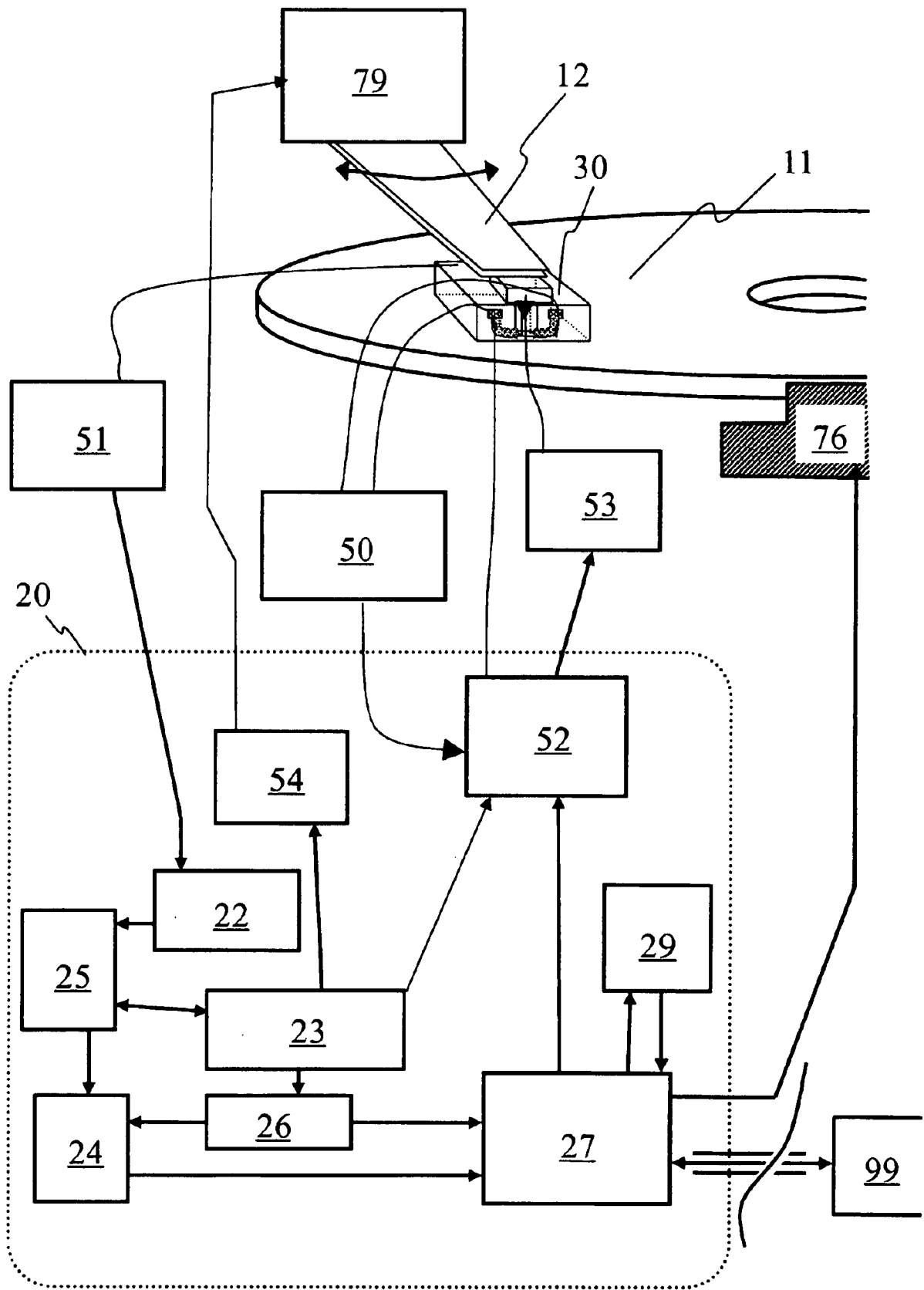


FIG. 11

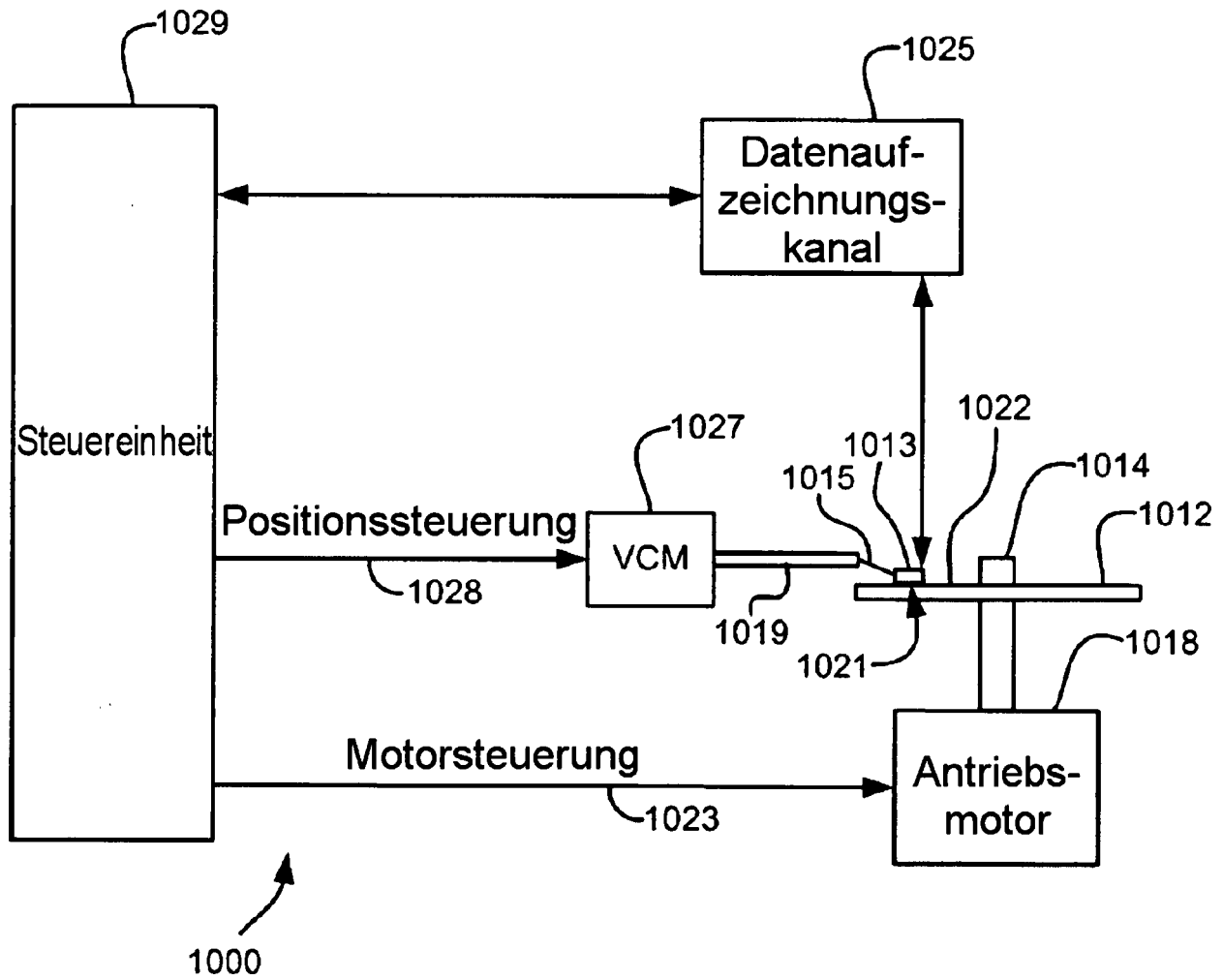
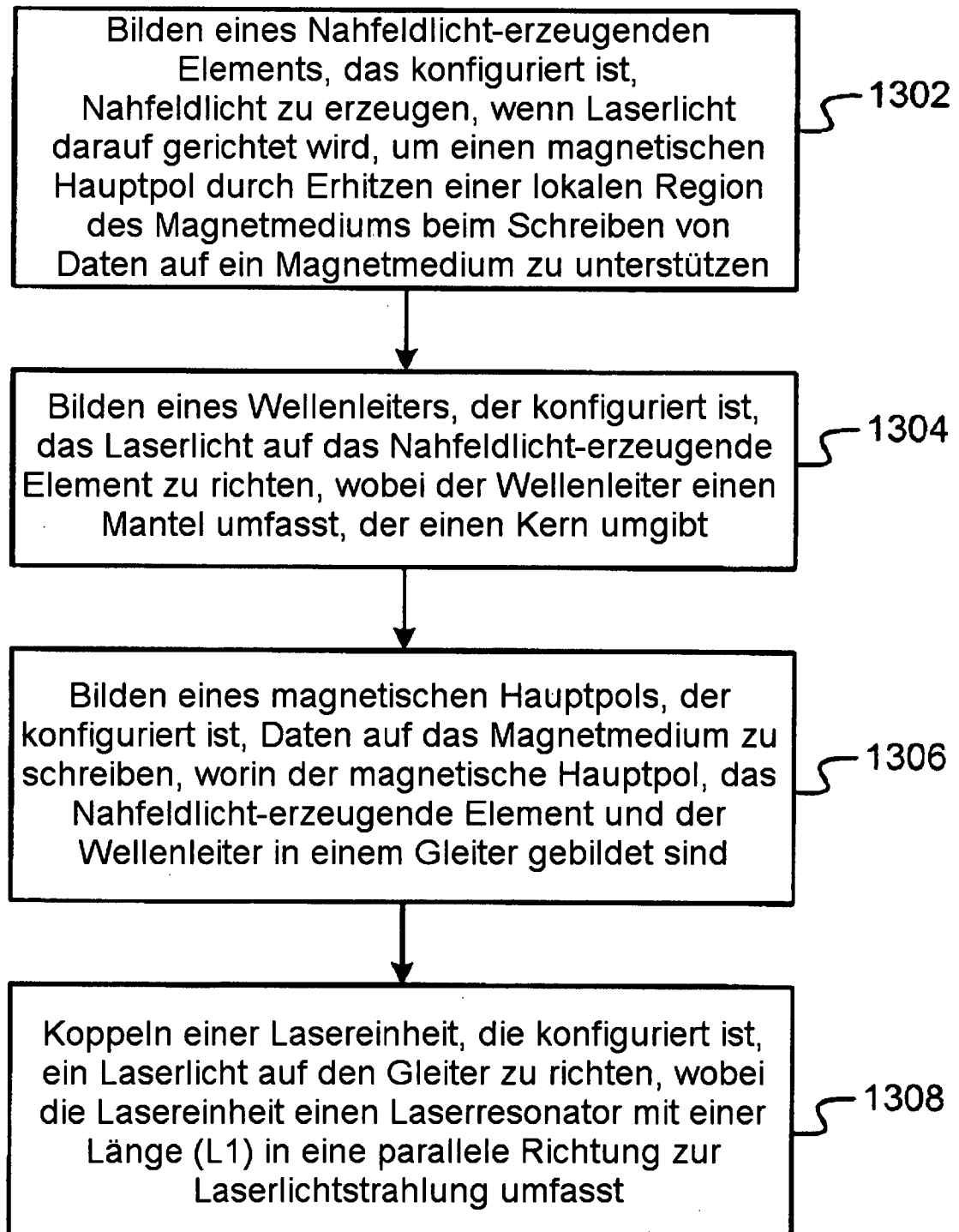


FIG. 12

1300

**FIG. 13**