



(10) **DE 10 2016 102 495 A1** 2016.09.01

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 102 495.3**

(22) Anmeldetag: **12.02.2016**

(43) Offenlegungstag: **01.09.2016**

(51) Int Cl.: **G11B 5/008 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
14/634,669 **27.02.2015** **US**

(71) Anmelder:
**International Business Machines Corporation,
Armonk, N.Y., US**

(74) Vertreter:
**LifeTech IP Spies & Behrndt Patentanwälte PartG
mbB, 80687 München, DE**

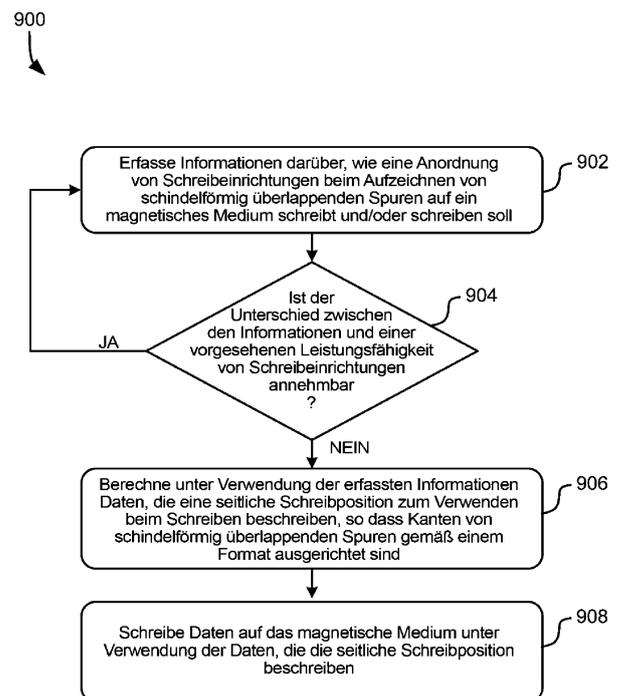
(72) Erfinder:
**Biskeborn, Robert Glenn, San Jose, Calif., US;
Czarnecki, Wlodzimierz Stanley, San Jose, Calif.,
US; Gale, Ernest Stewart, Tucson, Ariz., US;
Liang, Jason, San Jose, Calif., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **AUSGERICHTETES SCHINDELFÖRMIG ÜBERLAPPENDES SCHREIBEN FÜR MAGNETISCHE
AUFZEICHNUNGSMEDIEN UND MEDIEN MIT POSITIONIERTEN SPUREN, DIE SCHINDELFÖRMIG
ÜBERLAPPENDE KANTEN AUFWEISEN**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform enthält Erfassen von Informationen darüber, wie eine Anordnung aus Schreibeinrichtungen auf ein magnetisches Medium bei überlappendem Aufzeichnen schreibt und/oder schreiben soll, und unter Verwendung der erfassten Informationen Berechnen von Daten, die eine seitliche Schreibposition beschreiben, zum Verwenden beim Schreiben, so dass Kanten überlappender Spuren gemäß einem Format ausgerichtet sind. Ein Verfahren gemäß einer weiteren Ausführungsform enthält Erhalten eines seitlichen Versatzes von einer nominellen Schreibposition und Anwenden des seitlichen Versatzes zum Neupositionieren einer Anordnung aus Schreibeinrichtungen relativ zu einer nominellen Schreibposition beim Schreiben in einer ersten Richtung. Ein Produkt gemäß einer Ausführungsform enthält ein magnetisches Aufzeichnungsmedium; und Daten, die angeben, ob ein seitlicher Versatz der Schreibposition beim Schreiben verwendet wurde.



Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Datenspeichersysteme und bezieht sich insbesondere auf die Kantenplatzierung von geschriebenen Daten, um ausgerichtetes schindelförmig überlappendes Schreiben zu erreichen.

[0002] Bei magnetischen Speichersystemen lesen magnetische Wandler Daten von magnetischen Aufzeichnungs-Datenträgern und schreiben Daten auf diese. Daten werden auf die magnetischen Aufzeichnungs-Datenträger geschrieben, indem ein magnetischer Aufzeichnungswandler zu einer Position über den Datenträgern bewegt wird, an der die Daten gespeichert werden sollen. Der magnetische Aufzeichnungswandler erzeugt dann ein magnetisches Feld, das die Daten in den magnetischen Datenträgern codiert. Daten werden von den Datenträgern gelesen, indem der magnetische Lesewandler in ähnlicher Weise positioniert wird und anschließend das magnetische Feld der magnetischen Datenträger gelesen wird. Lese- und Schreiboperationen können unabhängig mit der Bewegung der Datenträger synchronisiert werden, um sicherzustellen, dass die Daten von der gewünschten Stelle auf den Datenträgern gelesen und an dieser geschrieben werden können.

[0003] Ein wichtiges und fortbestehendes Ziel in der Datenspeicher-Branche besteht im Erhöhen der Dichte von Daten, die auf einem Datenträger gespeichert werden. Bei Bandspeichersystemen hat dieses Ziel zum Vergrößern der Spur- und der linearen Bit-Dichte auf dem Aufzeichnungsband und zum Verringern der Dicke des Magnetband-Datenträgers geführt. Die Entwicklung von leistungsstarken Bandlaufwerkssystemen mit kompakter Größe hat zahlreiche Probleme bei der Konstruktion einer Bandkopf-Baugruppe zur Verwendung bei derartigen Systemen mit sich gebracht.

[0004] Bei einem Bandlaufwerkssystem bewegt das Laufwerk das Magnetband bei hoher Geschwindigkeit über die Oberfläche des Bandkopfs. Der Bandkopf ist üblicherweise so gestaltet, dass der Abstand zwischen Kopf und Band möglichst klein ist. Der Abstand zwischen dem Magnetkopf und dem Magnetband ist entscheidend, und deshalb bestehen bei diesen Systemen die Ziele darin, dass sich die Aufzeichnungsspalte der Wandler, bei denen es sich um die Quelle des magnetischen Aufzeichnungsflusses handelt, in engem Kontakt mit dem Band befinden, um scharfe Schreibübergänge zu bewirken, und die Leselemente in einem engen Kontakt mit dem Band zu halten, um eine wirksame Kopplung des Magnetfelds vom Band zu den Leselementen zu gewährleisten.

[0005] Die Menge von Daten, die auf einem Magnetband gespeichert werden, kann vergrößert werden, indem die Anzahl von Datenspuren quer zur Bandrichtung erhöht wird. Darüber hinaus können durch überlappende Abschnitte von Datenspuren (beispielsweise schindelförmiges Überlappen von Datenspuren) Verbesserungen bei den Datenspeichermengen erreicht werden.

KURZDARSTELLUNG

[0006] Ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform enthält Erfassen von Informationen, wie eine Anordnung von Schreibeinrichtungen auf ein magnetisches Medium beim schindelförmig überlappenden Aufzeichnen schreibt und/oder schreiben sollte, und unter Verwendung der erfassten Informationen Berechnen von Daten, die eine seitliche Schreibposition beschreiben, zum Verwenden beim Schreiben, so dass schindelförmig überlappende Spurkanen gemäß einem Format ausgerichtet sind.

[0007] Ein Verfahren gemäß einer weiteren Ausführungsform enthält Erhalten eines seitlichen Versatzes (offset) von einer nominellen Schreibposition und Anwenden des seitlichen Versatzes zum Neupositionieren einer Schreibposition einer Anordnung von Schreibeinrichtungen relativ zu einer nominellen Schreibposition beim Schreiben in einer ersten Richtung.

[0008] Ein Produkt gemäß einer Ausführungsform enthält ein magnetisches Aufzeichnungsmedium; und Daten, die angeben, ob ein seitlicher Versatz der Schreibposition beim Schreiben verwendet wurde.

[0009] Ein Computerprogrammprodukt gemäß einer Ausführungsform enthält ein computerlesbares Speichermedium mit Programmbefehlen, die darin verkörpert sind, wobei die Programmbefehle durch eine Steuereinheit ausgeführt werden können, um die Steuereinheit zu veranlassen, ein oder mehrere der vorhergehenden Verfahren auszuführen.

[0010] Jede dieser Ausführungsformen kann in einem magnetischen Datenspeichersystem umgesetzt werden, beispielsweise ein Bandlaufwerkssystem, das einen Magnetkopf, einen Laufwerkmechanismus zum Führen eines magnetischen Mediums (z. B. Aufzeichnungsband) über den Magnetkopf und eine Steuereinheit enthält, die mit dem Magnetkopf elektrisch verbunden ist.

[0011] Weitere Aspekte und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden genauen Beschreibung deutlich, die in Verbindung mit den Zeichnungen die Grundgedanken der Erfindung beispielhaft veranschaulicht.

KURZBESCHREIBUNG DER
MEHREREN ZEICHNUNGSANSICHTEN

[0012] Fig. 1A ist ein schematisches Schaubild eines vereinfachten Bandlaufwerksystems gemäß einer Ausführungsform.

[0013] Fig. 1B ist ein schematisches Schaubild einer Bandkassette gemäß einer Ausführungsform.

[0014] Fig. 2 veranschaulicht eine Seitenansicht eines eben geläpten, bidirektionalen Magnetbandkopfes mit zwei Modulen gemäß einer Ausführungsform.

[0015] Fig. 2A ist eine Ansicht einer Bandauflagefläche, betrachtet von der Linie 2A von **Fig. 2**.

[0016] Fig. 2B ist eine genauere Ansicht, betrachtet von dem Kreis 2B von **Fig. 2A**.

[0017] Fig. 2C ist eine genauere Teilansicht einer Bandauflagefläche eines Modulpaars.

[0018] Fig. 3 ist eine Teilansicht einer Bandaufgabe eines Magnetkopfes mit einer Konfiguration Schreiben-Lesen-Schreiben.

[0019] Fig. 4 ist eine Teilansicht einer Bandaufgabe eines Magnetkopfes mit einer Konfiguration Lesen-Schreiben-Lesen.

[0020] Fig. 5 ist eine Seitenansicht eines Magnetbandkopfes mit drei Modulen gemäß einer Ausführungsform, wobei alle Module im Allgemeinen längs paralleler Ebenen liegen.

[0021] Fig. 6 ist eine Seitenansicht eines Magnetbandkopfes mit drei Modulen, die eine sich berührende (gewinkelte) Konfiguration aufweisen.

[0022] Fig. 7 ist eine Seitenansicht eines Magnetbandkopfes mit drei Modulen, die eine Umschlingungs-Konfiguration aufweisen.

[0023] Die Fig. 8A bis Fig. 8F repräsentative Teilansichten von schindelförmig überlappten Datenspuren gemäß verschiedener Ausführungsformen.

[0024] Fig. 9 ist ein Ablaufplan eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform.

[0025] Die Fig. 10A bis Fig. 10B sind grafische Darstellungen der Byte/C2-Rückschreib-Fehlerrate als Funktion des seitlichen Lese-Versatzes vor und nach Anwenden eines Versatzes der seitlichen Schreibposition.

[0026] Fig. 11 ist ein Ablaufplan eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform.

[0027] Fig. 12A ist eine Darstellung eines Bands mit schindelförmig überlappenden Spuren, die gemäß einer Ausführungsform nichtschlangenförmig geschrieben sind.

[0028] Fig. 12B ist eine Darstellung eines Bands mit schindelförmig überlappenden Spuren, die gemäß einer Ausführungsform schlangenförmig geschrieben sind.

[0029] Fig. 12C ist eine Darstellung eines Bands mit schindelförmig überlappenden Spuren, die schlangenförmig geschrieben sind und gemäß einer Ausführungsform einen Richtungspuffer aufweisen.

[0030] Fig. 13 ist ein Ablaufplan eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform.

[0031] Fig. 14 ist eine repräsentative Darstellung eines Bands mit schindelförmig überlappenden Datenspuren gemäß einer Ausführungsform.

[0032] Fig. 15A ist eine repräsentative Darstellung einer schindelförmig überlappenden Datenspur gemäß einer Ausführungsform.

[0033] Fig. 15B ist eine Darstellung, die Rücklesefehler als Funktion des Versatzes der Leseeinrichtung gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht.

GENAUE BESCHREIBUNG

[0034] Die folgende Beschreibung erfolgt für den Zweck des Veranschaulichens der allgemeinen Grundgedanken der vorliegenden Erfindung und soll die hier beanspruchten erfindungsgemäßen Konzepte nicht einschränken. Des Weiteren können bestimmte, hier beschriebene Merkmale in Kombination mit anderen beschriebenen Merkmalen in jeder der verschiedenen möglichen Kombinationen und Permutationen verwendet werden.

[0035] Falls hier nicht anders angegeben, sollen alle Ausdrücke ihre umfangreichste Interpretation sowie Bedeutungen erhalten, die sich aus der Spezifikation ergeben und von Fachleuten verstanden werden und/oder in Wörterbüchern, Abhandlungen usw. definiert sind.

[0036] Es muss außerdem beachtet werden, dass die in der Spezifikation und den angefügten Ansprüchen verwendeten Singularformen „ein“ und „der/die/das“ die Pluralformen einschließen, falls nicht anders angegeben.

[0037] Die folgende Beschreibung offenbart mehrere bevorzugte Ausführungsformen von Magnetspeichersystemen sowie die Funktionsweise und/oder deren Bestandteile.

[0038] Bei einer allgemeinen Ausführungsform enthält ein Verfahren Erfassen von Informationen, wie eine Anordnung von Schreibeinrichtungen beim Aufzeichnen mit überlappenden Spuren auf ein magnetisches Medium schreibt und/oder schreiben sollte, und unter Verwendung der erfassten Informationen Berechnen von Daten, die eine seitliche Schreibposition beschreiben, zum Verwenden beim Schreiben, so dass die überlappenden Spurkanen gemäß einem Format ausgerichtet sind.

[0039] Bei einer weiteren allgemeinen Ausführungsform enthält ein Verfahren Erfassen eines seitlichen Versatzes von einer nominellen Schreibposition und Anwenden des seitlichen Versatzes zum Neupositionieren einer Schreibposition einer Anordnung von Schreibeinrichtungen relativ zu einer nominellen Schreibposition beim Schreiben in eine erste Richtung.

[0040] Bei einer weiteren allgemeinen Ausführungsform enthält ein Produkt ein magnetisches Aufzeichnungsmedium; und Daten, die angeben, ob ein seitlicher Versatz der Schreibposition beim Schreiben verwendet wurde.

[0041] Bei einer nochmals weiteren allgemeinen Ausführungsform enthält ein Computerprogrammprodukt ein computerlesbares Speichermedium mit Programmbefehlen, die darin verkörpert sind, wobei die Programmbefehle durch eine Steuereinheit ausgeführt werden können, um die Steuereinheit zu veranlassen, ein oder mehrere der vorhergehenden Verfahren auszuführen.

[0042] Fig. 1A veranschaulicht ein vereinfachtes Bandlaufwerk **100** eines bandgestützten Datenspeichersystems, das im Kontext der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Zwar ist in Fig. 1A eine spezielle Umsetzung eines Bandlaufwerks gezeigt, es ist jedoch zu beachten, dass die hier beschriebenen Ausführungsformen im Kontext jedes Typs des Bandlaufwerksystems umgesetzt werden kann.

[0043] Wie gezeigt werden eine Bandzuführkassette **120** und eine Aufnahmespule **121** bereitgestellt, um ein Band **122** zu tragen. Eine oder mehrere der Spulen können Teil einer Wechselskassette sein und sind nicht notwendigerweise Teil des Laufwerks **100**. Das Bandlaufwerk wie beispielsweise das in Fig. 1A veranschaulichte Bandlaufwerk kann des Weiteren Antriebsmotor(e) zum Antreiben der Bandzuführkassette **120** und der Aufnahmespule **121** enthalten, um das Band **122** über einen Bandkopf **126** eines beliebigen Typs zu bewegen. Ein derartiger Kopf kann eine Anordnung aus Leseeinrichtungen, Schreibeinrichtungen oder beides enthalten.

[0044] Führungen **125** führen das Band **125** über den Bandkopf **126**. Ein derartiger Bandkopf **126** ist

über ein Kabel **130** mit einer Steuereinheit **128** verbunden. Bei der Steuereinheit **128** kann es sich um einen Prozessor und/oder eine Logikschaltung zum Steuern aller Teilsysteme des Laufwerks **100** handeln oder sie kann diese enthalten. Üblicherweise steuert die Steuereinheit **128** beispielsweise Kopffunktionen wie Servo-Nachlauf, Datenschreiben, Datenlesen usw. Die Steuereinheit **128** kann wenigstens einen Servo-Kanal und wenigstens einen Datenkanal enthalten, von denen jeder eine Verarbeitungs-Logikschaltung des Datenflusses enthält, die so eingerichtet ist, dass sie Informationen verarbeitet und speichert, die auf das Band **122** geschrieben und/oder von diesem gelesen werden sollen. Die Steuereinheit **128** kann gemäß einer Logik, die nach dem Stand der Technik bekannt ist, sowie einer hier offenbarten Logik betrieben werden und kann somit als Prozessor für jede der Beschreibungen von Bandlaufwerken betrachtet werden, die hier in verschiedenen Ausführungsformen enthalten sind. Die Steuereinheit **128** kann mit einem Speicher **136** beliebigen Typs verbunden sein, der Befehle speichern kann, die durch die Steuereinheit **128** ausgeführt werden können. Darüber hinaus kann die Steuereinheit **128** so konfiguriert und/oder programmierbar sein, so dass sie einige oder alle der hier dargestellten Verfahrensweisen ausführt oder steuert. Daher kann die Steuereinheit **128** so betrachtet werden, dass sie eingerichtet ist, um verschiedene Operationen mittels Logikschaltungen ausführt, die in einem oder mehreren Chips, Modulen und/oder Blöcken programmiert sind; wobei Software, Firmware und/oder andere Befehle für einen oder mehrere Prozessoren usw. und Kombinationen hiervon verfügbar sind.

[0045] Das Kabel **130** kann Lese/Schreib-Schaltungen enthalten, um Daten zum dem Kopf **126** zu übertragen, die auf dem Band **122** aufgezeichnet werden sollen, und um Daten zu empfangen, die durch den Kopf **126** von dem Band **122** gelesen werden. Ein Stellglied **132** steuert die Position des Kopfes **126** relativ zu dem Band **122**.

[0046] Außerdem kann eine Schnittstelle **134** für einen Datenaustausch zwischen dem Bandlaufwerk **100** und einem (internen oder externen) Host bereitgestellt werden, um die Daten zu senden und zu empfangen, und zum Steuern der Funktionsweise des Bandlaufwerks **100** und Überfragen des Status des Bandlaufwerks **100** an den Host, wie einem Fachmann klar ist.

[0047] Fig. 1B veranschaulicht eine beispielhafte Bandkassette **150** gemäß einer Ausführungsform. Eine derartige Bandkassette **150** kann bei einem System wie das in Fig. 1A gezeigte verwendet werden. Wie gezeigt enthält die Bandkassette **150** ein Gehäuse **152**, ein Band **122** in dem Gehäuse **152** und einen nichtflüchtigen Speicher **156**, der mit dem Gehäuse **152** verbunden ist. Bei einigen Ansätzen kann

der nichtflüchtige Speicher **156** in das Gehäuse **152** eingebettet sein wie in **Fig. 1B** gezeigt. Bei weiteren Ansätzen kann der nichtflüchtige Speicher **156** an der Innenseite oder Außenseite des Gehäuses **152** ohne Modifikation des Gehäuses angebracht sein. Der nichtflüchtige Speicher kann beispielsweise in ein selbstklebendes Etikett **154** eingebettet sein. Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann es sich bei dem nichtflüchtigen Speicher um eine Flash-Speichereinheit, eine ROM-Einheit usw. handeln, die an der Innenseite oder Außenseite der Bandkassette **150** eingebettet oder mit dieser verbunden ist. Auf den nichtflüchtigen Speicher kann durch das Bandlaufwerk und die Band-Betriebssoftware (die Laufwerk-Software) und/oder andere Einheiten zugegriffen werden.

[0048] **Fig. 2** veranschaulicht beispielhaft eine Seitenansicht eines eben geläpften, bidirektionalen Magnetbandkopfes **200** mit zwei Modulen, der im Kontext der vorliegenden Erfindung umgesetzt werden kann. Wie gezeigt enthält der Kopf ein Paar Grundkörper **202**, die jeweils mit einem Modul **204** ausgestattet sind und unter einem kleinen Winkel zueinander angebracht sind. Bei den Grundkörpern kann es sich um „U-förmige Träger“ handeln, die miteinander verklebt sind. Jedes Modul **204** enthält ein Substrat **204A** und eine Abdeckung **204B** mit einem Dünnschichtabschnitt, der allgemein als „Spalt“ bezeichnet wird, in dem die Leseeinrichtungen und/oder Schreibeinrichtungen **206** gebildet sind. Im Gebrauch wird das Band **208** über die Module **204** längs der Medien-(Band-)Auflagefläche **209** in der gezeigten Weise bewegt, um Daten unter Verwendung der Lese- und Schreibeinrichtungen von dem Band **208** zu lesen und darauf zu schreiben. Der Umschlingungswinkel Γ des Bands an Kanten, die sich zu den ebenen Medienauflageflächen **209** und von diesen weg erstrecken, liegt gewöhnlich zwischen etwa 0,1 Grad und etwa 3 Grad.

[0049] Die Substrate **204A** sind üblicherweise aus einem verschleißfesten Material wie beispielsweise Keramik gebildet. Die Abdeckungen **204B** sind aus derselben oder einer ähnlichen Keramik wie die Substrate **204A** hergestellt.

[0050] Die Lese- und Schreibeinrichtungen können in einer Huckepack- oder Mischkonfiguration angeordnet sein. Eine veranschaulichende Huckepack-Konfiguration weist einen (magnetisch leitenden) Schreibwandler über (oder unter) einem (magnetisch geschirmten) Lese-Wandler (z. B. eine magnetoresistive Leseeinrichtung usw.) auf, wobei die Pole der Schreibeinrichtung und die Abschirmungen der Leseeinrichtung im Allgemeinen voneinander getrennt sind. Eine veranschaulichende Mischkonfiguration weist eine Abschirmung der Leseeinrichtung in derselben physischen Schicht wie ein Pol der Schreibeinrichtung auf (daher „gemischt“). Die Leseeinrich-

tungen und die Schreibeinrichtungen können außerdem in einer verschachtelten Konfiguration angeordnet sein. Alternativ kann es sich bei jeder Anordnung von Kanälen nur um Leseeinrichtungen oder nur um Schreibeinrichtungen handeln. Jede dieser Anordnungen kann eine oder mehrere Leseeinrichtungen der Servo-Spur zum Lesen von Servo-Daten auf dem Medium enthalten.

[0051] **Fig. 2A** veranschaulicht die Bandauflegefläche **209** eines der Module **204**, betrachtet von einer Linie 2A von **Fig. 2**. Ein repräsentatives Band **208** ist in gestrichelten Linien gezeigt. Das Modul **204** weist vorzugsweise eine hinreichende Länge auf, damit es in der Lage ist, das Band zu unterstützen, wenn sich der Kopf zwischen Datenbereichen schrittweise bewegt.

[0052] Bei diesem Beispiel enthält das Band **208** 4 bis 32 Datenbereiche, z. B. mit 16 Datenbereichen und 17 Servo-Spuren **210** wie in **Fig. 2A** gezeigt, auf einem Band **208** mit Halbzollbreite. Die Datenbereiche sind zwischen Servo-Spuren **210** definiert. Jeder Datenbereich kann eine Anzahl von Datenspuren, beispielsweise 1024 Datenspuren (nicht gezeigt), enthalten. Bei Lese/Schreib-Operationen werden die Leseeinrichtungen und/oder Schreibeinrichtungen **206** auf spezielle Spurpositionen innerhalb eines der Datenbänder positioniert. Äußere Leseeinrichtungen, die gelegentlich als Servo-Leseeinrichtungen bezeichnet werden, lesen die Servo-Spuren **210**. Die Servo-Signale werden wiederum verwendet, um die Leseeinrichtungen und/oder Schreibeinrichtungen **206** bei den Lese/Schreib-Operationen auf eine bestimmte Menge von Spuren ausgerichtet zu halten.

[0053] **Fig. 2B** zeigt eine Mehrzahl von Leseeinrichtungen und/oder Schreibeinrichtungen **206**, die in einem Spalt **218** des Moduls **204** im Kreis 2B von **Fig. 2A** gebildet sind. Wie gezeigt enthält die Anordnung aus Leseeinrichtungen und Schreibeinrichtungen **206** beispielsweise 16 Schreibeinrichtungen **214**, 16 Leseeinrichtungen **216** und zwei Servo-Leseeinrichtungen **212**, wobei die Anzahl der Elemente allerdings variieren kann. Veranschaulichende Ausführungsformen enthalten 8, 16, 32, 40 und 64 aktive Leseeinrichtungen und/oder Schreibeinrichtungen **206** pro Anordnung, und alternativ weisen verschachtelte Bauformen ungerade Anzahlen von Leseeinrichtungen und Schreibeinrichtungen auf wie beispielsweise 17, 25, 33 usw. Eine veranschaulichende Ausführungsform enthält 32 Leseeinrichtungen pro Anordnung und/oder 32 Schreibeinrichtungen pro Anordnung, wobei die tatsächliche Anzahl von Wandler-Elementen möglicherweise größer ist, z. B. 33, 34 usw. Daher kann sich das Magnetband langsamer bewegen, wodurch geschwindigkeitsinduzierte Spurlagerungs- und mechanische Probleme vermindert werden können und/oder geringere „Umschlin-

gungen" ausgeführt werden, um das Magnetband zu füllen oder zu lesen. Zwar können die Leseeinrichtungen und Schreibeinrichtungen in einer Huckepack-Konfiguration angeordnet werden wie in **Fig. 2B** gezeigt, die Leseeinrichtungen **216** und die Schreibeinrichtungen **214** können außerdem in einer verschachtelten Konfiguration angeordnet werden. Alternativ kann es sich bei jeder Anordnung aus Leseeinrichtungen und/oder Schreibeinrichtungen **206** lediglich um Leseeinrichtungen oder lediglich um Schreibeinrichtungen handeln, und die Anordnungen können eine oder mehrere Servo-Leseeinrichtungen **212** enthalten. Wie bei gemeinsamer Betrachtung der **Fig. 2** und **Fig. 2A** bis **Fig. 2B** festgestellt werden kann, kann jedes Modul **204** eine komplementäre Menge von Leseeinrichtungen und/oder Schreibeinrichtungen **206** für solche Dinge enthalten wie bidirektionales Lesen und Schreiben, die Möglichkeit des Lesens während des Schreibens, Rückwärts-Kompatibilität usw.

[0054] **Fig. 2C** zeigt eine Teilansicht einer Magnetband-Auflagefläche von komplementären Modulen eines Magnetbandkopfes **200** gemäß einer Ausführungsform. Bei dieser Ausführungsform weist jedes Modul eine Mehrzahl von Lese/Schreib-(R/W-)Paaren in einer Huckepack-Konfiguration, die auf einem gemeinsamen Substrat gebildet ist, und eine optionale elektrisch isolierende Schicht **236** auf. Die Schreibeinrichtungen, die durch den Schreibwandler **214** veranschaulicht werden, und die Leseeinrichtungen, die durch den Lesewandler **216** veranschaulicht werden, sind auf eine vorgesehene Laufrichtung eines Magnetbandmediums über dieses hinweg parallel ausgerichtet, um ein R/W-Paar zu bilden, das durch das R/W-Paar **222** veranschaulicht wird. Es ist zu beachten, dass die vorgesehene Richtung des Bandlaufs hier gelegentlich als Bandlaufrichtung bezeichnet wird, wobei diese Ausdrücke austauschbar verwendet werden können. Die Richtung des Bandlaufs kann aus dem Aufbau des Systems abgeleitet werden, beispielsweise durch Prüfen der Führungen; Beobachten der tatsächlichen Bandlaufrichtung in Bezug auf den Referenzpunkt; usw. Darüber hinaus ist in einem System, das für bidirektionales Lesen und/oder Schreiben betrieben werden kann, die Bandlaufrichtung in beiden Richtungen üblicherweise parallel, und daher können beide Richtungen als untereinander gleichwertig betrachtet werden.

[0055] Es können mehrere R/W-Paare **222** vorhanden sein, beispielsweise 8, 16, 32 Paare usw. Die R/W-Paare **222** sind in einer Richtung im Allgemeinen senkrecht zu einer Bandlaufrichtung über diese hinweg linear ausgerichtet dargestellt. Die Paare können jedoch außerdem diagonal usw. ausgerichtet sein. Servo-Leseeinrichtungen **212**, deren Funktion bekannt ist, sind an der Außenseite der Anordnung von R/W-Paaren positioniert.

[0056] Das Magnetbandmedium bewegt sich im Allgemeinen entweder in einer Vorwärts- oder in einer Rückwärtsrichtung, wie durch einen Pfeil **220** angegeben. Das Magnetbandmedium und die Kopfbaugruppe **200** werden in einer signalübertragenden Beziehung in einer Weise betrieben, die in der Technik bekannt ist. Die Huckepack-MR-Kopfbaugruppe **200** enthält zwei Dünnschicht-Module **224** und **226** mit im Allgemeinen identischem Aufbau.

[0057] Die Module **224** und **226** sind zusammengefügt, wobei ein Raum zwischen ihren Abdeckungen **204B** (nicht gezeigt) vorhanden ist, um eine einzige physische Einheit zu bilden, damit eine Möglichkeit Lesen während Schreiben bereitgestellt werden kann, indem die Schreibeinrichtung des vorangehenden Moduls und die Leseeinrichtung des nachfolgenden Moduls aktiviert werden, das auf die Schreibeinrichtung des vorangehenden Moduls relativ zu dessen Bandlaufrichtung parallel ausgerichtet ist. Wenn ein Modul **224**, **226** eines Huckepack-Kopfes **200** gebildet wird, werden Schichten in dem Spalt **218**, der über einem (teilweise gezeigten) elektrisch leitenden Substrat **204A** erzeugt wird, das beispielsweise aus AlTiC besteht, für die R/W-Paare **222** im Allgemeinen in der folgenden Reihenfolge gebildet: eine isolierende Schicht **236**, eine erste Abschirmung **232**, die üblicherweise aus einer Eisenlegierung wie beispielsweise NiFe(-), CZT oder Al-Fe-Si (Sendust) gebildet ist, ein Sensor **234** zum Erfassen einer Datenspur auf einem magnetischen Medium, eine zweite Abschirmung **238**, die üblicherweise aus einer Nickel-Eisen-Legierung gebildet ist (z. B. ~80/20 at% NiFe, auch als Permalloy bekannt), Polspitzen **228**, **230** der ersten und der zweiten Schreibeinrichtungen und eine Spule (nicht gezeigt). Der Sensor kann von einem bekannten Typ sein, darunter jene, die auf MR, GMR, AMR, Tunnel-Magnetowiderstand (TMR) usw. beruhen.

[0058] Die Pole **228**, **230** der ersten und zweiten Schreibeinrichtungen können aus Materialien mit starkem magnetischen Moment wie beispielsweise ~45/55 NiFe hergestellt werden. Es ist zu beachten, dass diese Materialien lediglich beispielhaft genannt werden und andere Materialien verwendet werden können. Zusätzliche Schichten wie beispielsweise eine Isolierung zwischen den Abschirmungen und/oder Polspitzen und eine Isolierschicht, die den Sensor umgibt, können vorhanden sein. Zu veranschaulichenden Materialien zum Isolieren gehören Aluminiumoxid und andere Oxide, isolierende Polymere usw.

[0059] Die Konfiguration des Bandkopfes **126** gemäß einer Ausführungsform enthält mehrere Module, vorzugsweise drei oder mehr. Bei einem Schreib-Lese-Schreib-(Write-Read-Write-, W-R-W-)Kopf flankieren äußere Module zum Schreiben ein oder mehrere innere Module zum Lesen. In **Fig. 3**, die eine Konfiguration W-R-W darstellt, enthalten die äußeren Module

252, 256 jeweils eine oder mehrere Anordnungen von Schreibeinrichtungen **260**. Die inneren Module **254** von **Fig. 3** enthalten eine oder mehrere Anordnungen von Leseeinrichtungen **268** in einer ähnlichen Konfiguration. Variationen eines Kopfs mit mehreren Modulen enthalten einen R-W-R-Kopf (**Fig. 4**), einen R-R-W-Kopf, einen W-W-R-Kopf usw. Bei weiteren Variationen können ein oder mehrere der Module Paare aus Lese/Schreib-Wandlern aufweisen. Darüber hinaus können mehr als drei Module vorhanden sein. Bei weiteren Ansätzen können zwei äußere Module zwei oder mehr innere Module flankieren, z. B. bei einer W-R-W-R-, einer R-W-W-R-Anordnung usw. Zur Einfachheit wird an dieser Stelle hauptsächlich ein W-R-W-Kopf verwendet, um Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu veranschaulichen. Ein Fachmann, an den die hier dargestellten Lehren gerichtet sind, wird erkennen, wie Permutationen der vorliegenden Erfindung auf andere Konfigurationen als eine Konfiguration W-R-W angewendet werden können.

[0060] **Fig. 5** veranschaulicht einen Magnetkopf **126** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, der ein erstes, ein zweites und ein drittes Modul **302, 304, 306** enthält, die jeweils eine Bandauflagefläche **308, 310** bzw. **312** enthalten, die flach, profiliert usw. sein kann. Es ist zu beachten, dass der Ausdruck „Bandauflagefläche“ den Eindruck erwecken kann, dass die dem Band **315** zugewandte Fläche mit der Bandauflagefläche in physischem Kontakt ist, das ist jedoch nicht notwendigerweise der Fall. Stattdessen kann lediglich ein Abschnitt des Bands mit der Bandauflagefläche ständig oder intermittierend in Kontakt sein, wobei andere Abschnitte des Bands über der Bandauflagefläche auf einer Luftschicht schweben (oder „fliegen“), die gelegentlich als „Luftlager“ bezeichnet wird. Das erste Modul **302** wird als „vorausgehendes“ Modul bezeichnet, da es das erste Modul ist, auf das das Band bei einer Konstruktion mit drei Modulen trifft, wenn sich das Band in der angegebenen Richtung bewegt. Das dritte Modul **306** wird als „nachfolgendes“ Modul bezeichnet. Das nachfolgende Modul folgt dem mittleren Modul und ist das letzte Modul, das mit dem Band bei einer Bauform mit drei Modulen in Kontakt gelangt. Das vorausgehende und das nachfolgende Modul **302, 306** werden gemeinsam als äußere Module bezeichnet. Es ist außerdem zu beachten, dass sich die äußeren Module **302, 306** in Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung des Bands **315** als vorausgehende Module abwechseln.

[0061] Bei einer Ausführungsform liegen die Bandauflageflächen **308, 310, 312** des ersten, zweiten und dritten Moduls **302, 304, 306** auf nahezu parallelen Ebenen (was bedeutet, dass sie parallele und nahezu parallele Ebenen enthalten, beispielsweise wie in **Fig. 6** zwischen parallel und tangential), wobei sich die Bandauflagefläche **310** des zweiten Moduls **302**

über den Bandauflageflächen **308, 312** der ersten und dritten Module **302, 306** befindet. Wie nachfolgend beschrieben hat das den Effekt, dass der gewünschte Umschlingungswinkel τ_2 des Bands relativ zu der Bandauflagefläche **310** des zweiten Moduls **304** erzeugt wird.

[0062] Wenn die Bandauflageflächen **308, 310, 312** längs paralleler oder nahezu paralleler und trotzdem versetzter Ebenen liegen, sollte sich das Band intuitiv von der Bandauflagefläche **308** des vorangehenden Moduls **302** ablösen. Es ist jedoch experimentell festgestellt worden, dass der Unterdruck, der durch die vorstehende Kante **318** des vorangehenden Moduls **302** erzeugt wird, ausreicht, damit das Band an der Bandauflagefläche **308** des vorangehenden Moduls **302** weiter anhafet. Die nachfolgende Kante **320** des vorangehenden Moduls **302** (das Ende, an dem das Band das vorangehende Modul **302** verlässt), ist näherungsweise der Referenzpunkt, der den Umschlingungswinkel τ_2 über die Bandauflagefläche **310** des zweiten Moduls **304** definiert. Das Band bleibt in enger Nähe zu der Bandauflagefläche bis nahe zu der nachfolgenden Kante **320** des vorangehenden Moduls **302**. Demzufolge können Lese- und/oder Schreibelemente **322** in der Nähe der nachfolgenden Kanten der äußeren Module **302, 306** angeordnet werden. Diese Ausführungsformen sind insbesondere für Anwendungen Schreiben-Lesen-Schreiben geeignet.

[0063] Da die äußeren Module **302, 306** mit einem bestimmten Versatz gegenüber dem zweiten Modul **304** befestigt sind, besteht ein Vorteil dieser und anderer hier beschriebener Ausführungsformen darin, dass der innere Umschlingungswinkel τ_2 festgelegt wird, wenn die Module **320, 304, 306** miteinander verbunden werden oder auf andere Weise an einem Kopf befestigt werden. Der innere Umschlingungswinkel τ_2 beträgt näherungsweise $\tan^{-1}(\delta/W)$, wobei δ die Höhendifferenz zwischen den Ebenen der Bandauflageflächen **308, 310** und W die Breite zwischen gegenüberliegenden Enden der Bandauflageflächen **308, 310** ist. Ein veranschaulichender innerer Umschlingungswinkel τ_2 liegt im Bereich von etwa $0,3^\circ$ bis etwa $1,1^\circ$, obwohl er ein beliebiger Winkel sein kann, der durch die Bauform erforderlich ist.

[0064] Es ist vorteilhaft, wenn der innere Umschlingungswinkel τ_2 auf der Seite des Moduls **304**, das das Band aufnimmt (vorausgehende Kante) größer ist als der innere Umschlingungswinkel τ_3 an der nachfolgenden Kante, wenn sich das Band **315** über das nachfolgende Modul **306** bewegt. Dieser Unterschied ist im Allgemeinen günstig, da ein kleinerer Winkel τ_3 dazu neigt, einem bisher steiler ansteigenden wirksamen Umschlingungswinkel entgegenzuwirken.

[0065] Es ist zu beachten, dass die Bandauftragflächen **308, 312** der äußeren Module **302, 306** so positioniert sind, dass sie einen negativen Umschlingungswinkel an der nachfolgenden Kante **320** des vorausgehenden Moduls **302** erreichen. Das ist im Allgemeinen günstig, damit die Reibung infolge des Kontakts mit der nachfolgenden Kante **320** vermindert wird, vorausgesetzt, dass die Lage des Überlastungs-Abschnitts (crowbar region) in geeigneter Weise berücksichtigt wird, der in dem Band ausgebildet wird, wo es sich von dem Kopf ablöst. Dieser negative Umschlingungswinkel verringert außerdem Schäden durch Flattern und Scheuern an den Elementen in dem vorausgehenden Modul **302**. Des Weiteren fliegt das Band **315** bei dem nachfolgenden Modul **306** über die Bandauftragfläche **312**, so dass an den Elementen faktisch kein Abrieb auftritt, wenn sich das Band in dieser Richtung bewegt. Insbesondere reißt das Band **315** Luft mit sich und bewegt sich deswegen nicht nennenswert auf der Bandauftragfläche **312** des dritten Moduls (ein gewisser Kontakt kann auftreten). Das ist zulässig, da das vorausgehende Modul **302** schreibt, während das nachfolgende Modul **306** inaktiv ist.

[0066] Schreib- und Lesefunktionen werden zu jedem Zeitpunkt durch verschiedene Module ausgeführt. Bei einer Ausführungsform enthält das zweite Modul **304** eine Mehrzahl von Daten- und optional Servo-Leseeinrichtungen **331** und keine Schreibeinrichtungen. Das erste und das dritte Modul **302, 306** enthalten eine Mehrzahl von Schreibeinrichtungen und keine Leseeinrichtungen, mit der Ausnahme, dass die äußeren Module **302, 306** möglicherweise optionale Servo-Leseeinrichtungen enthalten. Die Servo-Leseeinrichtungen können verwendet werden, um den Kopf bei Lese- und/oder Schreib-Operationen zu positionieren. Die Servo-Leseeinrichtung(en) in jedem Modul ist (sind) üblicherweise hin zum Ende der Anordnung aus Leseeinrichtungen oder Schreibeinrichtungen angeordnet.

[0067] Da lediglich Leseeinrichtungen oder nebeneinander liegende Schreibeinrichtungen und Servo-Leseeinrichtungen in dem Spalt zwischen dem Substrat und der Abdeckung vorhanden sind, kann die Spaltlänge erheblich vermindert werden. Typische Köpfe weisen huckepack-förmig angeordnete Leseeinrichtungen und Schreibeinrichtungen auf, wobei die Schreibeinrichtung jeweils über einer Leseeinrichtungen gebildet ist. Die Breite eines typischen Spalts beträgt 20 bis 25 Mikrometer. Durch Unregelmäßigkeiten am Band kann es jedoch dazu kommen, dass das Band durchhängt, und am Spalt können Erosionen stattfinden. Dabei gilt, je kleiner der Spalt umso besser. Der kleinere Spalt, die hier ermöglicht wird, bringt weniger abriebbezogene Probleme mit sich.

[0068] Bei einigen Ausführungsformen weist das zweite Modul **304** eine Abdeckung auf, während das erste und das dritte Modul **302, 306** keine Abdeckung aufweisen. Wenn keine Abdeckung vorhanden ist, wird an dem Modul vorzugsweise eine harte Beschichtung aufgebracht. Eine bevorzugte Beschichtung besteht aus diamantähnlichem Kohlenstoff (DLC).

[0069] Bei der in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsform weisen das erste, das zweite und das dritte Modul **302, 304, 306** jeweils eine Abdeckung **332, 334, 336** auf, die die Bandauftragfläche des zugehörigen Moduls verlängert, wodurch die Lese-/Schreib-Elemente effektiv entfernt von der Kante der Bandauftragfläche positioniert werden. Bei der Abdeckung **332** an dem zweiten Modul **304** kann es sich um eine keramische Abdeckung eines Typs handeln, der üblicherweise an Bandköpfen vorkommt. Die Abdeckungen **334, 336** des ersten und des dritten Moduls **302, 306** können jedoch kürzer sein als die Abdeckung **332** des zweiten Moduls **304**, parallel zu einer Bandaufrichtung über das jeweilige Modul gemessen. Dadurch wird ein Positionieren der Module näher zueinander möglich. Eine Möglichkeit zum Erzeugen kürzerer Abdeckungen **334, 336** besteht darin, die nominalen keramischen Abdeckungen des zweiten Moduls **304** um einen zusätzlichen Betrag überlappen zu lassen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Dünnschicht-Abdeckungen über die Elemente bei einer Dünnschicht-Verarbeitung zu plattieren oder darauf abzulagern. Beispielsweise kann eine Dünnschicht-Abdeckung aus einem hartem Material wie z. B. Sendust oder Nickel-Eisen-Legierung (z. B. 45/55) auf dem Modul gebildet werden.

[0070] Bei keramischen Abdeckungen mit verminderter Dicke oder Dünnschicht-Abdeckungen **344, 336** oder wenn an den äußeren Modulen **302, 306** keine Abdeckungen vorhanden sind, kann der Abstand zwischen Schreib- und Lese-Spalt auf einen Wert unter etwa 1 mm verringert werden, z. B. etwa 0,75 mm oder 50% weniger als der üblicherweise verwendete Abstand am LTO-Bandkopf. Der offene Raum zwischen den Modulen **302, 304, 306** kann trotzdem auf etwa 0,5 bis 0,6 mm eingestellt werden, was bei einigen Ausführungsformen für ein Stabilisieren der Bandbewegung über dem zweiten Modul **304** ideal ist.

[0071] In Abhängigkeit von Bandspannung und Steifigkeit kann es erwünscht sein, die Bandauftragfläche der äußeren Module relativ zu den Bandauftragflächen des zweiten Moduls anzuwinkeln. **Fig. 6** veranschaulicht eine Ausführungsform, bei der die Module **302, 304, 306** eine sich berührende oder sich fast berührende (gewinkelte) Konfiguration aufweisen. Insbesondere verlaufen die Bandauftragflächen der äußeren Module **302, 306** bei dem gewünschten Umschlingungswinkel Γ_2 des zweiten Moduls **304**

zu dem Band nahezu parallel. Mit anderen Worten, die Ebenen der Bandauflageflächen **308, 312** der äußeren Module **302, 306** sind bei dem gewünschten Umschlingungswinkel τ_2 des Bands **315** relativ zu dem zweiten Modul **304** ausgerichtet. Das Band hebt sich außerdem bei dieser Ausführungsform von dem nachfolgenden Modul **306** ab, wodurch Verschleiß an den Elementen des nachfolgenden Moduls **306** vermindert wird. Diese Ausführungsformen sind besonders nützlich für Anwendungen Schreiben-Lesen-Schreiben. Zusätzliche Aspekte dieser Ausführungsformen sind den oben angegebenen Aspekten ähnlich.

[0072] Die Bandumschlingungswinkel können üblicherweise auf einen Wert eingestellt werden, der ungefähr in der Mitte zwischen den Werten liegt, die bei den in den **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigten Ausführungsformen verwendet werden.

[0073] **Fig. 7** veranschaulicht eine Ausführungsform, bei der die Module **302, 304, 306** in einer Umwicklungs-Konfiguration angeordnet sind. Die Bandauflageflächen **308, 312** der äußeren Module **302, 306** sind insbesondere geringfügig stärker angewinkelt als das Band **315**, wenn es auf den gewünschten Umschlingungswinkel τ_2 relativ zu dem zweiten Modul **302** eingestellt ist. Bei dieser Ausführungsform hebt sich das Band nicht von dem nachfolgenden Modul ab, wodurch sie zum Schreiben und Lesen verwendet werden kann. Demzufolge können das vorausgehende und das mittlere Modul sowohl Schreib- als auch Schreibfunktionen ausführen, während das nachfolgende Modul gerade geschriebene Daten lesen kann. Somit sind diese Ausführungsformen bevorzugt für Anwendungen Schreiben-Lesen-Schreiben, Lesen-Schreiben-Lesen und Schreiben-Schreiben-Lesen. Bei den zuletzt genannten Ausführungsformen sollten Abdeckungen breiter sein als die Bandüberdeckungen, um eine Möglichkeit des Lesens zu gewährleisten. Die breiteren Abdeckungen können einen breiteren Abstand von Spalt zu Spalt erfordern. Deswegen kommt bei einer bevorzugten Ausführungsform eine Konfiguration Schreiben-Lesen-Schreiben zum Einsatz, bei der verkürzte Abdeckungen verwendet werden, die somit einen geringeren Abstand von Spalt zu Spalt zulassen.

[0074] Zusätzliche Aspekte der in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigten Ausführungsformen sind den oben angegebenen Aspekten ähnlich.

[0075] Eine 32-Kanal-Version eines Kopfs **126** mit mehreren Modulen kann Kabel **350** verwenden, die Leitungen mit demselben oder einem kleineren Abstandsrastrer (pitch) als gegenwärtige 16-Kanal-Huckepack-ITO-Module aufweisen, oder die Verbindungen auf dem Modul können alternativ die Form einer Orgeltastatur für eine 50%ige Verringerung der Kabelspannweite aufweisen. Darüber/darunter liegende

Paare von nichtgeschirmten Schreibkabeln können für die Schreibeinrichtungen verwendet werden, die möglicherweise integrierte Servo-Leseeinrichtungen aufweisen.

[0076] Der äußere Umschlingungswinkel τ_1 kann in dem Laufwerk eingestellt werden, beispielsweise durch Führungen eines beliebigen Typs, der in der Technik bekannt ist, z. B. durch einstellbare Rollen, Gleiter usw. oder alternativ durch Ausleger, die mit dem Kopf einteilig sind. Rollen weisen z. B. eine versetzte Achse auf, die zum Einstellen der Umschlingungswinkel verwendet werden kann. Die versetzte Achse erzeugt einen Orbital-Rotationsbogen, der eine präzise Ausrichtung des Umschlingungswinkels τ_1 ermöglicht.

[0077] Um die oben beschriebenen Ausführungsformen zusammenzufügen, kann eine herkömmliche Baugruppe mit U-förmigem Träger verwendet werden. Dementsprechend kann die Masse des resultierenden Kopfs relativ zu Köpfen früherer Generationen beibehalten oder sogar verringert werden. Bei anderen Ansätzen können die Module als einteiliger Körper aufgebaut werden. Ein Fachmann, dem die vorliegenden Lehren geläufig sind, wird erkennen, dass andere bekannte Verfahren zum Herstellen derartiger Köpfe für eine Verwendung zum Konstruieren dieser Köpfe angepasst werden können. Falls nicht anders angegeben können darüber hinaus Prozesse und Materialien von in der Technik bekannten Typen für eine Verwendung bei verschiedenen Ausführungsformen, die mit den hier genannten Erkenntnissen konform sind, angepasst werden, was einem Fachmann beim Lesen der vorliegenden Offenbarung deutlich wird.

[0078] Wie zuvor erwähnt kann die Menge von Daten, die auf dem Magnetband gespeichert wird, durch überlappende Abschnitte von Datenspuren (z. B. durch schindelförmig überlappende Datenspuren) vergrößert werden, wodurch die Anzahl von Datenspuren quer über das Band vergrößert wird. Schindelförmiges Überlappen kann verwendet werden, um die Breite geschriebener Spuren einzustellen, damit schmalere Spuren unter Verwendung von Schreibeinrichtungen mit einem breiteren Altsystem geschrieben werden können, um eine sogenannte Rückwärts-Kompatibilität zu ermöglichen. Folglich werden Verbesserungen in Bezug auf Datenspeichermengen erreicht. Diese Verbesserungen in Bezug auf Datenspeichermengen erfolgen jedoch möglicherweise auf Kosten der Rücklese-Leistungsfähigkeit bei herkömmlichen Produkten. Insbesondere kann es bei herkömmlichen Produkten zu einer Verminderung der Rücklese-Leistung kommen, der aus einem Grad der Unsicherheit in Bezug auf die Charakteristiken der Schreibeinrichtungen und somit aus den Charakteristiken der Spuren resultiert, die durch die Schreibeinrichtungen geschrieben

werden. Beispielsweise können sich die Ist-Abmessungen und/oder die Position einer oder mehrerer Schreibeinrichtungen in einem Kopf von den nominellen Soll-Abmessungen und/oder der Position einer oder mehrerer Schreibeinrichtungen unterscheiden. Diese Diskrepanz zwischen Ist- und nominellen Soll-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen kann eine Verschiebung der Kanten von schindelförmig überlappenden Spuren zur Folge haben, wenn auf Datenträger geschrieben wird. Das Laufwerk versucht, die schindelförmig überlappenden Spuren in der nominellen Soll-Lese-Position zurückzulesen, aber in Abhängigkeit von dem Ausmaß, wie schindelförmig überlappende Spuren von der nominellen Soll-Position verschoben wurden, können die schindelförmig überlappenden Spuren größere Rücklese-Fehler verursachen und/oder sie sind möglicherweise überhaupt nicht lesbar.

[0079] Die **Fig. 8A** bis **Fig. 8C** veranschaulichen den Unterschied, der zwischen nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken (z. B. Abmessungen, Positionierung usw.) der schindelförmig überlappenden Spuren vorhanden sein kann, bzw. **Fig. 8A** zeigt die nominellen Soll-Charakteristiken von schindelförmig überlappenden Spuren, die auf ein Band geschrieben werden sollen, anhand der nominellen Soll-Charakteristiken von Schreibeinrichtungen, die zum Schreiben der schindelförmig überlappenden Spuren verwendet werden. Konzeptionell sollte das erwartungsgemäß beim Gebrauch eintreten. Wie gezeigt ist die Leseeinrichtung so ausgelegt, dass sie an einer Position eingerichtet wird, die voraussichtlich auf die geschriebene Spur **804** auf dem Band ausgerichtet ist, wenn sich das Band in der Bandlaufrichtung relativ zu der Leseeinrichtung **802** bewegt. Die gestrichelte Linie **803** zeigt die erwartete Kante der schindelförmig überlappenden Spur **804**, z. B. gemäß einem Format.

[0080] Infolge von Schwankungen bei der Dünnschichtwafer-Verarbeitung können sich jedoch die Ist-Abmessungen des Wafer von den Soll-Spezifikationen unterscheiden, selbst wenn die Wafer-Abmessungen innerhalb der Toleranzen liegen. Daraus ergibt sich, dass die Positionen der Kanten der schindelförmig überlappenden Spuren von der geplanten Anordnung abweichen, was möglicherweise zur Folge hat, dass eine fehlerhafte Ausrichtung auf Spuren und sogar ein Überspringen auf benachbarte Spuren bewirkt werden.

[0081] Wenn beispielsweise die Ist-Breite der Schreibeinrichtung kleiner ist als die nominelle Soll-Breite der Schreibeinrichtung, ist die Ist-Breite W_A der physischen Spur wie in den **Fig. 8A** und **Fig. 8B** dargestellt schmaler als die Soll-Breite W_D , was zur Folge hat, dass sich die Charakteristiken der in **Fig. 8B** auf das Band geschriebenen Spuren **804** von den nominellen Soll-Charakteristiken der Spuren unterscheiden, wie in **Fig. 8A** gezeigt. Zwar bleiben

die Mittellinien **805** der geschriebenen Spuren (vor dem schindelförmigen Überlappen) dieselben, und die Breite W_S der schindelförmig überlappenden Spur ist in den **Fig. 8A** und **Fig. 8B** dieselbe, die obere Kante der schindelförmig überlappenden Spur **804** in **Fig. 8B** ist jedoch gegenüber der erwarteten Stelle längs der Linie **803** quer zur Spurrichtung **806** infolge der schmalere Ist-Breite der Schreibeinrichtung versetzt (Versatz, Offset). Das Laufwerk codiert Positionen der Leseeinrichtung **802** in der Mitte der nominellen Position der schindelförmig überlappenden Spur, wie in **Fig. 8A** gezeigt. Demzufolge befindet sich ein wesentlicher Abschnitt der Leseeinrichtung **802** außerhalb der schindelförmig überlappenden Spur **804**, obwohl sie an einer Position eingerichtet wurde, die erwartungsgemäß auf die nominellen Soll-Charakteristiken der geschriebenen Spur **804** ausgerichtet ist.

[0082] Wie nachfolgend genauer erläutert wird bei verschiedenen Ausführungsformen die Schreibposition seitlich korrigiert, um die Fehlregistrierung möglichst klein zu machen, wodurch die lesbaren Abschnitte der schindelförmig überlappenden Spuren in der nominellen Soll-Position geschrieben werden können. Wenn dann ein Laufwerk eine Rücklese-Operation ausführt, ist die Leseeinrichtung über den schindelförmig überlappenden Spuren richtig positioniert. **Fig. 8C** zeigt eine schindelförmig überlappende Spur **804**, die bei der korrigierten seitlichen Schreibposition geschrieben wurde, die angewendet wurde, um die Fehlregistrierung der Leseeinrichtungen möglichst klein zu halten.

[0083] Es ist folglich erwünscht, die Diskrepanzen zwischen nominellen Soll-Charakteristiken und Ist-Charakteristiken von schindelförmig überlappenden Spuren gemildert werden. Es sollte beachtet werden, dass der Versatz in den **Fig. 8A** bis **Fig. 8C** zwar unter Verwendung einer Außenkante der Datenspuren gemessen wird, ein Versatz aber gemäß anderer Ansätze unter Verwendung eines Mittelpunkts der Datenspuren oder eines anderen gewünschten Referenzpunkts gemessen werden kann.

[0084] Die **Fig. 8D** bis **Fig. 8F**, die eine gemeinsame Nummerierung wie die **Fig. 8A** bis **Fig. 8C** für ähnliche Komponenten aufweisen, zeigen in ähnlicher Weise den Fall, bei dem die Ist-Breite der Schreibeinrichtung größer ist als die Soll-Breite. **Fig. 8D** veranschaulicht die Soll-Breite W_D einer geschriebenen Spur (vor einem schindelförmigen Überlappen). **Fig. 8E** veranschaulicht den Effekt, der auftritt, wenn die Ist-Breite der Schreibeinrichtung größer ist als die Soll-Breite der Schreibeinrichtung, was zur Folge hat, dass die Kante der schindelförmig überlappenden Spur **804** von der nominellen Soll-Position längs einer Linie **803** verschoben wird. Bei verschiedenen Ausführungsformen wird die Schreibposition korrigiert, um die Verschiebung möglichst klein zu halten, wodurch schindelförmig überlappende Spu-

ren an der vorgesehen Position geschrieben werden können, die durch die geplante Anordnung festgelegt ist. Wenn dann das Laufwerk eine Rücklese-Operation ausführt, wird die Leseeinrichtung über den schindelförmig überlappenden Spuren richtig positioniert. **Fig. 8F** zeigt eine schindelförmig überlappende Spur **804**, die an der korrigierten Schreibposition geschrieben wird, die angewendet wurde, um die Fehlregistrierung möglichst klein zu halten.

[0085] Ein Neupositionieren von Leseeinrichtungen wurde in Betracht gezogen, um Rücklese-Fehlerraten zu verringern, sie wurde jedoch für Wechselmedien als undurchführbar erachtet, bei denen Daten vorhanden sein können, die mehreren Laufwerken bereitgestellt werden sollen, von denen jedes einen anderen Platzierungsfehler von schindelförmig überlappenden Spuren aufweist und somit eine andere Anforderung zum Neupositionieren des Lesekopfs benötigt. Gleichfalls wurde festgestellt, dass Versuche, eine unerwünschte Positionierung von schindelförmig überlappenden Spuren vorzusehen und auszugleichen, eine geringere erreichbare Flächendichte zur Folge haben. Schließlich wurde ein Verringern der Breite der Leseeinrichtung als unerwünscht erachtet, da das einen geringeren Störabstand des Breitbandsignals der Rückleseamplitude zur Folge hat.

[0086] Demzufolge ermöglichen verschiedene Ausführungsformen, die hier beschrieben werden, genaue und optimale Umsetzungen eines schindelförmig überlappenden Schreibens auf magnetische Datenträger. Durch Berücksichtigen von nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen können genaue und vorhersagbare und optimale Charakteristiken der schindelförmig überlappenden Spuren erreicht werden, die auf den Datenträger geschrieben werden. Demzufolge kann ein vorgegebener Datenträger bei einigen Ausführungsformen in jedem von einer Mehrzahl von Laufwerken genau gelesen werden, ohne dass an den Lesekopfpositionen nennenswerte Einstellungen vorgenommen werden, wie nachfolgend genauer beschrieben wird.

[0087] In **Fig. 9** ist ein Ablaufplan eines Verfahrens **900** gemäß einer Ausführungsform gezeigt. Das Verfahren **900** kann in verschiedenen Ausführungsformen, u. a. in jeder der in den **Fig. 1** bis **Fig. 7** gezeigten Umgebungen, ausgeführt werden. Im Verfahren **900** kann natürlich eine größere oder kleinere Anzahl von Operationen als die in **Fig. 9** speziell beschriebenen Operationen enthalten sein, was für einen Fachmann beim Lesen der vorliegenden Beschreibungen klar ist.

[0088] Jeder der Schritte des Verfahrens **900** kann durch jede geeignete Komponente der Betriebsumgebung ausgeführt werden. Bei verschiedenen Ausführungsformen kann das Verfahren **900** beispiels-

weise teilweise oder vollständig durch eine Steuereinheit (siehe z. B. **128** von **Fig. 1A**), einen Prozessor usw. oder eine andere Einheit ausgeführt werden, in der ein oder mehrere Prozessoren vorhanden sind. Der Prozessor, z. B. Verarbeitungsschaltung(en), Chip(s) und/oder Module, die in Hardware und/oder Software umgesetzt sind und vorzugsweise wenigstens eine Hardware-Komponente aufweisen, kann in jeder Einheit verwendet werden, um einen oder mehrere Schritte des Verfahrens **900** auszuführen. Zu veranschaulichenden Prozessoren gehören eine Zentraleinheit (CPU), ein anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis (ASIC), ein vor Ort programmierbares Gate-Array (FPGA) usw., Kombinationen hiervon oder andere geeignete Datenverarbeitungseinheiten, die in der Technik bekannt sind, ohne jedoch auf diese beschränkt zu sein.

[0089] Wie in **Fig. 9** gezeigt beinhaltet das Verfahren **900** die Operation **902**, bei der Informationen dazu erfasst werden, wie eine Anordnung aus Schreibeinrichtungen beim Aufzeichnen mit schindelförmig überlappenden Spuren auf einen magnetischen Datenträger tatsächlich schreibt und/oder erwartungsgemäß schreibt. Unterschiede zwischen dem, wie Schreibeinrichtungen auf einen magnetischen Datenträger schreiben soll, und dem, wie Schreibeinrichtungen auf einen magnetischen Datenträger tatsächlich schreiben und/oder erwartungsgemäß schreiben, haben eine verschlechterte Rückschreib-Leistungsfähigkeit zur Folge. Daher können durch Erfassen von Informationen darüber, wie eine Anordnung aus Schreibeinrichtungen auf einen magnetischen Datenträger tatsächlich schreibt und/oder erwartungsgemäß schreibt, wie in der Operation **902** ersichtlich ist, derartige Informationen verwendet werden, um die Rückschreib-Leistungsfähigkeit zu verbessern, z. B. durch Einrichten einer seitlichen Schreibposition, die seitlich versetzt ist gegenüber einer ansonsten nominellen Ist-Schreibposition, um alle Diskrepanzen zwischen Ist- und nominellen Soll-Charakteristiken von Schreibeinrichtungen auszugleichen, sobald diese offensichtlich werden.

[0090] Bei einigen Ausführungsformen können die in der Operation **902** erfassten Informationen angeben, dass nominelle Soll- und Ist-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen übereinstimmen, d. h., ein Unterschied zwischen den nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen liegt innerhalb einer Toleranz. Somit kann bei einigen Ausführungsformen eine Anordnung von Schreibeinrichtungen Datenspurten schreiben, die Charakteristiken aufweisen, die mit deren nominellen Soll-Charakteristiken ausreichend übereinstimmen. Bei weiterer Bezugnahme auf das Verfahren **900** enthält eine optionale Entscheidung **904** Feststellen, ob ein Unterschied zwischen einer Ist-Leistungsfähigkeit der Schreibeinrichtung und einer nominellen Soll-Leistungsfähigkeit einer Schreibeinrichtung annehmbar ist, beispiels-

weise in einem annehmbaren Bereich liegt, kleiner ist als ein im Voraus definierter Wert, der eine annehmbare Leistungsfähigkeit von einer unannehmbaren Leistungsfähigkeit unterscheidet, usw. In Reaktion auf Feststellen, dass der Unterschied annehmbar ist, kann das Verfahren **900** enden oder zur Operation **902** gehen, so dass Informationen erfasst werden können, wie eine weitere Anordnung von Schreibeinrichtungen schreibt, z. B. die Schreibeinrichtungen eines gegenüberliegenden Moduls. Demzufolge können Daten geschrieben und effektiv gelesen werden, ohne eine seitlich Schreibposition einzurichten. Daraus folgt, dass bei einigen Ansätzen das Anwenden einer versetzten seitlichen Schreibposition durch Benutzereingriff ausgesetzt wird, beim Erkennen einer im Voraus festgelegten Bedingung außer Acht gelassen wird, usw.

[0091] Wenn jedoch festgestellt wird, dass ein Unterschied zwischen der Ist-Leistungsfähigkeit einer Schreibeinrichtung und einer nominellen Soll-Leistungsfähigkeit einer Schreibeinrichtung nicht annehmbar ist, geht das Verfahren **900** zur Operation **906**, bei der die erfassten Informationen zum Berechnen von Daten verwendet werden, die eine versetzte seitliche Schreibposition zum Verwenden beim Schreiben beschreiben, so dass schindelförmig überlappende Spurenkanten gemäß einem Format ausgerichtet sind. Die Daten, die die seitliche Schreibposition beschreiben, können beispielsweise einen seitlichen Versatz darstellen, der bei Schreiboperationen auf eine nominelle Schreibposition anzuwenden ist, was den Übergang von Schreiboperationen von den **Fig. 8B** zu **Fig. 8C** und **Fig. 8E** zu **Fig. 8F** zur Folge hat. Die seitliche Schreibposition beruht zumindest teilweise auf einem seitlichen Versatz zwischen nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken von Schreibeinrichtungen und/oder Datenspuren, die durch Schreibeinrichtungen geschrieben werden. Mit anderen Worten, ein Einrichten einer berechneten seitlichen Schreibposition während des Schreibens beseitigt wunschgemäß Diskrepanzen (z. B. seitliche Fehlregistrations) zwischen nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen. Folglich können in der Operation **908** Daten auf magnetische Datenträger (z. B. Band) geschrieben werden, wobei die Daten verwendet werden, die die seitliche Schreibposition beschreiben, indem z. B. ein Versatz auf die nominelle Schreibposition angewendet wird. Durch diese Lösung ist es gegebenenfalls möglich, dass unterschiedliche Laufwerke die Daten akkurat lesen, ohne dass Versuche unternommen werden müssen, Versatzbeträge (offsets) von schindelförmig überlappenden Spurkanen weg von der nominellen Lese-Position durch Neupositionieren der Lese-Position auszugleichen, da die Daten von vornherein an der korrekten Position geschrieben werden.

[0092] Außerdem kann die seitliche Schreibposition gemäß einigen Ansätzen des Weiteren einge-

stellt werden, um zusätzliche Spurcharakteristiken auszugleichen, um beispielsweise gekrümmte Kanten der magnetischen Übergänge zu vermeiden und/oder auszugleichen, die sich längs der Kanten der Datenspuren bilden. Gemäß einem Beispiel kann die seitliche Schreibposition um einen zusätzlichen Betrag von 2 bis 10% der Breite der schindelförmig überlappenden Spur hin zu den gekrümmten Kanten der magnetischen Übergänge der Spur, die gelesen wird, seitlich neupositioniert werden oder umgekehrt. Daher kann bei einigen Ausführungsformen der lesbare Abschnitt von geschriebenen Spuren um den Betrag des gekrümmten Abschnitts vermindert werden. In diesem Fall kann die „Kante“ der schindelförmig überlappenden Spur die Kante des ordnungsgemäß beschriebenen Abschnitts bezeichnen.

[0093] Gemäß einigen Ausführungsformen können die Daten, die eine seitliche Schreibposition beschreiben, einmalig für jedes Laufwerk berechnet werden, z. B. am Herstellungsort. Beispielsweise kann ein Laufwerkgehäuse (z. B. ohne Kopf) einen bereitgestellten Kopf aufnehmen und mit diesem verbunden werden, woraufhin ein oder mehrere der hier beschriebenen Prozesse ausgeführt werden können, um einen Versatz der seitlichen Schreibposition zu ermitteln, der bei zukünftigen Schreiboperationen umzusetzen ist. Bei anderen Ausführungsformen können die Daten, die eine seitliche Schreibposition beschreiben, in Reaktion auf bestimmte Kriterien berechnet werden, etwa in Reaktion auf eine hohe Fehlerrate beim Empfangen eines Befehls, die Berechnung (z. B. auf Anforderung) auszuführen, bei einer Reparatur des Laufwerks, nach einer im Voraus festgelegten Nutzungsdauer des Laufwerks usw.

[0094] Gemäß einigen Ausführungsformen können die während einer Operation **902** erfassten Informationen auf dem physischen Aufbau der eigentlichen Schreibeinrichtungen beruhen. Bei einem Ansatz können die während einer Operation **902** erfassten Informationen durch Ermitteln physischer Charakteristiken von Magnetpolen der Schreibeinrichtungen in der Anordnung erfasst werden. Zu den physischen Charakteristiken von Magnetpolen können in je nach gewünschter Ausführungsform Stripe-Höhe, Dicke, Breite der Spurabweichung, Pitch-Abstand (z. B. Mittenabstand) zwischen Schreibeinrichtungen einer Anordnung usw. gehören. Darüber hinaus können physische Charakteristiken unter Verwendung eines Rasterkraftmikroskops (AFM) oder einer anderen Einheit zur Feinanalyse ermittelt werden, was für einen Fachmann klar ist, z. B. um die Lage von Kanten jedes Pols zu erkennen.

[0095] Wie oben erwähnt können Charakteristiken von Schreibeinrichtungen als Ergebnis von Fertigungsungenauigkeiten, Materialeigenschaften, Bedienerfehlern usw. variieren. Eine unerwünschte und/oder nicht vorhergesagte Positionierung von schin-

delförmig überlappenden Spuren kann sich beispielsweise aus seiner Abweichung der Breite von Schreibspuren von einem nominellen Sollwert ergeben. Das bedeutet, dass zwei Schreibeinrichtungen erkennbar unterschiedliche physische Charakteristiken aufweisen können, obwohl ihre physischen Charakteristiken im Wesentlichen dieselben sein sollen. Folglich kann sich eine Datenspur, die durch eine der Schreibeinrichtungen geschrieben wird, von einer Datenspur, die von der zweiten Schreibeinrichtung geschrieben wird, merklich unterscheiden (wie z. B. oben in den **Fig. 8B** und **Fig. 8E** ersichtlich). Diese Unterschiede werden durch Ausführen der Operationen des Verfahrens **900** wünschenswerterweise berücksichtigt.

[0096] Diskrepanzen zwischen nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen können eine seitliche Verlagerung zwischen nomineller Soll- und Ist-Lage von Datenspuren zur Folge haben, wenn auf Datenträger geschrieben wird wie z. B. in den **Fig. 8A** bis **Fig. 8F** ersichtlich. Eine Datenspur, die durch eine Anordnung von Schreibeinrichtungen auf ein Band geschrieben wird, kann beispielsweise einen seitlichen Versatz zwischen einem Referenzpunkt an einer nominellen Soll-Position der Datenspur auf dem Band und einem Referenzpunkt an der Ist-Position der Datenspur auf dem Band aufweisen. Durch Ermitteln des seitlichen Versatzes, der einer vorgegebenen Anordnung von Schreibeinrichtungen entspricht, können Daten, die eine seitliche Schreibposition zum Verwenden beim Schreiben beschreiben, berechnet werden, so dass Kanten von schindelförmig überlappenden Spuren gemäß einem Format ausgerichtet sind. Daher kann ein Einrichten der berechneten seitlichen Schreibposition beim Schreiben von Daten auf einen magnetischen Datenträger eine verbesserte Platzierung magnetischer Spuren und verminderte Rücklese-Fehlerraten zur Folge haben.

[0097] Darüber hinaus können wie oben erwähnt die Informationen darüber, wie eine Anordnung von Schreibeinrichtungen Daten auf einen Datenträger tatsächlich schreibt und/oder schreiben sollte, von verschiedenen Quellen und/oder unter Verwendung verschiedener Prozesse erfasst werden. Gemäß weiterer Ausführungsformen können Informationen darüber, wie eine Anordnung von Schreibeinrichtungen beim Aufzeichnen mit schindelförmig überlappenden Spuren auf einen magnetischen Datenträger tatsächlich schreibt und/oder schreiben sollte, durch Bewerten der Schreib-Leistungsfähigkeit einer Anordnung von Schreibeinrichtungen in jedem Laufwerk erfasst werden. Es ist zu beachten, dass die verschiedenen hier beschriebenen Ausführungsformen in Ausführungsformen umgesetzt werden können, die mehrere Schreibeinrichtungen aufweisen, die möglicherweise in der Lage sind, mehrere Spuren gleichzeitig zu schreiben. Demzufolge gibt es möglicherweise einen Abstand zwischen jeder der mehreren Schreibeinrichtungen bei einer vorgegebenen Ausführungs-

form, wodurch ein gleichzeitiges Schreiben mit schindelförmig überlappenden Spuren auf mehreren Spuren ermöglicht wird, wie es einem Fachmann beim Lesen der vorliegenden Beschreibung klar ist.

[0098] Bei einem Ansatz können Informationen darüber, wie eine Anordnung von Schreibeinrichtungen beim Aufzeichnen mit schindelförmig überlappenden Spuren auf einen magnetischen Datenträger tatsächlich schreibt und/oder schreiben sollte, durch bildliches Darstellen magnetischer Domänen von Datenspuren erfasst werden, nachdem sie durch die Anordnung von Schreibeinrichtungen auf einen magnetischen Datenträger geschrieben wurden. Somit können die eigentlichen Daten, die durch eine Anordnung von Schreibeinrichtungen beschrieben werden, geprüft werden, um Informationen darüber zu ermitteln, wie die Anordnung aus Schreibeinrichtungen auf einen magnetischen Datenträger schreibt und/oder schreiben sollte. Je nach dem gewünschten Ansatz kann ein bildliches Darstellen magnetischer Domänen von geschriebenen Datenspuren unter Verwendung eines Magnetkraftmikroskops (MKM), der Entwicklung des Magnetflusses usw. ausgeführt werden. Durch bildliches Darstellen magnetischer Domänen von geschriebenen Datenspuren können daraus Charakteristiken der entsprechenden Anordnung von Schreibeinrichtungen abgeleitet und wünschenswerterweise zum Berechnen von Daten verwendet werden, die einen Versatz der seitlichen Schreibposition beschreiben, der beim Schreiben zu verwenden ist (siehe z. B. die obige Operation **906**), wie z. B. teilweise abgeleitet werden kann, indem die Breiten von Abschnitten der geschriebenen Spuren ermittelt werden, die geradlinige (keine gekrümmten) Übergänge aufweisen. Darüber hinaus hat ein Einrichten der berechneten seitlichen Schreibposition beim Schreiben von Daten auf einen magnetischen Datenträger eine verbesserte Platzierung von magnetischen Spuren und verminderte Rücklese-Fehlerraten zur Folge.

[0099] Gemäß einer beispielhaften Ausführungsform kann eine Anordnung von Schreibeinrichtungen zum Schreiben von Daten auf ein Magnetband verwendet werden, wobei der Kopf mit den Schreibeinrichtungen in einem Laufwerk an einer nominellen Schreibposition positioniert ist. Die nominelle Schreibposition kann unter Verwendung jedes herkömmlichen Ansatzes gewählt werden. Bei der nominellen Schreibposition kann es sich beispielsweise je nach dem gewählten Ansatz um eine im Voraus definierte Schreibposition gemäß einem Format, um eine Standard-Schreibposition des Laufwerks, um eine berechnete Position usw. handeln. Demzufolge kann die nominelle Schreibposition nominellen Soll-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen entsprechen (z. B. Abmessungen, Positionen usw.).

[0100] Nachdem Daten durch Schreibeinrichtungen, die in der nominellen Schreibposition ausgerichtet

sind, auf Spuren beschrieben wurden, kann ein seitlicher Versatz ermittelt werden, der die nominelle Soll- und die Ist-Lage der Datenspuren trennt, indem die Position eines Kopfes quer zur Spurrichtung geschwenkt wird, während versucht wird, Daten von den Spuren zu lesen. Gemäß einem beispielhaften Ansatz können Leseeinrichtungen an einer äußersten Position relativ zu entsprechenden Datenspuren positioniert sein, wodurch die Leseeinrichtungen ein Lesen beginnen können oder versuchen können, Daten von den Datenspuren zu lesen. Nach einem Ereignis, beispielsweise nachdem eine bestimmte Zeit verstrichen ist, ein Bandabschnitt durchgelaufen ist, eine Datenmenge gelesen wurde usw., kann die Position der Leseeinrichtungen neu positioniert werden. Die Position der Leseeinrichtungen relativ zu den Datenspuren kann allmählich oder stufenweise geändert werden, indem die Leseeinrichtungen schrittweise quer zur Spurrichtung um eine bestimmte im Voraus definierte Strecke, beispielsweise um etwa 10 nm bis etwa 100 nm pro Schritt für etwa zehn oder mehr Datensätze, von der äußersten Position weg bewegt wird. Wenn somit die Position der Leseeinrichtungen kontinuierlich neu positioniert wird, werden die Leseeinrichtungen schrittweise quer über die Spurbreite der Datenspuren in verschiedenen seitlichen Lesepositionen relativ zu Spuren, die die geschriebenen Daten aufweisen, neu positioniert.

[0101] Die Daten, die an verschiedenen seitlichen Lesepositionen gelesen werden, können analysiert werden, um den geeigneten Schreib-Versatz zum Anwenden bei späteren Schreibvorgängen zu ermitteln. Beispielsweise kann beim Bewerten der Rücklese-Informationen, die durch die Leseeinrichtungen erfasst werden, wenn sie quer über die Datenspuren geschwenkt werden, eine bevorzugte seitliche Lesepositionen für die Leseeinrichtungen ermittelt werden. Gemäß einem Ansatz, der die Erfindung keinesfalls beschränken soll, kann eine der seitlichen Lesepositionen als eine bevorzugte seitliche Leseposition zumindest teilweise anhand einer Fehlerrate ausgewählt werden, die während des Lesens auftritt. Beispielsweise kann die seitliche Leseposition, die der niedrigsten Fehlerrate entspricht, die während des Lesens von Datenspuren auftritt, als bevorzugte seitliche Leseposition ausgewählt werden. Bei der Fehlerrate kann es sich um eine C2-Fehlerrate handeln oder sie kann in Abhängigkeit von der gewünschten Ausführungsform ein beliebiges Maß der Fehlerrate sein wie beispielsweise eine C1-Fehlerrate, eine Roh-Bitfehlerrate, eine mittlere Bitfehlerrate, eine durchschnittliche Bitfehlerrate, ein mittlerer quadratischer Fehler usw., wie es für einen Fachmann beim Lesen der vorliegenden Beschreibung klar ist. Die ausgewählte seitliche Leseposition kann darüber hinaus verwendet werden, um Daten zu berechnen, die eine seitliche Leseposition beschreiben, die beim Schreiben einzurichten ist, so dass Kanten von schindelförmig überlappenden Spuren gemäß einem For-

mat ausgerichtet sind. Der Versatz der ausgewählten seitlichen Leseposition an einer nominellen Position kann den Versatz der Kanten von schindelförmig überlappenden Spuren angeben, wie z. B. in den **Fig. 8B** und **Fig. 8E**, und kann somit verwendet werden, um zu ermitteln, wie die seitliche Schreibposition neu zu positionieren ist. Daraus ergibt sich, dass Informationen, die den seitlichen Versatz für eine vorgegebene Anordnung von Schreibeinrichtungen betreffen, aus Daten erfasst werden können, die von einer nominellen Schreibposition auf ein magnetisches Aufzeichnungsmedium geschrieben werden, indem die Daten an verschiedenen seitlich beabstandeten Lesepositionen relativ zu Spuren gelesen werden, die die darauf geschriebenen Daten aufweisen.

[0102] Gemäß einigen Ansätzen können Daten von den Datenspuren unter Verwendung desselben Laufwerks gelesen werden wie das Laufwerk, das die Anordnung von Schreibeinrichtungen aufweist, die die Datenspuren geschrieben haben. Somit kann die ausgewählte seitliche Leseposition der speziell für das Laufwerk versetzten seitlichen Schreibposition entsprechen.

[0103] Bei anderen Ansätzen können jedoch Daten von den Datenspuren unter Verwendung eines anderen Laufwerks gelesen werden als das Laufwerk, das die Anordnung von Schreibeinrichtungen aufweist, die die Datenspuren geschrieben haben. Insbesondere können Datenspuren, die verschiedenen Umsetzungen entsprechen, unter Verwendung eines gewöhnlichen Laufwerks gelesen werden, das sich von jedem der Laufwerke unterscheidet, die die Anordnung von Schreibeinrichtungen aufweisen, die die Datenspuren geschrieben haben. Das gewöhnliche Laufwerk kann einen kalibrierten Lesekopf enthalten, der Soll-Toleranzen der Leseeinrichtung aufweist. Die Daten, die eine seitliche Schreibposition beschreiben, können anhand von Rücklesesignalen von dem gewöhnlichen Laufwerk berechnet werden. Es ist zu beachten, dass die berechneten Daten, die die seitliche Schreibposition beschreiben, bei dem Laufwerk angewendet werden, die die Datenspuren geschrieben haben, um später geschriebene schindelförmig überlappenden Spuren zu korrigieren. Das gewöhnliche Laufwerk kann optional einen Kopf aufweisen, der erheblich schmalere Leseeinrichtungen aufweist, die die Genauigkeit beim Ermitteln des optimalen Versatzes verbessern können.

[0104] Gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform kann eine Anordnung von Schreibeinrichtungen zum Schreiben von Daten auf ein Magnetband verwendet werden, wobei eine Position des Kopfs, der die Schreibeinrichtungen aufweist, in einem Laufwerk relativ zu dem Band neu positioniert wird. Die Anordnung von Schreibeinrichtungen kann während des Schreibens zwischen verschiedenen seitlichen Schreibpositionen relativ zu dem magneti-

schen Datenträger neu positioniert werden, was zur Folge hat, dass Kanten der geschriebenen Spuren bei jedem Schritt hin zu einer späteren seitlichen Schreibposition seitlich positioniert werden. Gemäß einem beispielhaften Ansatz können Schreibrichtungen an einer äußersten Position relativ zu entsprechenden Datenspuren positioniert werden, wodurch die Schreibrichtungen beginnen können, die Datenspuren zu schreiben. Nach einem Ereignis, z. B. nachdem eine bestimmte Zeit vergangen ist, ein bestimmter Bandabschnitt durchgelaufen ist, eine bestimmte Datenmenge geschrieben wurde usw., kann die Position der Schreibrichtungen seitlich neu positioniert werden. Die Position der Schreibrichtungen relativ zu den Datenspuren kann allmählich oder stufenweise geändert werden, indem die Schreibrichtungen quer zur Spurrichtung schrittweise um eine bestimmte Strecke, beispielsweise etwa 10 nm bis etwa 100 nm für jeweils etwa zehn oder mehr Datensätze, von der äußersten Position weg bewegt werden. Wenn sich somit die Position der Schreibrichtungen fortgesetzt seitlich verschiebt, schwenken die Schreibrichtungen schrittweise über die Breite der Datenspuren in Querrichtung, während Daten auf sie geschrieben werden.

[0105] Die Daten, die auf die Spuren geschrieben werden, werden durch Leseeinrichtungen gelesen, die in einer im Voraus definierten z. B. nominellen Leseposition ausgerichtet sind. Bei der nominellen Leseposition kann es sich um eine im Voraus definierte Leseposition gemäß einem Format, eine Standard-Leseposition des Laufwerks, eine berechnete Position usw. handeln. Demzufolge kann die nominelle Leseposition nominellen Soll-Charakteristiken der Schreibrichtungen (z. B. Abmessungen, Positionen usw.) entsprechen.

[0106] Wenn sich die Leseeinrichtungen über die seitlich verschobenen schindelförmig überlappenden Datenspuren bewegen und Daten von diesen gelesen werden, können Rücklese-Informationen erfasst und bewertet werden. Darüber hinaus können beim Bewerten der Rücklese-Informationen Daten berechnet werden, die eine seitliche Schreibposition zum Verwenden bei zukünftigen Schreibvorgängen anhand von Rücklese-Informationen beschreiben, die während des Lesens erhalten werden. Beispielsweise kann eine bevorzugte versetzte seitliche Schreibposition ermittelt werden. Gemäß einem Ansatz, der die Erfindung in keiner Weise beschränken soll, kann eine der seitlichen Schreibpositionen als eine bevorzugte seitliche Schreibposition zumindest teilweise anhand einer Fehlerrate ausgewählt werden, die beim Lesen von Daten auftritt, während sich die Schreibrichtung in dieser bestimmten seitlichen Position befindet. Beispielsweise kann die seitliche Schreibposition, die der niedrigsten Fehlerrate entspricht, die beim Schreiben der Datenspuren auftritt, als bevorzugte versetzte seitliche Schreibpositi-

on ausgewählt werden. Bei einem weiteren Ansatz kann ein Algorithmus Informationen verarbeiten, die von der Spur zurückgelesen werden, die bei verschiedenen seitlichen Positionen geschrieben wurde, und Daten ausgeben, die die zu verwendende Schreibposition beschreiben, die möglicherweise auf einer mittleren Bitfehlerrate, einer C2-Fehlerrate, einer Rate eines mittleren quadratischen Fehlers usw. beruhen.

[0107] Im Unterschied zum Schreiben an einer spezifischen Stelle und Schwenken der Leseeinrichtungen quer über diese hinweg, um eine bevorzugte seitliche Leseposition zu ermitteln, können die Schreibrichtungen schrittweise über das Band quer zur Spurrichtung bewegt werden, während Daten auf das Band geschrieben werden, so dass Leseeinrichtungen die Daten an einer Menge von nominellen Lesepositionen lesen können, um eine bevorzugte seitliche Schreibposition zu ermitteln.

[0108] Wie oben beschrieben können die Daten durch dasselbe Laufwerk gelesen werden wie das Laufwerk, das die Anordnung von Schreibrichtungen aufweist, die die Datenspuren geschrieben haben, wodurch die versetzte seitliche Schreibposition speziell mit dem vorgegebenen Laufwerk korreliert wird. Bei anderen Ansätzen können Daten jedoch von den Datenspuren gelesen werden, wobei ein anderes Laufwerk verwendet wird als das Laufwerk, das die Anordnung von Schreibrichtungen aufweist, die die Datenspuren geschrieben haben. Das gewöhnliche Laufwerk kann einen kalibrierten Lesekopf enthalten, der kleine Soll-Toleranzen der Leseeinrichtung aufweist. Die berechneten Daten, die eine seitliche Schreibposition beschreiben, können somit auf Kalibrierungsdaten der Leseeinrichtung und der Schreibrichtung beruhen. Es ist zu beachten, dass die berechneten Daten, die die seitliche Schreibposition beschreiben, bei dem Laufwerk angewendet werden, das die Datenspuren geschrieben hat, um schindelförmig überlappenden Spuren zu korrigieren, die zukünftig geschrieben werden.

[0109] Nachdem eine versetzte seitliche Schreibposition unter Verwendung eines der hier beschriebenen und/oder vorgeschlagenen Prozesse ermittelt wurde, wird die versetzte seitliche Schreibposition vorzugsweise bei zukünftigen Schreibvorgängen von schindelförmig überlappenden Spuren angewendet. Wie oben beschrieben kann die versetzte seitliche Schreibposition verwendet werden, um eine Schreibposition der Anordnung von Schreibrichtungen gegenüber einer nominellen Schreibposition neu zu positionieren, damit die Ist-Charakteristiken der Schreibrichtungen und/oder der Leseeinrichtungen eines vorgegebenen Laufwerks besser wiedergespiegelt werden. Durch Anwenden der versetzten seitlichen Schreibposition beim zukünftigen Schreiben von schindelförmig überlappenden Spuren können eine verbesserte Platzierung magnetischer Spuren

und verminderte Rücklese-Fehlerraten erreicht werden, und eine verbesserte Austauschfähigkeit von auf diese Weise beschriebenen Bändern kann erzielt werden.

[0110] In **Fig. 10A** zeigt eine grafische Darstellung **1000** die Byte/C2-Rücklese-Fehlerrate als Funktion des seitlichen Lese-Versatzes (seitliche Lese-Position), der beim Lesen eines Bands unter Verwendung herkömmlicher Prozesse auftritt. Die in der grafischen Darstellung **100** gezeigten Ergebnisse ergeben sich aus Schreiben von Datenspuren auf und Lesen von Datenspuren von einem Band, während auf nominelle Soll-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen und Leseeinrichtungen vertraut wird. Wie zuvor beschrieben können jedoch Unterschiede zwischen nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken von Schreibeinrichtungen vorhanden sein, was Unterschiede zwischen vorgesehenen und tatsächlichen Datenspuren zur Folge hat, wie z. B. in den **Fig. 8A** bis **Fig. 8F** ersichtlich ist. Demzufolge kann eine Leseeinrichtung an einer Position ausgerichtet sein, an der erwartet wird, dass sie auf eine Datenspur gemäß nominellen Soll-Charakteristiken einer Anordnung von Schreibeinrichtungen ausgerichtet ist, wobei die Ist-Charakteristiken der geschriebenen Spur abweichen können, was zur Folge hat, dass Leseeinrichtungen unter Bezugnahme auf die Spur fehlergerichtet sind und möglicherweise sogar angrenzende Spuren umfassen.

[0111] In **Fig. 10A** repräsentiert "0" an der x-Achse der grafischen Darstellung **1000** die optimale Lese-Position beim Lesen von Spuren von einem vorhandenen Band gemäß der geplanten Anordnung. Die Spitzenwerte der in der grafischen Darstellung **1000** veranschaulichten Kurven repräsentieren jedoch die höchste erreichbare Byte/C2-Fehlerrate, die erreicht wird, indem Leseeinrichtungen die Spuren in seitlichen Schritten von einer Seite zur anderen Seite zwangsläufig umfassen. Demzufolge repräsentieren die Spitzenwerte der Kurven die optimale Ist-Lese-Position, die für die Leseeinrichtungen beim Lesen vom Band ermittelt wurde. Daraus folgt, dass die Annahme, dass die nominellen Soll-Charakteristiken von schindelförmig überlappenden Spuren die Ist-Charakteristiken von schindelförmig überlappenden Spuren widerspiegeln, ungenaue Ergebnisse sowohl für die Vorwärts- als auch die Rückwärts-Bandlaufrichtung erzeugt.

[0112] In scharfem Gegensatz dazu veranschaulicht die grafische Darstellung **1050** von **Fig. 10B** die Ergebnisse, die nach Einrichten einer versetzten seitlichen Schreibposition erreicht werden, die unter Verwendung eines hier beschriebenen Ansatzes erreicht wird. Ähnliche Ergebnisse können bei Verwendung eines beliebigen hier genannten Ansatzes erwartet werden. Wie in der grafischen Darstellung **1050** veranschaulicht repräsentiert „0" an der x-Achse (die op-

timale Lese-Position gemäß der nominellen Konstruktion) eine wesentliche Ausrichtung auf die Spitzenwerte der Kurven (die optimale Ist-Lese-Position) sowohl für die Vorwärts- als auch die Rückwärts-Bandlaufrichtung. Demzufolge kann durch Einrichten einer optimalen seitlichen Schreibposition, um Unterschiede zwischen nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen zu berücksichtigen, eine verbesserte Rücklese-Leistungsfähigkeit wünschenswerterweise erreicht werden.

[0113] Wie oben erwähnt ist es jedoch nicht unbedingt erforderlich, eine versetzte seitliche Schreibposition einzurichten, wenn auf magnetische Datenträger geschrieben wird. Bei einigen Ausführungsformen können die nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen übereinstimmen, wobei ein Unterschied zwischen den nominellen Soll- und Ist-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen innerhalb einer Soll-Toleranz liegen kann usw. Somit kann bei einigen Ausführungsformen eine Anordnung von Schreibeinrichtungen Datenspuren schreiben, die Charakteristiken aufweisen, die mit deren nominellen Soll-Charakteristiken übereinstimmen. Demzufolge können Daten geschrieben und wirksam gelesen werden, ohne eine versetzte seitliche Schreibposition einzurichten. Daraus folgt, dass bei einigen Ansätzen das Anwenden einer versetzten seitlichen Schreibposition durch Benutzereingriff ausgesetzt wird, beim Erkennen einer im Voraus festgelegten Bedingung außer Acht gelassen wird, usw. (siehe z. B. die oben genannte Entscheidung **904**).

[0114] In **Fig. 11** ist ein Ablaufplan eines Verfahrens **1100** gemäß einer veranschaulichenden Ausführungsform gezeigt. Das Verfahren **1100** kann gemäß der vorliegenden Erfindung in jeder der in den **Fig. 1** bis **Fig. 7** gezeigten Umgebungen, u. a. in verschiedenen Ausführungsformen, ausgeführt werden. Wie es einem Fachmann beim Lesen der vorliegenden Beschreibungen klar ist, können natürlich in dem Verfahren **1100** mehr oder weniger Operationen enthalten sein als jene, die in **Fig. 11** speziell beschrieben sind.

[0115] Jeder der Schritte des Verfahrens **1100** kann durch jede geeignete Komponente der Betriebsumgebung ausgeführt werden. Bei verschiedenen Ausführungsformen kann das Verfahren **1100** beispielsweise teilweise oder vollständig durch eine Steuereinheit (siehe z. B. **128** von **Fig. 1A**), einen Prozessor usw. oder eine andere Einheit ausgeführt werden, die einen oder mehrere Prozessoren enthält. Der Prozessor, z. B. Verarbeitungsschaltung(en), Chip(s), und/oder Modul(e), die in Hardware und/oder Software umgesetzt sind und vorzugsweise wenigstens eine Hardware-Komponente aufweisen, kann in jeder Einheit genutzt werden, um einen oder mehrere Schritte des Verfahrens **1100** auszuführen. Zu veranschaulichenden Prozessoren gehören eine

CPU, eine ASIC, ein FPGA usw. Kombination hiervon oder jede andere geeignete Datenverarbeitungseinheit, die in der Technik bekannt ist, ohne jedoch auf diese beschränkt zu sein.

[0116] Wie in **Fig. 11** gezeigt beinhaltet das Verfahren **1100** eine Operation **1102**, in der ein seitlicher Versatz von einer nominellen Schreibposition für eine erste Schreibrichtung erhalten wird. Gemäß einigen Ausführungsformen kann der seitliche Versatz erhalten werden, indem eine oder mehrere Operationen verwendet werden, die oben unter Bezugnahme auf das Verfahren **900** von **Fig. 9** beschrieben wurden.

[0117] Im Verfahren **1100** enthält die Operation **1104** Anwenden des seitlichen Versatzes zum Neupositionieren einer Schreibposition einer Anordnung von Schreibeinrichtungen aus nominellen Schreibpositionen beim Schreiben in einer ersten Richtung. Wie oben beschrieben kann der seitliche Versatz verwendet werden, um eine versetzte seitliche Schreibposition zu ermitteln, die die Schreibposition der Anordnung von Schreibeinrichtungen weg von einer nominellen Schreibposition neu positioniert, damit die Ist-Charakteristiken der Schreibeinrichtungen und/oder Leseeinrichtungen besser wiedergespiegelt werden. Durch Anwenden der versetzten seitlichen Schreibposition/des Versatzes beim nachfolgenden Schreiben schindelförmig überlappender Spuren können eine verbesserte Platzierung magnetischer Spuren und verminderte Rücklese-Fehlerraten erreicht werden.

[0118] Ausführungsformen, bei denen ein bidirektionales Schreiben umgesetzt wird, können Erhalten eines zweiten seitlichen Versatzes enthalten, der anzuwenden ist, wenn in einer zweiten Richtung geschrieben wird, die zu der ersten entgegengesetzt ist. Demzufolge beinhaltet das Verfahren **1100** ferner eine optionale Operation **1106**, bei der ein zweiter seitlicher Versatz zum Schreiben in einer zweiten Richtung erhalten wird, die zu der ersten entgegengesetzt ist. Darüber hinaus beinhaltet die optionale Operation **1108** Anwenden des zweiten seitlichen Versatzes beim Schreiben in der zweiten Richtung, wobei der zweite seitliche Versatz von dem seitlichen Versatz verschieden ist, der in der Operation **1102** erhalten wird.

[0119] Ein bidirektionales Schreiben von schindelförmig überlappenden Spuren kann unter Verwendung von schlangenförmigem oder nichtschlangenförmigem Schreiben ausgeführt werden. Darüber hinaus kann in Abhängigkeit von der Konfiguration der Wandler in einem vorgegebenen Modul mehr als ein Verfahren zum Schreiben von schindelförmig überlappenden Datenspuren möglich sein. Module, die beispielsweise eine Wandler-Konfiguration Leseeinrichtung-Schreibeinrichtung-Leseinrichtung (RWR) in einem Magnetkopf aufweisen, können nichtschlangenförmiges Schreiben durchführen. Das ist haupt-

sächlich der Fall, da es bei einer Wandler-Konfiguration RWR möglich ist, dass dieselbe Anordnung von Schreibeinrichtungen jeweils benachbarte Datenspuren beschreibt, trotz einer Umkehrung der Bandrichtung und/oder der Ausrichtung des Wandlers, während darauf geschrieben wird, was im Allgemeinen beim schlangenförmigen Schreiben erreicht wird. Das kann Schreibfehler, Rücklese-Fehler, Datenverlust usw. verringern sowie Anforderungen bezüglich der Akzeptanz von Fehlregistrierungen vermindern, da lediglich eine Gruppe von Spurtoleranzen infrage kommt. Darüber hinaus gewährleistet ein Verwenden derselben Anordnung von Schreibeinrichtungen zum Schreiben benachbarter Datenspuren eine Konsistenz beim Schreiben, indem z. B. genaue seitliche Versatzbeträge, seitliche Schreibpositionen, ein Lesen symmetrischer Servo-Muster, eine insgesamt höhere Flächendichte usw. gewährleistet werden.

[0120] Zwar kann dieselbe Anordnung von Schreibeinrichtungen verwendet werden, um benachbarte Datenspuren sowohl in der ersten als auch in der zweiten Richtung zu schreiben, es können jedoch unterschiedliche versetzte seitliche Schreibpositionen auf die Anordnung von Schreibeinrichtungen für jede der Richtungen angewendet werden. Wie oben im Verfahren **1100** erwähnt kann ein erster seitlicher Versatz erhalten und/oder angewendet werden, um die Schreibposition einer Anordnung von Schreibeinrichtungen aus einer nominellen Schreibposition in eine versetzte seitliche Schreibposition beim Schreiben in einer ersten Richtung neu zu positionieren, wobei ein zweiter seitlicher Versatz erhalten und/oder angewendet werden kann, um die Schreibposition einer Anordnung von Schreibeinrichtungen aus einer nominellen Schreibposition in eine andere versetzte seitliche Schreibposition beim Schreiben in einer zweiten Richtung neu zu positionieren, die zu der ersten Richtung entgegengesetzt ist, was erwünscht wäre, wenn ein einzelner Schreibkopf bei einem schlangenförmigen Schreiben verwendet wird, bei dem die gegenüberliegenden Schreibkanten für die entgegengesetzten Richtungen verwendet werden.

[0121] Es sollte ferner beachtet werden, dass bei einigen Ausführungsformen ein seitlicher Versatz im Voraus festgelegt (beispielsweise zum Zeitpunkt des Beschreibens des Bands durch eine bestimmte Einheit) und im Speicher gespeichert werden kann. Somit kann gemäß einigen Ansätzen der seitliche Versatz von einem Medienelement wie beispielsweise ein Kassettenspeicher, aus Daten, die auf dem eigentlichen magnetischen Medium gespeichert sind, usw. erhalten werden, wie später genauer beschrieben wird. Bei anderen Ansätzen kann der seitliche Versatz jedoch außerdem und/oder alternativ von einem Speicher einer Einrichtung erhalten werden, die das Verfahren ausführt, z. B. ein Bandlaufwerkspeicher. Bei weiteren Ansätzen kann der Versatz von ei-

ner Datenbank, einem Host, einer Bibliotheks-Steuereinheit usw. erhalten werden.

[0122] Bei einer Ausführungsform kann eine Angabe, die angibt, dass der seitliche Versatz beim Schreiben verwendet wurde, an einen Datensatz auf dem Datenträger angefügt werden. Gleichbedeutend können Metadaten, die beschreiben, dass bestimmte Spuren unter Verwendung des Schreib-Versatzes geschrieben wurden, in einem Speicher wie beispielsweise dem Kassetten-Speicher gespeichert werden.

[0123] In den **Fig. 12A** bis **Fig. 12C** werden repräsentative Darstellungen des Schreibens von schindelförmig überlappenden Spuren gemäß verschiedenen Ausführungsformen gezeigt. Eine schindelförmig überlappende Spur **1204** kann auf einem Band **1202** gebildet werden, indem eine Spur **1206** über einen Abschnitt einer zuvor geschriebenen Spur geschrieben wird, wodurch eine schindelförmig überlappende Spur **1204** als verbleibender Abschnitt der zuvor geschriebenen Spur definiert wird. Bei verschiedenen Ausführungsformen können schindelförmig überlappende Spuren **1204** gebildet werden, indem schlangenförmiges oder nicht schlangenförmiges Schreiben verwendet wird, wie in Kürze deutlich wird.

[0124] Wie in der repräsentativen Darstellung von **Fig. 12A** gezeigt, die die Erfindung keinesfalls beschränken soll, soll die Ausrichtung der Pfeile in jeder der Spuren die Bandlaufrichtung repräsentieren, wenn die entsprechende Spur auf das Band **1202** geschrieben wurde, wobei vorzugsweise eine einzige Anordnung von Schreibeinrichtungen zum Schreiben in beiden Schreibrichtungen eingerichtet wurde. Somit kann eine erste versetzte seitliche Schreibposition bei der Anordnung von Schreibeinrichtungen beim Schreiben von Daten in Spuren in einer ersten Richtung und eine zweite versetzte seitliche Schreibposition bei der Anordnung aus Schreibeinrichtungen beim Schreiben von Daten in Spuren in einer zweiten Richtung, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist, angewendet werden, wobei das nicht notwendigerweise der Fall ist, wenn wie gezeigt Schreiben bei schindelförmig überlappenden Spuren mit einem vorgegebenen Schreibkopf erfolgt.

[0125] Es ist zu beachten, dass eine durchaus nicht ideale Konfiguration mit Schreibeinrichtung-Leseeinrichtung-Schreibeinrichtung-(WRW-)Wandler in einem Magnetkopf bei einigen Ausführungsformen zum nichtschlangenförmigen Schreiben verwendet werden kann. Bei diesen Ausführungsformen ist bevorzugt, dass beim Schreiben von Daten auf benachbarte Datenspuren, insbesondere beim Schreiben von schindelförmig überlappenden Datenspuren, für die benachbarten Datenspuren dieselbe Schreibordnung verwendet wird. Darüber hinaus können, ähnlich wie bei der oben angegebenen Beschrei-

bung, andere Schreibordnungen infolge von Fertigungsabweichungen möglicherweise nicht vollständig identisch sein und deswegen unterschiedliche Ausrichtungs-Charakteristiken aufweisen und deshalb das Schreiben von Daten anders als vorgesehen erfolgt. Beispielsweise können die Schreib-Wandler einer Schreibordnung nicht denselben Pitch, Abstand usw. wie die Schreib-Wandler einer anderen Schreibordnung aufweisen, obwohl Gleichförmigkeit vorgesehen war. Daher kann das Verwenden mehrerer Schreibordnungen zum Schreiben von Daten auf benachbarte Datenspuren geringe Spurplatzierungsfehler zur Folge haben, da die Daten, die auf die Spuren geschrieben werden, bei jedem Durchlauf anders ausgerichtet sein können. Gemäß einem weiteren Beispiel kann das Verwenden verschiedener Schreibordnungen ein Überschreiben von Daten auf einer benachbarten Spur zur Folge haben, was zu einem Datenverlust führt, sofern diese Toleranz nicht akzeptiert wird.

[0126] Gemäß einer weiteren veranschaulichenden Ausführungsform kann ein Modul eine Konfiguration mit WRW-Wandler aufweisen, bei der es sich um eine bevorzugte Konfiguration handelt, mit der ein schlangenförmiges Schreiben auszuführen ist. Beim Schreiben von Daten mit einer WRW-Konfiguration sind vorzugsweise in Abhängigkeit von der beabsichtigten Bandlaufrichtung die vorausgehende Schreibeinrichtung und die vorausgehende Leseeinrichtung aktiv, während die nachfolgende Schreibeinrichtung nicht aktiv ist. Folglich kann die vorausgehende Schreibeinrichtung zum Schreiben von benachbarten Datenspuren für eine erste Bandlaufrichtung verwendet werden, während die nachfolgende Schreibeinrichtung zum Schreiben von benachbarten Datenspuren für eine zweite Bandlaufrichtung, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist, verwendet werden kann. Wiederum kann ein erster seitlicher Versatz erhalten und/oder angewendet werden, um die Schreibposition einer Anordnung von Schreibeinrichtungen aus einer nominellen Schreibposition in eine versetzte seitliche Schreibposition beim Schreiben in einer ersten Richtung neu zu positionieren, während ein zweiter seitlicher Versatz erhalten und/oder angewendet werden kann, um die Schreibstellen einer Anordnung von Schreibeinrichtungen aus einer nominellen Schreibposition in eine versetzte seitliche Schreibposition beim Schreiben in einer zweiten Richtung, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist, neu zu positionieren.

[0127] In der repräsentativen Darstellung von **Fig. 12B**, die die Erfindung keinesfalls beschränken soll, soll die Ausrichtung der Pfeile in jeder der Spuren die Bandlaufrichtung darstellen, wenn die entsprechende Spur auf das Band **1202** geschrieben wird. Im Unterschied zur Darstellung von **Fig. 12A** werden hier Datenspuren, die einer ersten Bandlaufrichtung entsprechen, auf den oberen Abschnitt einer Datenpar-

tition geschrieben, während Datenspuren, die einer zweiten Bandlaufrichtung entsprechen, auf den unteren Abschnitt der Datenpartition geschrieben werden. Das vermindert vorzugsweise Schreibfehler, Rücklese-Fehler, Datenverlust usw. und gewährleistet Konsistenz beim Schreiben, indem beispielsweise ein Lesen von symmetrischen Servo-Mustern ermöglicht wird.

[0128] Des Weiteren zeigt **Fig. 12C** ein anderes Muster zum schlangenförmigen Schreiben. Ein Puffer **1210**, der gelegentlich als Richtungspuffer bezeichnet wird, gewährleistet einen Abstand zwischen nächstgelegenen Spuren, die in entgegengesetzten Spuren geschrieben wurden. Bei einem Ansatz kann der Betrag der seitlichen Neupositionierung gegenüber dem idealen Betrag geringfügig verringert werden, um sicherzustellen, dass später keine Schreibfehler auftreten, indem beispielsweise der Richtungspuffer ausreichend vorgehalten wird.

[0129] Erste Spuren, die benachbart zu dem Richtungspuffer geschrieben werden, und Spuren, die durch die letzte Schreiboperation überschrieben werden, wenn das Band vollständig gefüllt ist, weisen wünschenswerterweise dieselbe Spanne der Verfolgungstoleranz auf wie alle anderen schindelförmig überlappenden Spuren.

[0130] Bei einem Ansatz berücksichtigen die Algorithmen, die zum Wählen der optimalen Schreibpositionen verwendet werden, den Richtungspuffer und stellen sicher, dass die neu positionierten Schreibpositionen den Richtungspuffer nicht nachteilig beeinträchtigen, indem beispielsweise der Richtungspuffer und möglicherweise eine Datenspur auf einer gegenüberliegenden Seite des Richtungspuffers überschrieben werden.

[0131] Bei einer Ausführungsform, bei der Spuren in entgegengesetzten Richtungen schlangenförmig von außen nach innen geschrieben werden, kann das Format spezifizieren, dass die letzte Spur, die in einem Datenbereich geschrieben wird, die letzte Spur, die in der entgegengesetzten Richtung geschrieben wird, schindelförmig überlappt, um den genutzten Bereich möglichst groß zu machen. Der Algorithmus, der zum Wählen der optimalen Schreibpositionen verwendet wird, kann das berücksichtigen und sicherstellen, dass bei keiner neu positionierten Schreibposition ein Fehler erzeugt wird, wie beispielsweise durch Überschreiben eines Abschnitts der zuletzt in der entgegengesetzten Richtung geschriebenen Spur.

[0132] Daraus folgt, dass verschiedene hier beschriebene Ausführungsformen mit einem Produkt umgesetzt werden können, das ein magnetisches Aufzeichnungsmedium und Daten enthält, die eine versetzte seitliche Schreibposition zum Verwenden

beim Schreiben beschreiben, so dass Kanten von schindelförmig überlappenden Spuren gemäß einem Format ausgerichtet sind. Wie oben beschrieben können die Daten, die die seitliche Schreibposition beschreiben, einen seitlichen Versatz von der nominellen Schreibposition angeben. Mit anderen Worten, die Daten, die die seitliche Schreibposition beschreiben, können einen Betrag repräsentieren, um den eine Anordnung von Schreibeinrichtungen aus einer nominellen Schreibposition versetzt werden sollte, wenn Daten auf das Band geschrieben werden, damit die Ist- und die nominelle Soll-Positionierung der Datenspuren übereinstimmen.

[0133] Gemäß einem veranschaulichenden Ansatz können die Daten, die die seitliche Schreibposition beschreiben, Informationen enthalten, die von einem Laufwerk (siehe z. B. **100** von **Fig. 1A**) verwendet werden können, das einen Algorithmus aufweist, der die seitliche(n) Schreibposition(en) berechnet. Die Daten können Werte enthalten, die in einen Algorithmus eingegeben werden, um zu ermitteln, wo und/oder wie ein Kopf mit einer Anordnung von Schreibeinrichtungen vorzugsweise zu positionieren ist, so dass die Kanten schindelförmig überlappenden Spuren gemäß einem Format ausgerichtet sind.

[0134] Darüber hinaus können die Daten gemäß einigen Ansätzen in einem Speicher gespeichert werden, der mit dem magnetischen Aufzeichnungsmedium verbunden ist. Die Daten können jedoch gemäß anderen Ansätzen auf dem eigentlichen magnetischen Aufzeichnungsmedium codiert sein. Die Daten können beispielsweise auf einen vorbestimmten Bereich des Bands geschrieben werden.

[0135] Des Weiteren können einige Produkte, auf die Daten geschrieben wurden, angeben, ob der Versatz einer seitlichen Schreibposition beim Schreiben der Daten verwendet wurde. Beispielsweise kann ein Band, das schindelförmig überlappende Datenspuren aufweist, die durch eine Anordnung von Schreibeinrichtungen mit einem Versatz an einer seitlichen Schreibposition geschrieben wurden, eine Angabe enthalten, dass die darauf geschriebenen schindelförmig überlappenden Spuren als Ergebnis des Umsetzens der versetzten seitlichen Schreibposition ausgerichtet sind. Die Angabe kann in einem Kassettenspeicher gespeichert werden, auf einen vorgesehenen Bereich des Bands geschrieben werden (z. B. ein Kopfabschnitt), in einer Verfolgungstabelle (z. B. eine Verweistabelle) gespeichert werden, die sich nicht auf dem Medium oder in der Kassette, sondern beispielsweise in einer Bibliotheks-Steuerereinheit befindet usw. Darüber hinaus können Angaben dahingehend gemacht werden, ob bestimmte Umschlingungen eines vorgegebenen Bands unter Verwendung von einer oder mehrerer versetzter seitlicher Schreibpositionen geschrieben wurden. Somit kann eine Angabe Informationen enthalten, die beispiels-

weise von einem Laufwerk verwendet werden können, um zu ermitteln, wie Rücklese-Daten von dem magnetischen Aufzeichnungsmedium zu lesen sind und/oder ein weiteres Schreiben von schindelförmig überlappenden Spuren auszuführen ist. Ein Laufwerk kann beispielsweise seitliche Versatzbeträge der Leseeinrichtung umsetzen (z. B. Spurverfolgung), wenn Daten von einem Band gelesen werden, die ohne ein Verwenden einer versetzten seitlichen Schreibposition geschrieben wurden, und dennoch Daten von einem anderen Band gelesen werden, die unter Verwendung einer versetzten seitlichen Schreibposition geschrieben wurden, wobei das Laufwerk Daten von diesem Band unter Verwendung einer nominellen Leseposition lesen kann. Folglich können Laufwerke, Zugreifende, Steuereinheiten usw. in der Lage sein, zwischen den Bändern, die in einer Bibliothek und/oder deren Gebäuden aufbewahrt werden und ausgerichtete schindelförmig überlappende Spuren aufweisen, und jenen Bändern, die in der Bibliothek und/oder deren Gebäuden aufbewahrt werden und fehlerhaft ausgerichtete schindelförmig überlappende Spuren aufweisen, unterscheiden.

[0136] Daraus folgt, dass ein Band, das unter Verwendung eines der hier beschriebenen und/oder vorgeschlagenen Prozesses beschrieben wurde, in hohem Maße austauschbar ist und im Hinblick auf die verbesserte Spurausrichtung mit jedem Laufwerk verwendet werden kann. Das liegt daran, dass die Spurkanen, die gemäß hier angegebenen Ansätzen korrigiert wurden, sich stärker an die nominellen Soll-Spurkanenpositionen annähern, die bei den verschiedenen Laufwerken als Standard, d. h. standardmäßig, erwartet werden.

[0137] Darüber hinaus können Ausführungsformen, bei denen eine versetzte seitliche Schreibposition eingerichtet wird, unterschieden werden, indem die Charakteristiken der tatsächlichen Schreibeinrichtungen an dem Kopf mit den Charakteristiken der Datenspuren verglichen werden, die unter Verwendung der Schreibeinrichtungen geschrieben werden. Wenn festgestellt wird, dass sich die Charakteristiken der tatsächlichen Schreibeinrichtungen an dem Kopf von den Charakteristiken der Datenspuren, die unter Verwendung der Schreibeinrichtungen geschrieben werden, unterscheiden (dass sie z. B. nicht übereinstimmen), kann festgestellt werden, dass eine seitliche Schreibposition verwendet wurde, um die Daten auf die Datenspuren zu schreiben

Beispielhafte Ausführungsform

[0138] Fig. 13 enthält einen Ablaufplan, der ein Verfahren **1300** gemäß einer in Gebrauch befindlichen Ausführungsform veranschaulicht. Das Verfahren **1300** kann gemäß der vorliegenden Erfindung in einer der Umgebungen ausgeführt werden, die hier dargestellt und/oder beschrieben wurden. Für einen

Fachmann ist es beim Lesen der vorliegenden Beschreibungen klar, dass in dem Verfahren **1300** natürlich mehr oder weniger Operationen enthalten sein können als jene, die in Fig. 13 speziell beschrieben werden.

[0139] Jeder der Schritte des Verfahrens **1300** kann durch eine geeignete Komponente der Betriebsumgebung ausgeführt werden. Das Verfahren **1300** kann beispielsweise bei verschiedenen Ausführungsformen teilweise oder vollständig durch eine Steuereinheit (siehe z. B. **128** von Fig. 1A), einen Prozessor usw. oder eine andere Einheit ausgeführt werden, die einen oder mehrere Prozessoren enthält. Der Prozessor, z. B. Verarbeitungsschaltung(en), Chip(s), und/oder Modul(e), die in Hardware und/oder Software umgesetzt sind und vorzugsweise wenigstens eine Hardware-Komponente aufweisen, kann in jeder Einheit genutzt werden, um einen oder mehrere Schritte des Verfahrens **1100** auszuführen. Zu veranschaulichenden Prozessoren gehören eine CPU, eine ASIC, ein FPGA usw., Kombination hiervon oder jede andere geeignete Datenverarbeitungseinheit, die in der Technik bekannt ist, ohne jedoch auf diese beschränkt zu sein.

[0140] In Fig. 13 enthält das Verfahren **1300** Schreiben einer schindelförmig überlappenden Spur z. B. unter Verwendung eines Magnetkopfs, der mit ihm verbundene Schreib-Wandler aufweist. Um eine schindelförmig überlappende Spur zu schreiben, müssen alle Schreib-Versatzbeträge, die dem Kopf zugehörig sind, vorzugsweise gelöscht werden. Durch Löschen aller Schreib-Versatzbeträge, die dem Kopf zugehörig sind, kann die schindelförmig überlappende Spur geschrieben werden, so dass alle Fehlansrichtungen der Schreibeinrichtungen ermittelt werden können, wie in Kürze deutlich wird.

[0141] Darüber hinaus wird eine schindelförmig überlappende Spur vorzugsweise gebildet, indem drei überlappende Spuren geschrieben werden. In Fig. 14 zeigt das Band **1440** eine erste geschriebene Spur WT1, eine zweite geschriebene Spur WT2 und eine dritte geschriebene Spur WT3. Wie gezeigt sind die Spuren WT1 und WT2 schindelförmig überlappend (z. B. teilweise überschrieben), so dass WT2 zwischen WT1 und WT3 sandwichartig angeordnet ist, wodurch die äußeren Maße (Spurkanen) der schindelförmig überlappenden Spur definiert werden. Es ist bevorzugt, dass die zweite geschriebene Spur WT2 unter Verwendung von bekannten Daten geschrieben wird, wobei die erste und die dritte Spur WT1, WT3 anders als WT2 geschrieben werden. Dadurch kann ein Laufwerk feststellen, wenn es sich in der Nähe von oder an den Spurkanen von WT2 befindet, wenn Daten gelesen werden, die auf WT2 geschrieben wurden.

[0142] Gemäß einem bevorzugten Ansatz kann WT2 formatierte Daten von einer beliebigen Quelle enthalten wie z. B. Benutzerdaten, was für einen Fachmann beim Lesen der vorliegenden Beschreibung klar ist. Die formatierten Daten können beispielsweise Daten enthalten, die auf mehrere Kanäle deserialisiert, mit Informationen zur Fehlerkorrektur codiert, zeitlich verschachtelt und/oder komprimiert wurden. Im Unterschied dazu können die erste und/oder die dritte Spur WT1, WT3 gelöschte Daten, Tondaten usw. oder jedes andere Datenmuster enthalten, das von einem anderen Typ ist als die auf WT2 geschriebenen Daten. Es sollte jedoch beachtet werden, dass bei einigen Ansätzen, die die Erfindung keinesfalls beschränken sollen, WT2 möglicherweise dieselben und/oder ähnliche Daten aufweist, die darauf geschrieben wurden, wie jene, die auf WT1 und/oder WT3 geschrieben wurden, die jedoch linear versetzt sind, um ein Unterscheiden der Spurkanen von WT2 zu ermöglichen.

[0143] In Fig. 13 enthält die Operation 1304 Messen des Lese-Versatzes, z. B. wenn eine schindelförmig überlappende Spur wie etwa WT2 gelesen wird. Der Lese-Versatz kann gemessen werden, indem wahlweise eine Leseeinrichtung über eine schindelförmig überlappende Datenspur positioniert und versucht wird, Daten von der Spur zu lesen. Eine Leseeinrichtung kann insbesondere an einer äußersten seitlichen Position relativ zu einer schindelförmig überlappenden Spur positioniert werden, und das Lesen kann begonnen werden oder es kann versucht werden, Daten von der schindelförmig überlappenden Spur zu lesen. Die äußerste seitliche Position befindet sich vorzugsweise über oder jenseits einer der Spurkanen der zu lesenden schindelförmig überlappenden Spur. Nach einem Ereignis, z. B. nachdem eine bestimmte Zeit verstrichen ist, ein Bandabschnitt durchgelaufen ist, eine Datenmenge gelesen wurde usw., kann die Leseeinrichtung neu positioniert werden. Die Position der Leseeinrichtung relativ zu den Datenspuren kann allmählich geändert werden, indem die Leseeinrichtung quer zur Spurrichtung um einen bestimmten Betrag beispielsweise etwa 10 nm bis etwa 100 nm für jeweils etwa zehn oder mehr Datensätze von der äußersten Position schrittweise weg bewegt wird. Da die Position der Leseeinrichtung fortlaufend neu positioniert wird, schwenkt die Leseeinrichtungen daher quer über die Spurbreite der Datenspuren, um verschiedene seitliche Schreibpositionen relativ zu der schindelförmig überlappenden Spur abzudecken, die die geschriebenen Daten aufweist.

[0144] In Fig. 15A ist eine Leseeinrichtung 1502 an einer äußersten Position relativ zu der schindelförmig überlappenden Spur 1504 gezeigt. Mit der Zeit kann die Leseeinrichtung 1502 kontinuierlich oder schrittweise über die Spur 1504 quer zur Spurrichtung 1605 schwenken, bis beispielsweise eine gegenüberliegende äußerste Position relativ zu der schindelför-

mig überlappenden Spur 1504 erreicht wird (schattiert gezeigt). Da sich die Position der Leseeinrichtung 1502 relativ zu der Spur 1504 ändert, folgt daraus, dass sich auch die Lese-Leistungsfähigkeit beim Lesen von Daten von der Spur 1504 ändert, wenn sich die Spur 1504 in der vorgesehenen Bandlaufrichtung 1508 bewegt.

[0145] Fig. 15B enthält eine grafische Darstellung 1550, die eine beispielhafte Rücklese-Leistungsfähigkeit darstellt, die berechnet werden kann, wenn die Leseeinrichtung 1502 über die schindelförmig überlappende Spur 1504 geschwenkt wird. Wie gezeigt ist die Rücklese-Leistungsfähigkeit am ungünstigsten, wenn sie die größte Anzahl von Lesefehlern aufweist, die auftreten, wenn die Leseeinrichtung 1502 etwa an einer äußersten Position relativ zu der schindelförmig überlappenden Spur 1504 positioniert wird. Wenn sich jedoch die Leseeinrichtung 1502 in Richtung zur Mitte der schindelförmig überlappenden Spur 1504 bewegt, fällt die Anzahl von Lesefehlern, die an der Leseeinrichtung 1502 auftreten, bis ein minimaler Wert erreicht wird, bevor sie wieder ansteigt. Die Ausrichtung der Leseeinrichtung 1502 relativ zu der Datenspur 1504, die dem minimalen Wert zugehörig ist, der auf die grafische Darstellung projiziert wurde, entspricht wie angegeben einer optimalen Position der Leseeinrichtung. Darüber hinaus gibt die Differenz zwischen der optimalen Position der Leseeinrichtung und der Position, die einem Versatz null zugehörig ist (d. h. der Nullpunkt auf der grafischen Darstellung 1550) den optimalen Lese-Versatz an.

[0146] Nachdem in Fig. 13 der Lese-Versatz gemessen wurde, kann er verwendet werden, um einen Schreib-Versatz festzulegen, der bei einem Magnetkopf angewendet werden kann, der mit ihm verbundene Wandler der Schreibeinrichtung aufweist. Siehe Operation 1306.

[0147] Bei einem Ansatz können die Daten von einer einzelnen Leseeinrichtung verwendet werden, um den Versatz der Schreibposition zu ermitteln. Bei einem weiteren Ansatz können die Daten mehrerer Leseeinrichtungen verwendet werden, um den Versatz der Schreibposition zu ermitteln, beispielsweise durch Verwenden eines Durchschnittswerts, eines Mittelwerts, eines Extremfalls usw. der relevanten Werte. Das Verwenden von Daten mehrerer Leseeinrichtungen kann eine optimale Auswahl der kompensierten Schreibposition durch Mittelwertbildung über die physischen Variationen der Schreibeinrichtungen in der Anordnung zur Folge haben. Bei einer beispielhaften Ausführungsform können die Rücklese-Daten in einem im Voraus festgelegten Intervall des Medianwerts in die Berechnung des Versatzes der kompensierten Schreibposition eingeschlossen werden.

[0148] Die optionale Operation 1308 enthält Schreiben einer weiteren schindelförmig überlappenden

Spur unter Verwendung des Magnetkopfs, der den auf seine Schreibposition angewendeten Schreib-Versatz aufweist. Wie oben beschrieben kann eine schindelförmig überlappende Spur gebildet werden, indem drei überlappende Spuren geschrieben werden, siehe z. B. **Fig. 14**.

[0149] Des Weiteren enthält die Operation **1310** Prüfen, ob der Lese-Versatz nunmehr näherungsweise null ist, z. B. in einer Weise, die dem Messen in Operation **1304** ähnlich ist. Prüfen des Lese-Versatzes kann beispielsweise ausgeführt werden, indem eine Leseeinrichtung etwa an einer äußersten Position relativ zu der schindelförmig überlappenden Spur mit dem darauf angewendeten Schreib-Versatz positioniert wird und über die schindelförmig überlappende Spur quer zu der Spurrichtung bewegt wird, siehe z. B. die obigen **Fig. 15A** und **Fig. 15B**. Somit kann das Prüfen von Operation **1310** Feststellen enthalten, dass der aktualisierte optimale Lese-Versatz bei null oder nahe bei null liegt.

[0150] Bei der vorliegenden Erfindung kann es sich um ein System, ein Verfahren und/oder ein Computerprogrammprodukt handeln. Das Computerprogrammprodukt kann ein computerlesbares Speichermedium (oder Medien) enthalten, auf dem sich computerlesbare Programmbeefehle befinden, um einen Prozessor zu veranlassen, Aspekte der vorliegenden Erfindung auszuführen.

[0151] Bei dem computerlesbaren Speichermedium kann es sich um eine materielle Einheit handeln, die Befehle zum Verwenden durch eine Befehlsausführungseinheit halten und speichern kann. Bei dem computerlesbaren Speichermedium kann es sich beispielsweise um eine elektronische Speichereinheit, eine magnetische Speichereinheit, eine optische Speichereinheit, eine elektromagnetische Speichereinheit, eine Halbleiter-Speichereinheit oder jede geeignete Kombination der Vorhergehenden handeln, ist jedoch nicht darauf beschränkt. Eine nicht erschöpfende Liste von spezielleren Beispielen des computerlesbaren Speichermediums enthält Folgendes: eine tragbare Computerdiskette, eine Festplatte, einen Direktzugriffsspeicher (RAM), einen Festwertspeicher (ROM), einen löschbaren programmierbaren Festwertspeicher (EPROM oder Flash-Speicher), einen statischen Direktzugriffsspeicher (SRAM), einen tragbaren Compactdisk-Festwertspeicher (CD-ROM), eine digitale Versatile-Disk (DVD), einen Speicherstick, ein Floppy Disk, eine mechanisch codierte Einheit wie beispielsweise Lochkarten oder erhabene Strukturen in einer Nut, in denen Befehle aufgezeichnet sind, oder jede geeignete Kombination des Vorhergehenden. Ein hier verwendetes computerlesbares Speichermedium sollte nicht so ausgelegt werden, dass es sich dabei per se um flüchtige Signale handelt wie beispielsweise Funkwellen oder andere sich frei ausbreitende elektromagnetische Wel-

len, elektromagnetische Wellen, die sich durch einen Wellenleiter oder andere Übertragungsmedien ausbreiten (z. B. Lichtimpulse, die durch ein Lichtwellenleiterkabel geleitet werden) oder elektrische Signale, die durch eine Leitung übertragen werden.

[0152] Computerlesbare Programmbeefehle, die hier beschrieben werden, können von einem computerlesbaren Speichermedium zu entsprechenden Datenverarbeitungs/Verarbeitungs-Einheiten oder über ein Netzwerk, z. B. das Internet, ein Lokalbereichsnetz, ein Weitverkehrsnetz und/oder ein drahtloses Netzwerk zu einem externen Computer oder einer externen Speichereinheit heruntergeladen werden. Das Netzwerk kann Kupfer-Übertragungskabel, Lichtwellenleiter, drahtlose Übertragungen, Router, Firewalls, Switches, Gateway-Computer und/oder Edge-Server aufweisen. Eine Netzwerk-Adapterkarte oder eine Netzwerk-Schnittstelle in jeder Datenverarbeitungs/Verarbeitungs-Einheit empfängt computerlesbare Programmbeefehle von dem Netzwerk und leitet die computerlesbaren Programmbeefehle zum Speichern in einem computerlesbaren Speichermedium in der entsprechenden Datenverarbeitungs/Verarbeitungs-Einheit weiter.

[0153] Bei computerlesbaren Programmbeefehlen zum Ausführen von Operationen der vorliegenden Erfindung kann es sich um Assembler-Befehle, Befehle mit Befehlssatz-Architektur (ISA), Maschinenbefehle, maschinenabhängige Befehle, Mikrocode, Firmware-Befehle, Zustandseinstellungsdaten oder Quellencode bzw. Objektcode handeln, der in jeder Kombination aus einer oder mehreren Programmiersprachen geschrieben ist, darunter eine objektorientierte Programmiersprache wie Smalltalk, C++ oder dergleichen und herkömmliche prozedurale Programmiersprachen wie etwa die Programmiersprache "C" oder ähnliche Programmiersprachen. Die computerlesbaren Programmbeefehle können nur auf dem Computer eines Benutzers, teilweise auf dem Computer eines Benutzers, als ein eigenständiges Software-Paket, teilweise auf dem Computer eines Benutzers und teilweise auf einem fernen Computer oder nur auf dem fernen Computer oder Server ausgeführt werden. In dem zuletzt genannten Szenario kann der ferne Computer mit dem Computer des Benutzers durch jeden Netzwerktyp verbunden sein, darunter ein lokales Netzwerk (LAN) oder ein Weitverkehrsnetz (WAN), oder die Verbindung kann zu einem externen Computer (z. B. über das Internet unter Verwendung eines Internet-Diensteanbieters) hergestellt werden. Bei einigen Ausführungsformen können elektronische Schaltungsanordnungen, darunter beispielsweise eine programmierbare logische Schaltungsanordnung, vor Ort programmierbare Gate-Arrays (FPGA) oder programmierbare Logik-Arrays (PLA) die computerlesbaren Programmbeefehle ausführen, indem Zustandsinformationen der computerlesbaren Programmbeefehle genutzt werden, um

die elektronische Schaltungsanordnung zu personalisieren, um Aspekte der vorliegenden Erfindung auszuführen.

[0154] Aspekte der vorliegenden Erfindung werden hier unter Bezugnahme auf Ablaufplan-Darstellungen und/oder Blockschaltbilder von Verfahren, Vorrichtungen (Systemen) und Computerprogrammprodukten gemäß Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Es ist klar, dass jeder Block der Ablaufplan-Darstellungen und/oder Blockschaltbilder und Kombinationen von Blöcken in den Ablaufplan-Darstellungen und/oder Blockschaltbildern durch computerlesbare Programmbefehle umgesetzt werden können.

[0155] Diese computerlesbaren Programmbefehle können einem Prozessor eines Universalcomputers, eines Spezialcomputers oder einer anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung bereitgestellt werden, um eine Maschine zu bilden, so dass Befehle, die über den Prozessor des Computers oder der anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung ausgeführt werden, Mittel zum Umsetzen der Funktionen/Wirkungen, die in dem Block oder den Blöcken des Ablaufplans und/oder Blockschaltbilds spezifiziert sind, erzeugen. Diese computerlesbaren Programmbefehle können außerdem in einem computerlesbaren Speichermedium gespeichert sein, das einen Computer, eine andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung und/oder andere Einheiten anweisen kann, in einer bestimmten Weise zu funktionieren, so dass das computerlesbare Speichermedium mit darin gespeicherten Befehlen einen Herstellungsgegenstand aufweisen, der Befehle enthält, die Aspekte der Funktion/Wirkung umsetzen, die in dem Block oder den Blöcken des Ablaufplans und/oder Blockschaltbilds spezifiziert sind.

[0156] Die computerlesbaren Programmbefehle können außerdem in einen Computer, eine andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung oder eine andere Einheit geladen werden, um eine Reihe von Operationsschritten zu bewirken, die auf dem Computer, der anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung oder der anderen Einheit ausgeführt werden sollen, um einen durch einen Computer umgesetzten Prozess zu erzeugen, so dass die Befehle, die auf dem Computer, der anderen programmierbaren Vorrichtung oder der anderen Einheit ausgeführt werden, die Funktionen/Wirkungen, die in dem Block oder Blöcken des Ablaufplans und/oder Blockschaltbilds spezifiziert sind, umsetzen.

[0157] Der Ablaufplan und die Blockdarstellungen in den Figuren veranschaulichen die Architektur, Funktionalität und Operation von möglichen Umsetzungen von Systemen, Verfahren und Computerprogrammprodukten gemäß verschiedener Ausführungs-

formen der vorliegenden Erfindung. In diesem Zusammenhang kann jeder Block in dem Ablaufplan oder in Blockdarstellungen ein Modul, Segment oder Abschnitt von Befehlen repräsentieren, der einen oder mehrere ausführbare Befehle zum Umsetzen der spezifizierten logischen Funktion(en) aufweist. Bei einigen alternativen Umsetzungen können die in dem Block angegebenen Funktionen möglicherweise nicht in der in den Figuren angegebenen Reihenfolge auftreten. Zum Beispiel können zwei Blöcke, die nacheinander gezeigt sind, tatsächlich im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden oder die Blöcke können gelegentlich in Abhängigkeit von der beteiligten Funktionalität in der umgekehrten Reihenfolge ausgeführt werden. Es wird außerdem angemerkt, dass jeder Block in den Blockdarstellungen und/oder Ablaufplan-Darstellungen und Kombinationen von Blöcken in den Blockdarstellungen und/oder der Ablaufplan-Darstellung durch Systeme, die auf spezieller Hardware beruhen, die die spezifizierten Funktionen oder Wirkungen ausführen, oder Kombinationen aus spezieller Hardware und Computerbefehlen umgesetzt werden können.

[0158] Darüber hinaus kann ein System gemäß verschiedenen Ausführungsformen einen Prozessor und eine Logikschaltung, die in den Prozessor integriert ist und/oder durch den Prozessor ausführbar ist, enthalten, wobei die Logikschaltung so eingerichtet ist, dass sie einen oder mehrere der hier zitierten Prozessschritte ausführt. Mit integriert ist gemeint, dass der Prozessor eine darin eingebettete Logikschaltung als Hardware-Logikschaltung aufweist, wie beispielsweise eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), ein vor Ort programmierbares Gate-Array (FPGA) usw. Mit durch den Prozessor ausführbar ist gemeint, dass die Logikschaltung Hardware-Logik ist; Software-Logik wie etwa Firmware, Teil eines Betriebssystems, Teil eines Anwendungsprogramms usw. oder eine bestimmte Kombination aus Hardware- und Software-Logik ist, auf die durch den Prozessor zugegriffen werden kann und die so eingerichtet ist, dass bewirkt wird, dass der Prozessor eine bestimmte Funktionalität beim Ausführen durch den Prozessor ausführt. Software-Logik kann in einem und/oder fernen Speicher eines beliebigen Speichertyps gespeichert werden, wie in der Technik bekannt. Jeder Prozessor, der im Stand der Technik bekannt ist, kann verwendet werden, wie beispielsweise ein Software-Prozessormodul und/oder ein Hardware-Prozessor, wie etwa ein ASIC, ein FPGA, eine Zentraleinheit (CPU) eine integrierte Schaltung (IC) usw.

[0159] Es ist klar, dass die verschiedenen Merkmale der vorhergehenden Systeme und/oder Verfahrensweisen auf beliebige Weise kombiniert werden können, wodurch eine Mehrzahl von Kombinationen aus den oben dargestellten Beschreibungen erzeugt wird.

[0160] Es ist ferner klar, dass Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in der Form eines Dienstes bereitgestellt werden kann, der im Auftrag eines Kunden eingesetzt werden kann.

[0161] Die hier offenbarten erfindungsgemäßen Konzepte wurden beispielhaft dargestellt, um deren unzählige Merkmale in einer Mehrzahl von veranschaulichenden Szenarien, Ausführungsformen und/oder Umsetzungen zu veranschaulichen. Es sollte klar sein, dass die allgemein offenbarten Konzepte als modular betrachtet werden und in jeder Kombination, Permutation oder deren Synthese umgesetzt werden können. Außerdem sollte jede Modifikation, Änderung oder Entsprechung der vorliegend offenbarten Merkmale, Funktionen und Konzepte, die durch einen Fachmann beim Lesen der momentanen Beschreibungen erkannt werden, ebenfalls als im Umfang dieser Offenbarung liegend betrachtet werden.

[0162] Zwar wurden oben verschiedene Ausführungsformen beschrieben, es sollte jedoch klar sein, dass sie lediglich beispielhaft und nicht einschränkend dargestellt wurden. Somit sollten Breite und Umfang einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht durch eine der oben beschriebenen beispielhaften Ausführungsformen eingeschränkt werden, sondern sollten lediglich in Übereinstimmung mit den folgenden Ansprüchen und deren Ersetzungen definiert werden.

[0163] Es wird außerdem darauf hingewiesen, dass weitere Ausführungsformen der beanspruchten Gegenstände vorliegen können:

In einem Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung weist diese eine Logikschaltung aufweist, die so eingerichtet ist, dass sie die seitliche Schreibposition anwendet zum Neupositionieren einer Schreibposition der Anordnung von Schreibeinrichtungen von einer nominellen Schreibposition.

[0164] In einem Ausführungsbeispiel eines Verfahrens wird der seitliche Versatz aus einem Speicher einer Vorrichtung erhalten, die das Verfahren ausführt.

[0165] In einem Ausführungsbeispiel eines Verfahrens, weist ein Erhalten eines zweiten seitlichen Versatzes zum Schreiben in einer zweiten Richtung auf, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist; und Anwenden des zweiten seitlichen Versatzes beim Schreiben in der zweiten Richtung, wobei der zweite seitliche Versatz von dem seitlichen Versatz verschieden ist.

[0166] In einem Ausführungsbeispiel eines Verfahrens weist ein Anfügen einer Angabe auf, die angibt, dass der seitliche Versatz beim Schreiben verwendet wurde.

[0167] In einem Produkt werden die Daten in einem Speichergespeichert, der mit dem magnetischen Aufzeichnungsmedium verbunden ist.

[0168] In einem Produkt sind die Daten auf dem magnetischen Aufzeichnungsmedium codiert.

[0169] In einem Produkt enthalten die Daten Informationen, die von einem Laufwerk verwendbar, um zu ermitteln, wie Daten von dem magnetischen Aufzeichnungsmedium zurückgelesen werden.

[0170] In einem Produkt, enthalten die Daten, die angeben, ob ein Versatz einer seitlichen Schreibposition beim Schreiben verwendet wurde, eine Kennzeichnung, welche Spuren unter Verwendung des Versatzes der seitlichen Schreibposition geschrieben wurden.

[0171] Außerdem wird ein Computerprogrammprodukt vorgestellt, wobei das Computerprogrammprodukt ein computerlesbares Speichermedium mit darin verkörperten Programmbefehlen aufweist, wobei die Programmbefehle durch eine Steuereinheit ausführbar sind, um zu bewirken, dass die Steuereinheit ein Verfahren ausführt, das aufweist:

durch die Steuereinheit Erfassen von Informationen darüber, wie beim Aufzeichnen auf schindelförmig überlappenden Spuren eine Anordnung von Schreibeinrichtungen auf ein magnetisches Medium schreibt und/oder schreiben soll; und durch die Steuereinheit und unter Verwendung der erfassten Informationen Berechnen von Daten, die eine seitliche Schreibposition zum Verwenden beim Schreiben beschreiben, so dass Kanten der schindelförmig überlappenden Spur gemäß einem Format ausgerichtet sind.

Patentansprüche

1. Verfahren, das aufweist:
Erfassen von Informationen darüber, wie eine Anordnung von Schreibeinrichtungen beim Aufzeichnen von schindelförmig überlappenden Spuren auf einen magnetischen Datenträger schreibt und/oder schreiben soll; und
unter Verwendung der erfassten Informationen Berechnen von Daten, die eine seitliche Schreibposition zum Verwenden beim Schreiben beschreiben, so dass Kanten von schindelförmig überlappenden Spuren gemäß einem Format ausgerichtet sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Informationen darüber, wie eine Anordnung von Schreibeinrichtungen in nominellen Schreibpositionen schreibt, erfasst werden, wobei die Daten einen seitlichen Versatz von der nominellen Schreibposition enthalten.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Informationen erfasst werden durch Schreiben von Da-

ten auf ein magnetisches Aufzeichnungsmedium unter Verwendung von Schreibeinrichtungen der Anordnung, Lesen von Daten an verschiedenen seitlichen Lesepositionen relativ zu Spuren mit den geschriebenen Daten und Analysieren der Daten, die an den verschiedenen seitlichen Lesepositionen gelesen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Daten durch ein Laufwerk gelesen werden, wobei sich in dem Laufwerk ebenfalls die Anordnung von Schreibeinrichtungen befindet.

5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Daten durch ein anderes Laufwerk gelesen werden als ein Laufwerk mit der Anordnung von Schreibeinrichtungen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei es sich bei dem anderen Laufwerk um ein kalibriertes Laufwerk handelt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Informationen erfasst werden durch Schreiben von Daten auf ein magnetisches Aufzeichnungsmedium unter Verwendung der Schreibeinrichtungen der Anordnung, Neupositionieren der Anordnung zwischen verschiedenen seitlichen Schreibpositionen relativ zu dem magnetischen Medium während des Schreibens, Lesen von Daten an einer im Voraus definierten Position und Berechnen von Daten, die eine seitliche Schreibposition beschreiben, die beim späteren Schreiben zu verwenden ist, anhand von Rücklese-Informationen, die beim Lesen erfasst werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Daten durch ein Laufwerk gelesen werden, wobei sich in dem Laufwerk ebenfalls die Anordnung von Schreibeinrichtungen befindet.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Daten durch ein anderes Laufwerk gelesen werden als ein Laufwerk mit der Anordnung von Schreibeinrichtungen.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Informationen erfasst werden durch bildliches Darstellen magnetischer Domänen von Datenspuren, die durch die Anordnung von Schreibeinrichtungen geschrieben werden, und/oder wobei die Informationen erfasst werden durch Ermitteln physischer Charakteristiken von magnetischen Polen der Schreibeinrichtungen in der Anordnung.

11. Verfahren nach Anspruch 1, das Anwenden der Daten aufweist, die die seitliche Schreibposition beim späteren Schreiben schindelförmig überlappend der Spuren beschreiben.

12. Vorrichtung, die aufweist:
einen Laufwerkmechanismus zum Führen eines magnetischen Mediums über die Anordnung von Schreibeinrichtungen;
eine Steuereinheit, die mit der Anordnung von Schreibeinrichtungen elektrisch verbunden ist; und
Logikschaltung, die in die Steuereinheit integriert ist und/oder durch diese ausgeführt werden kann, um das Verfahren nach Anspruch 1 auszuführen.

13. Verfahren, das aufweist:
Erhalten eines seitlichen Versatzes von einer nominellen Schreibposition; und
Anwenden des seitlichen Versatzes zum Neupositionieren einer Schreibposition einer Anordnung von Schreibeinrichtungen relativ zu einer nominellen Schreibposition beim Schreiben in einer ersten Richtung.

14. Vorrichtung, die aufweist:
einen Laufwerkmechanismus zum Führen eines magnetischen Mediums über die Anordnung von Schreibeinrichtungen;
eine Steuereinheit, die mit der Anordnung von Schreibeinrichtungen elektrisch verbunden ist; und
Logikschaltung, die in die Steuereinheit integriert ist und/oder durch diese ausgeführt werden kann, um das Verfahren nach Anspruch 13 auszuführen.

15. Produkt, das aufweist:
ein magnetisches Aufzeichnungsmedium; und
Daten, die angeben, ob ein Versatz einer seitlichen Schreibposition beim Schreiben verwendet wurde.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

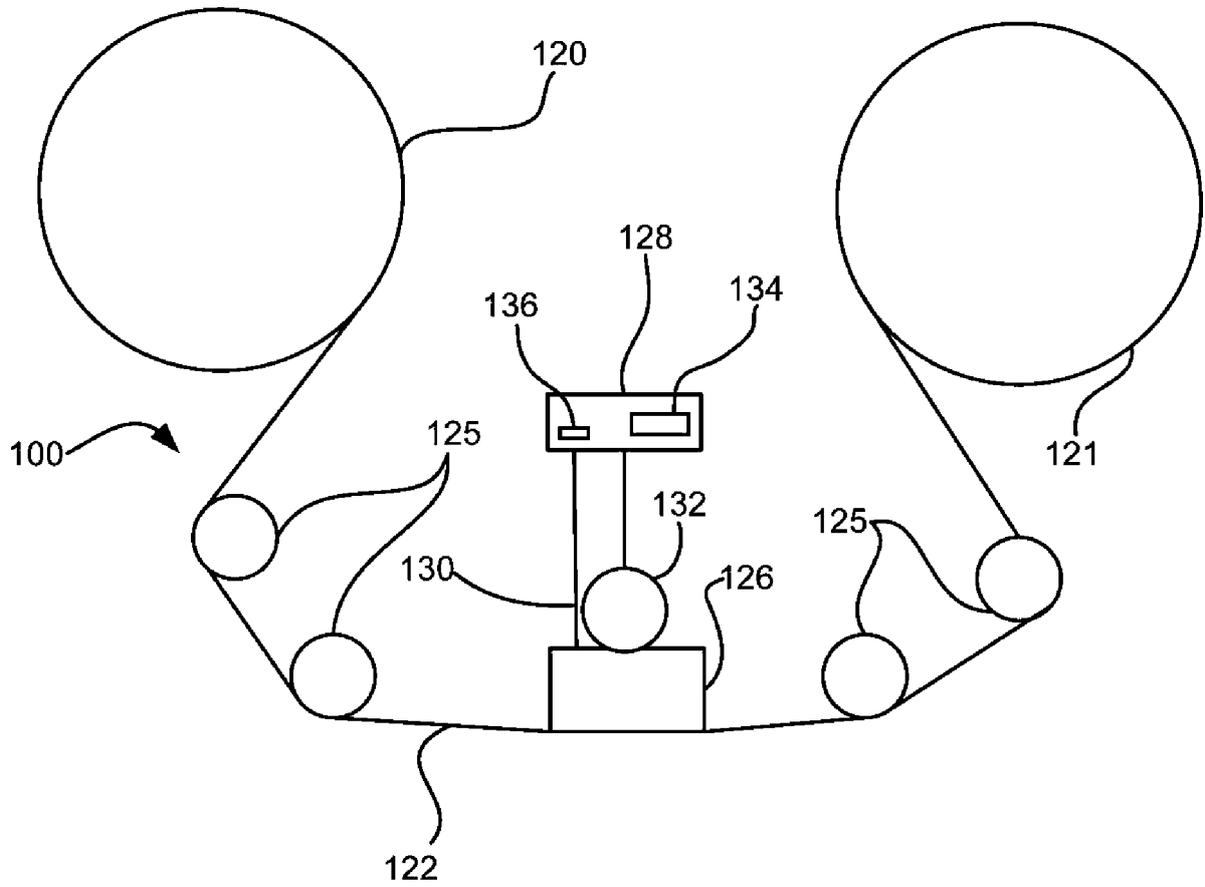


FIG. 1A

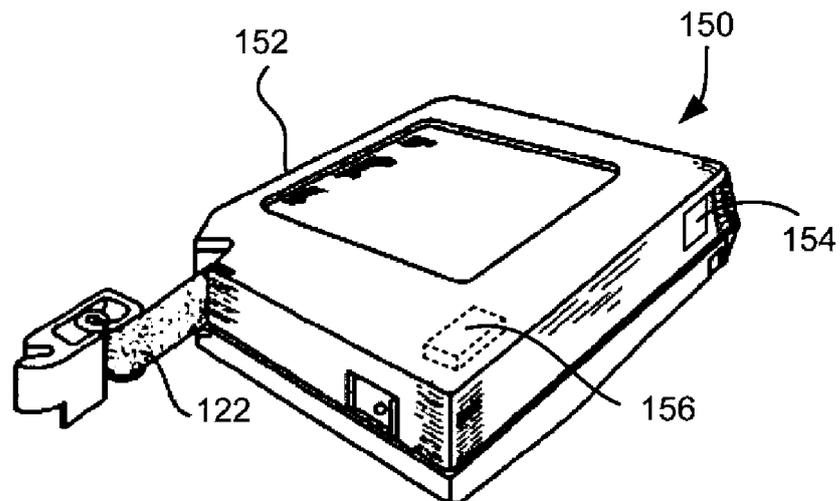


FIG. 1B

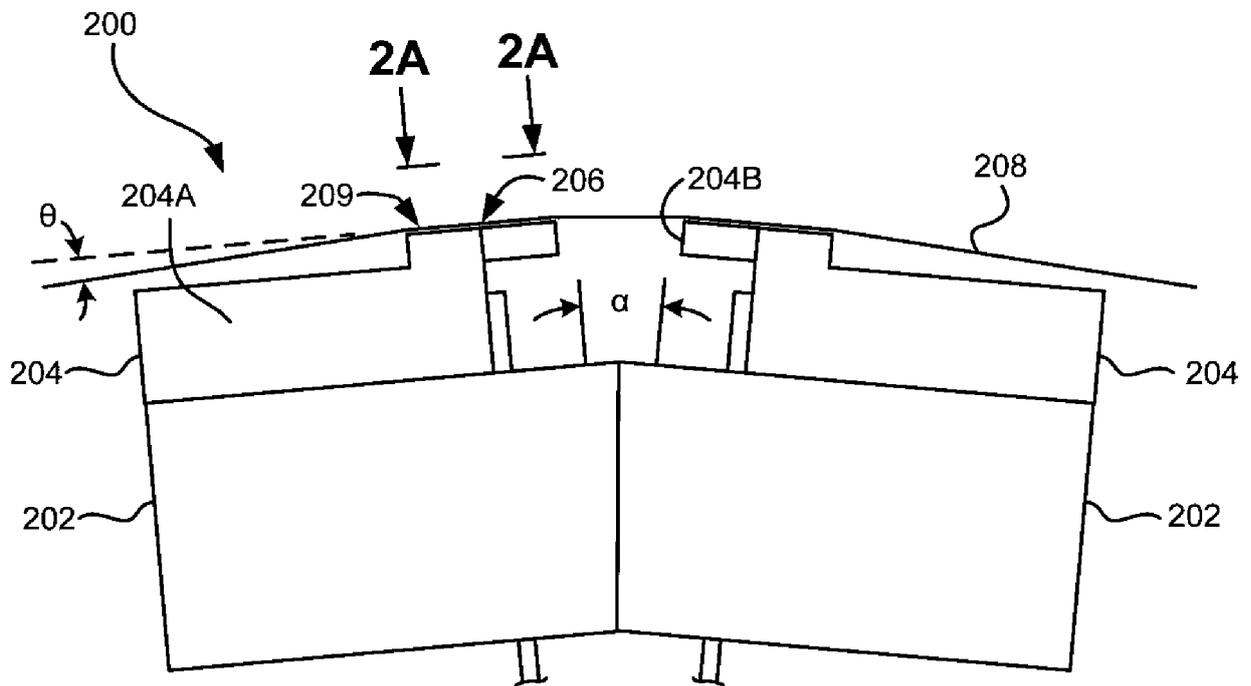


FIG. 2

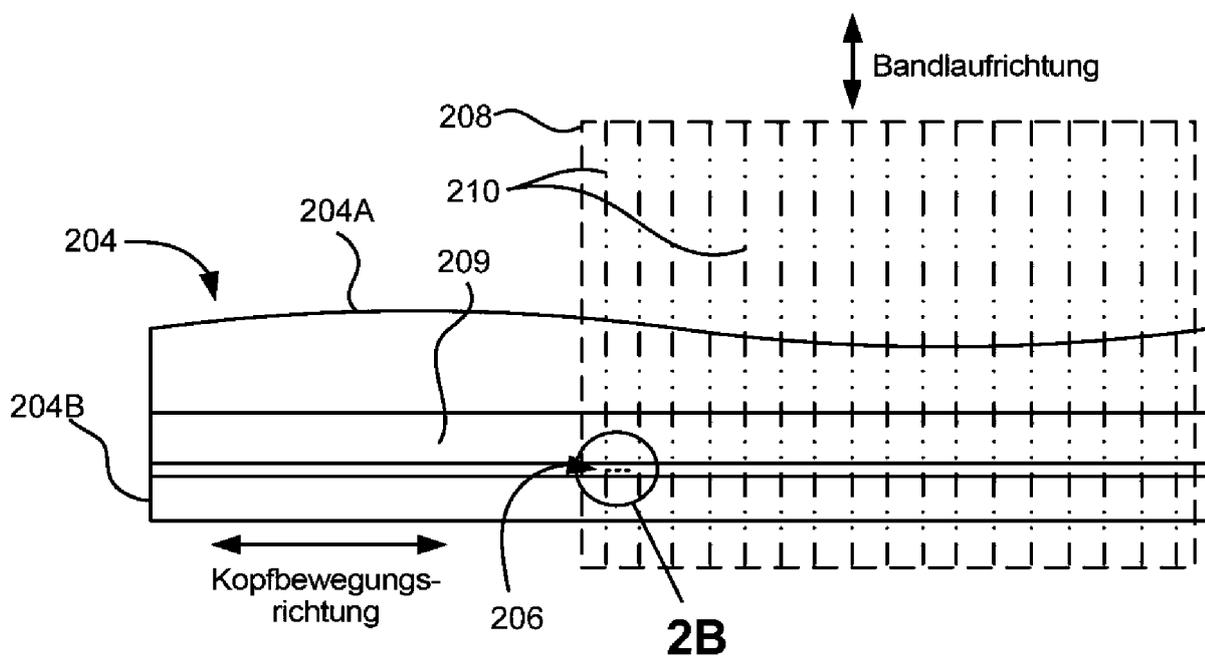


FIG. 2A

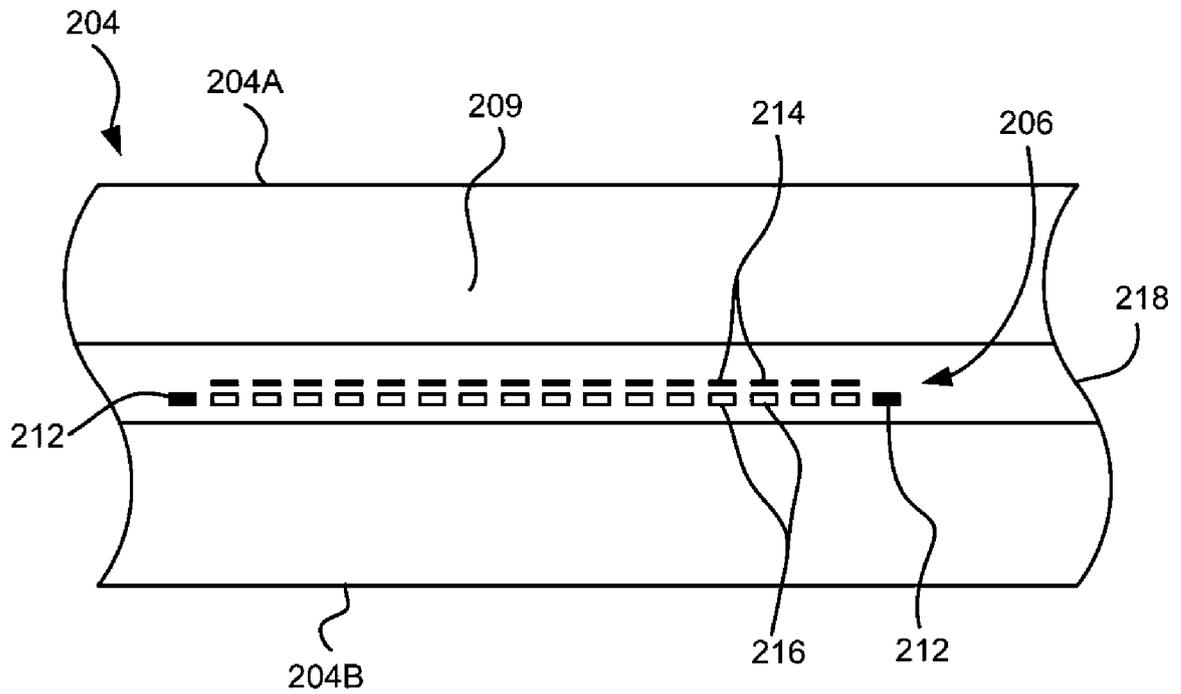


FIG. 2B

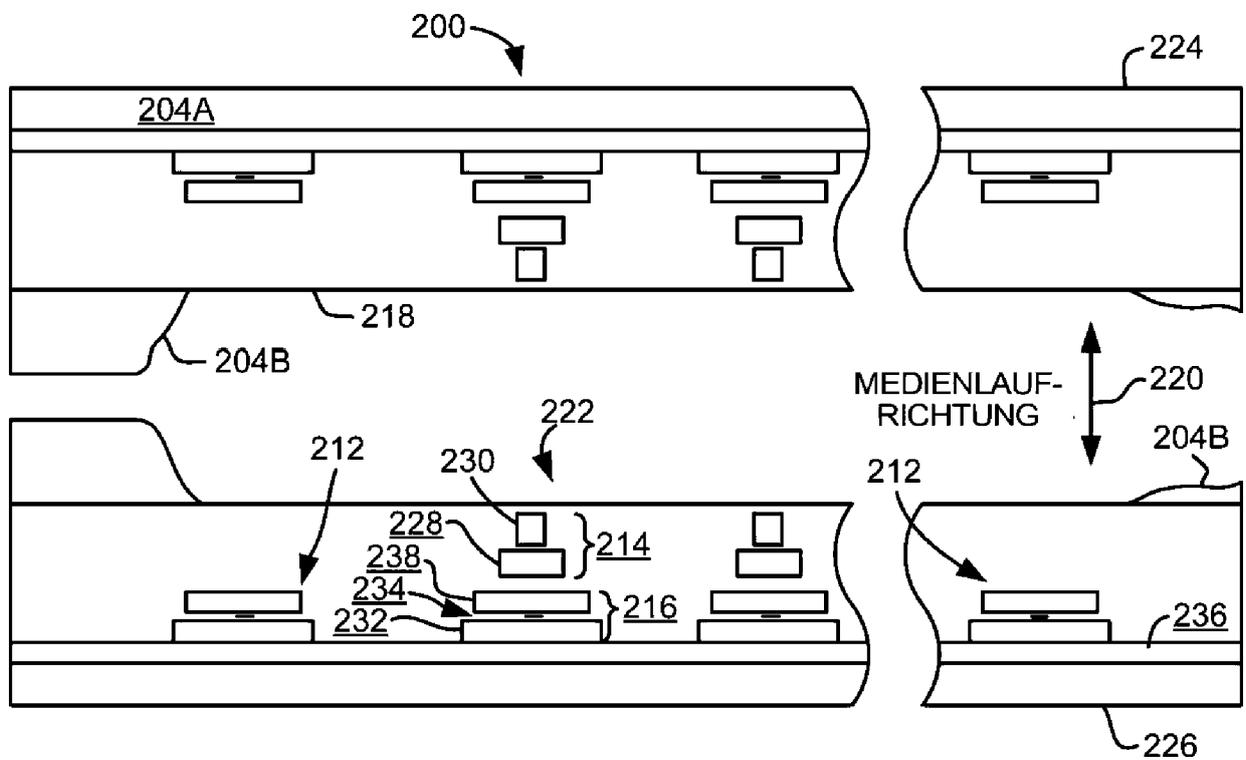


FIG. 2C

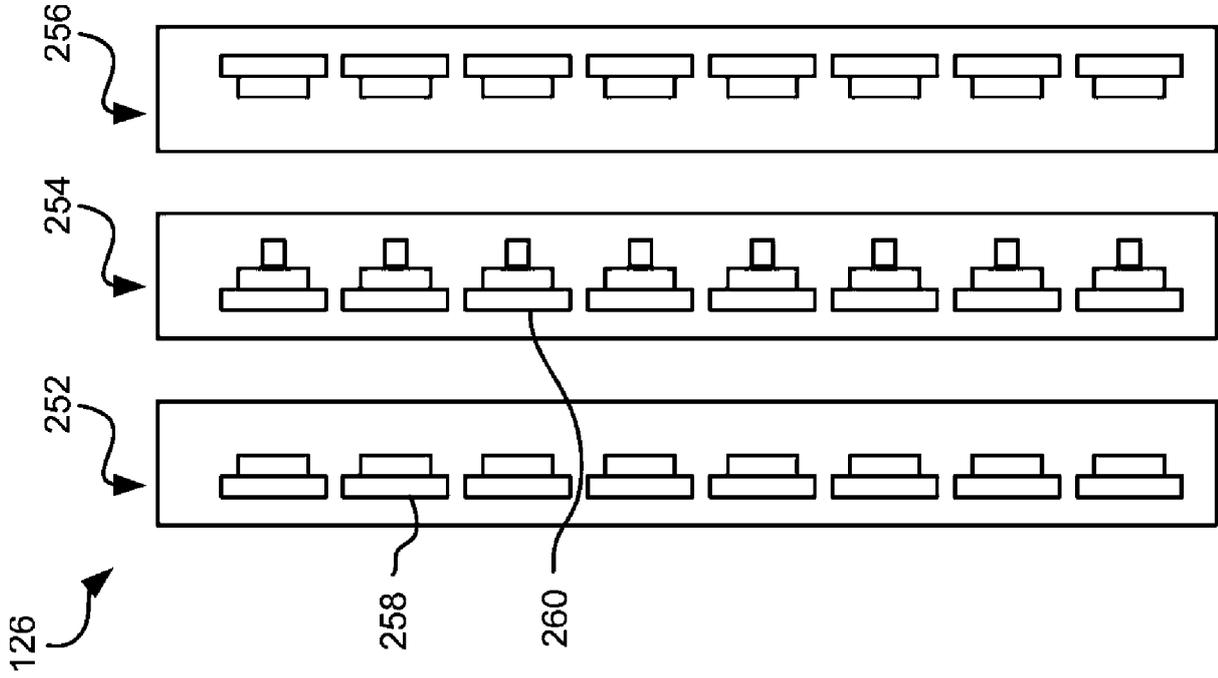


FIG. 4

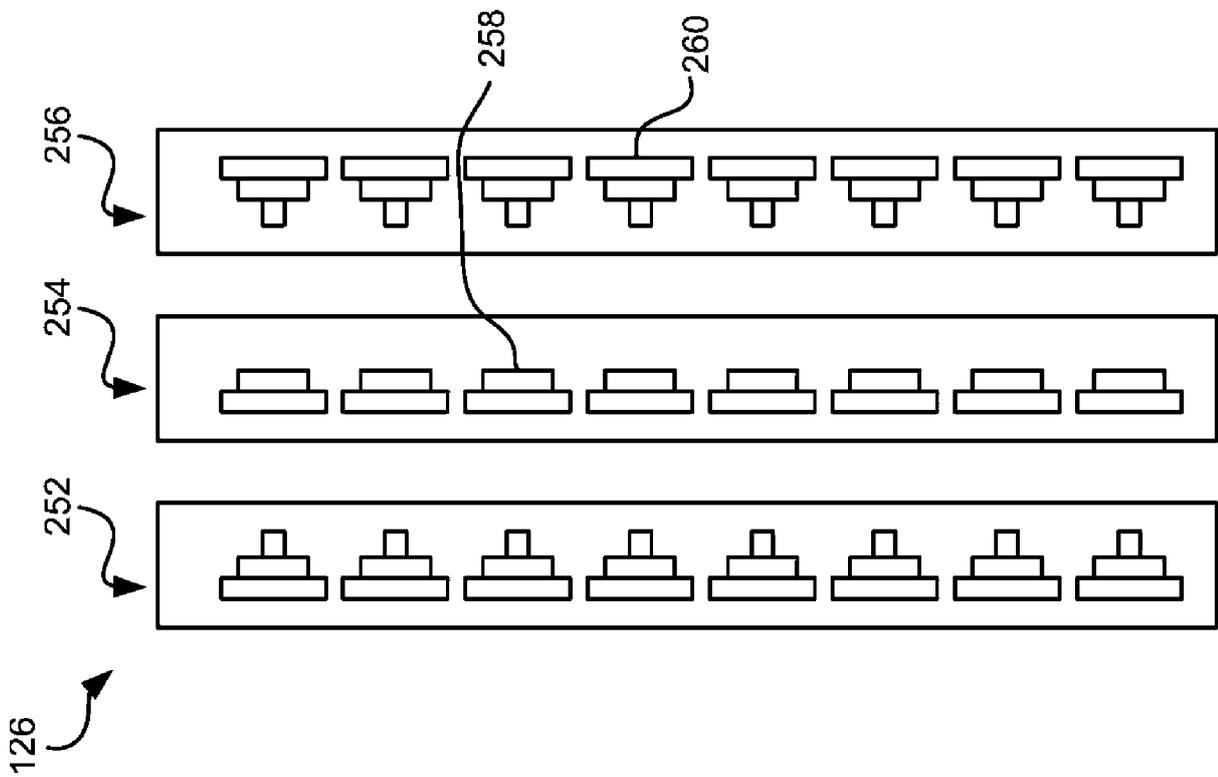


FIG. 3

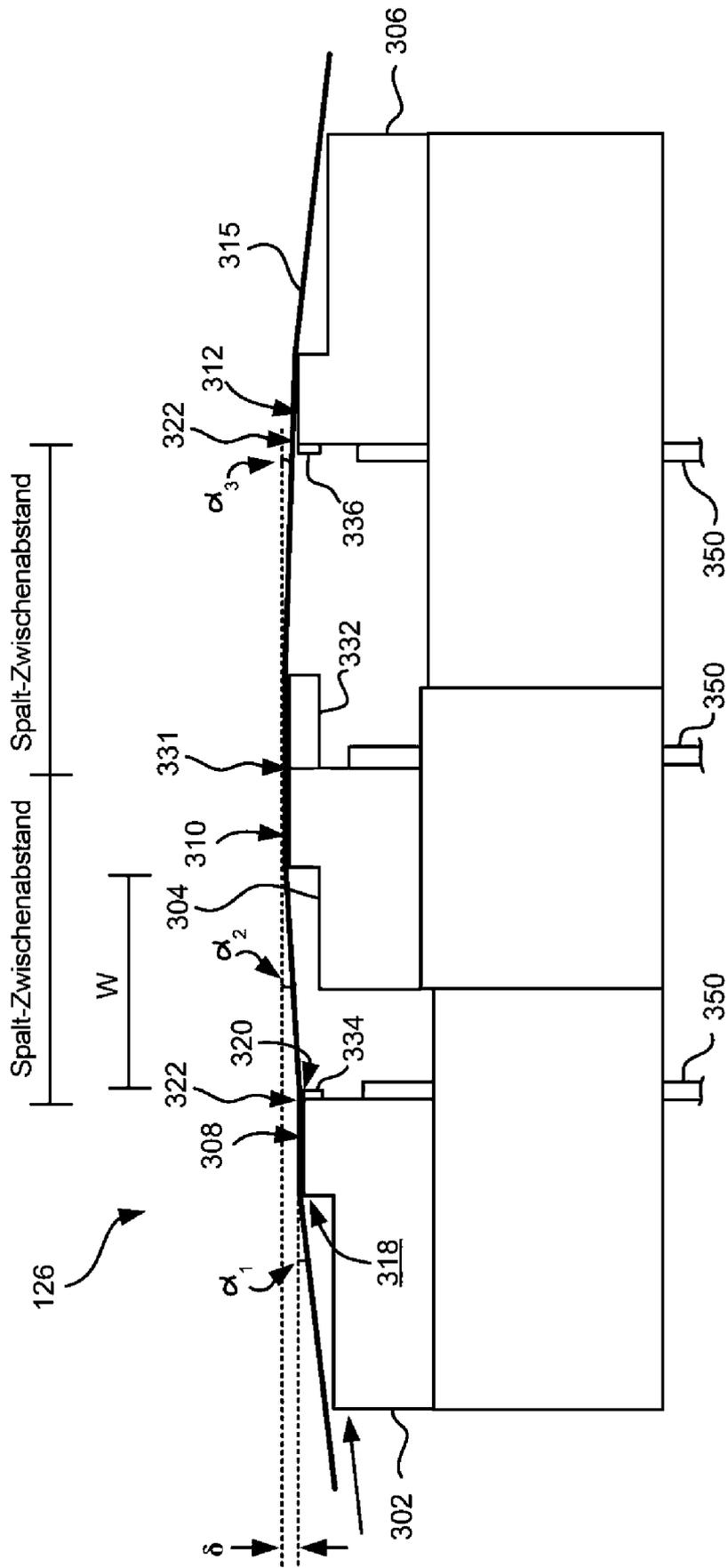


FIG. 5

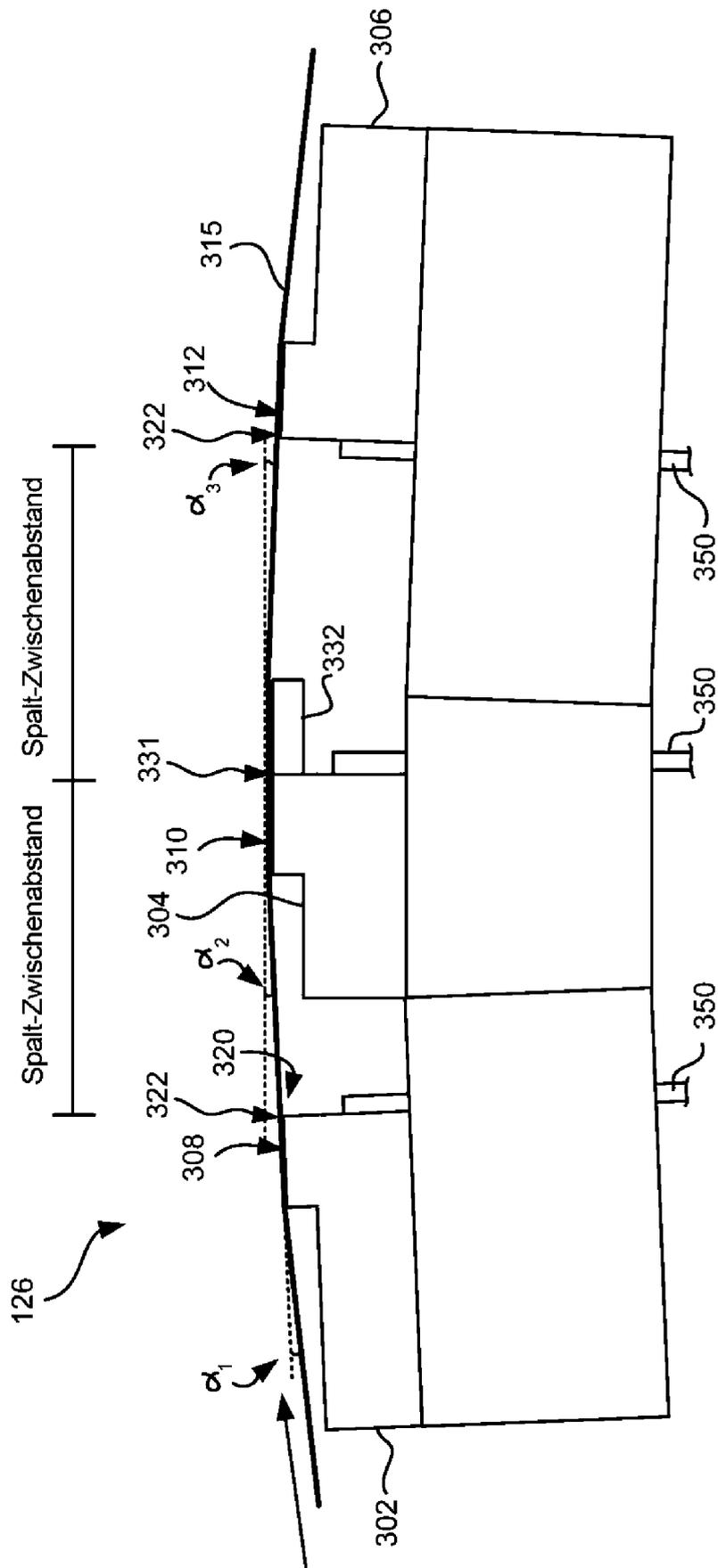


FIG. 6

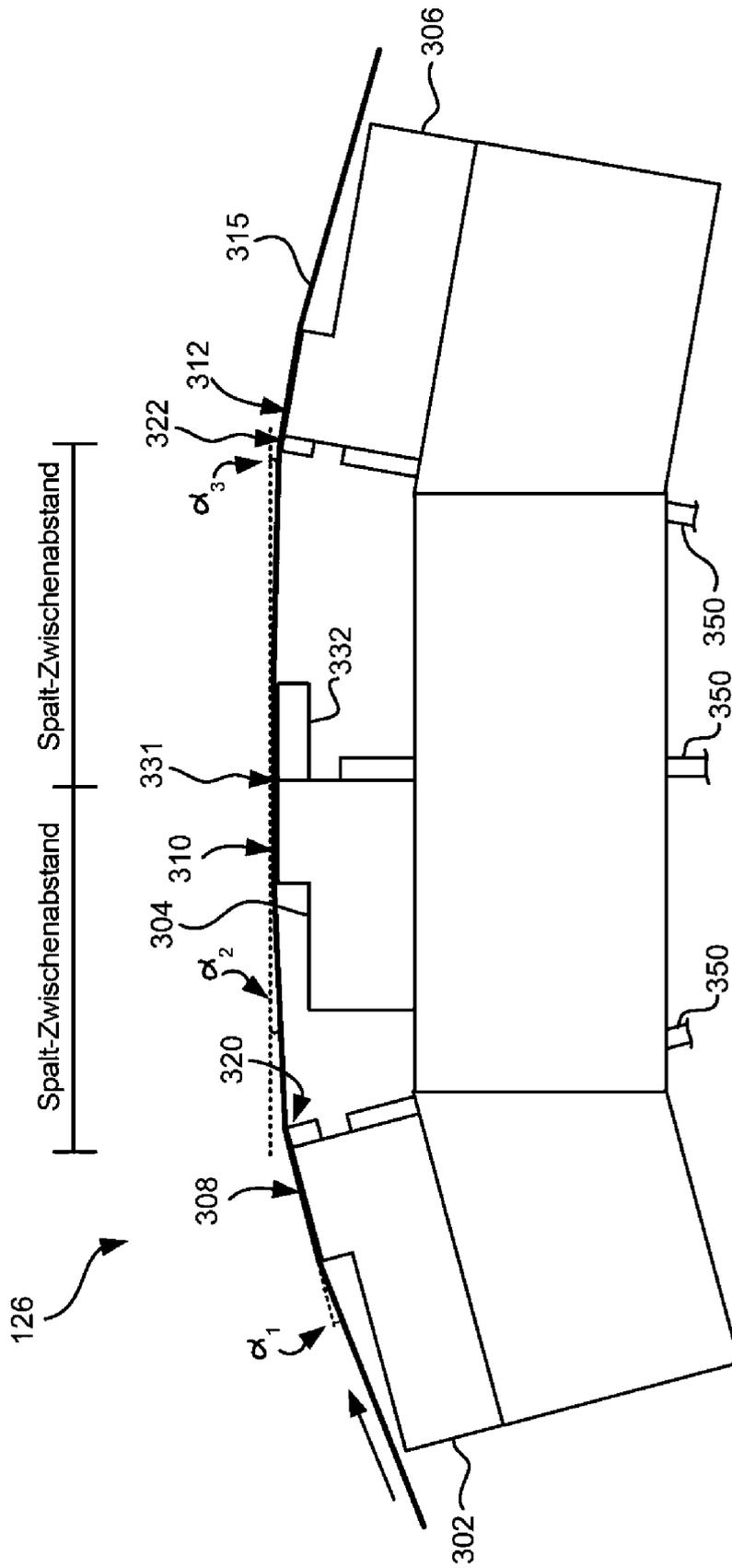


FIG. 7

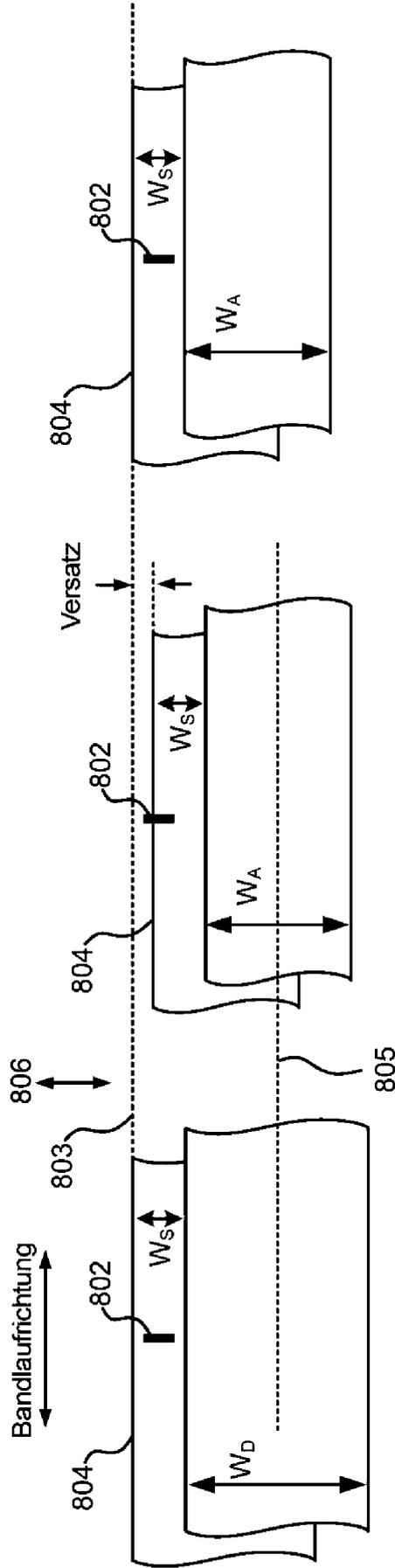


FIG. 8C

FIG. 8B

FIG. 8A

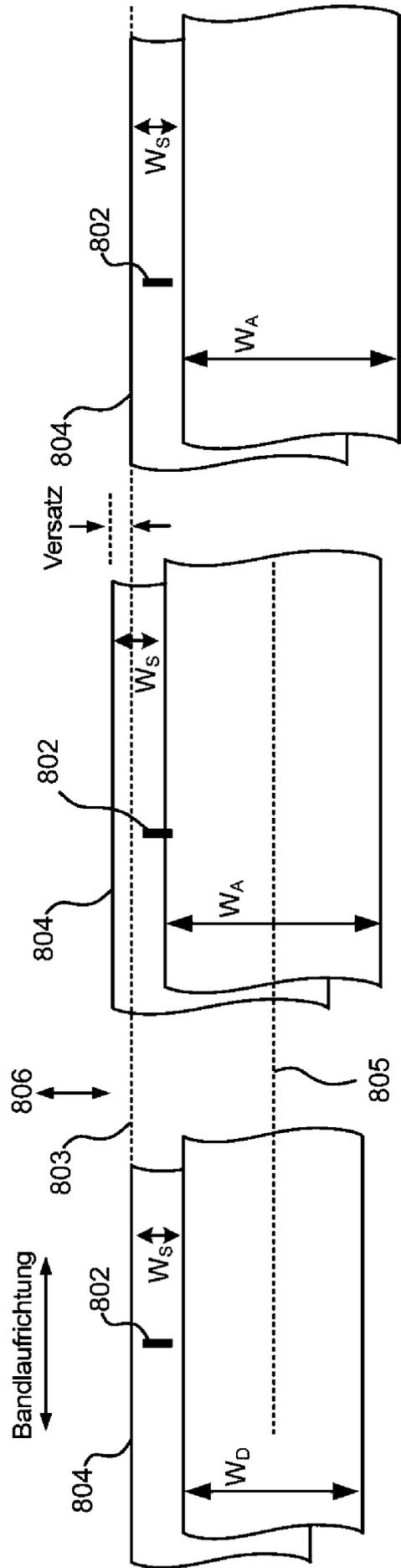


FIG. 8F

FIG. 8E

FIG. 8D

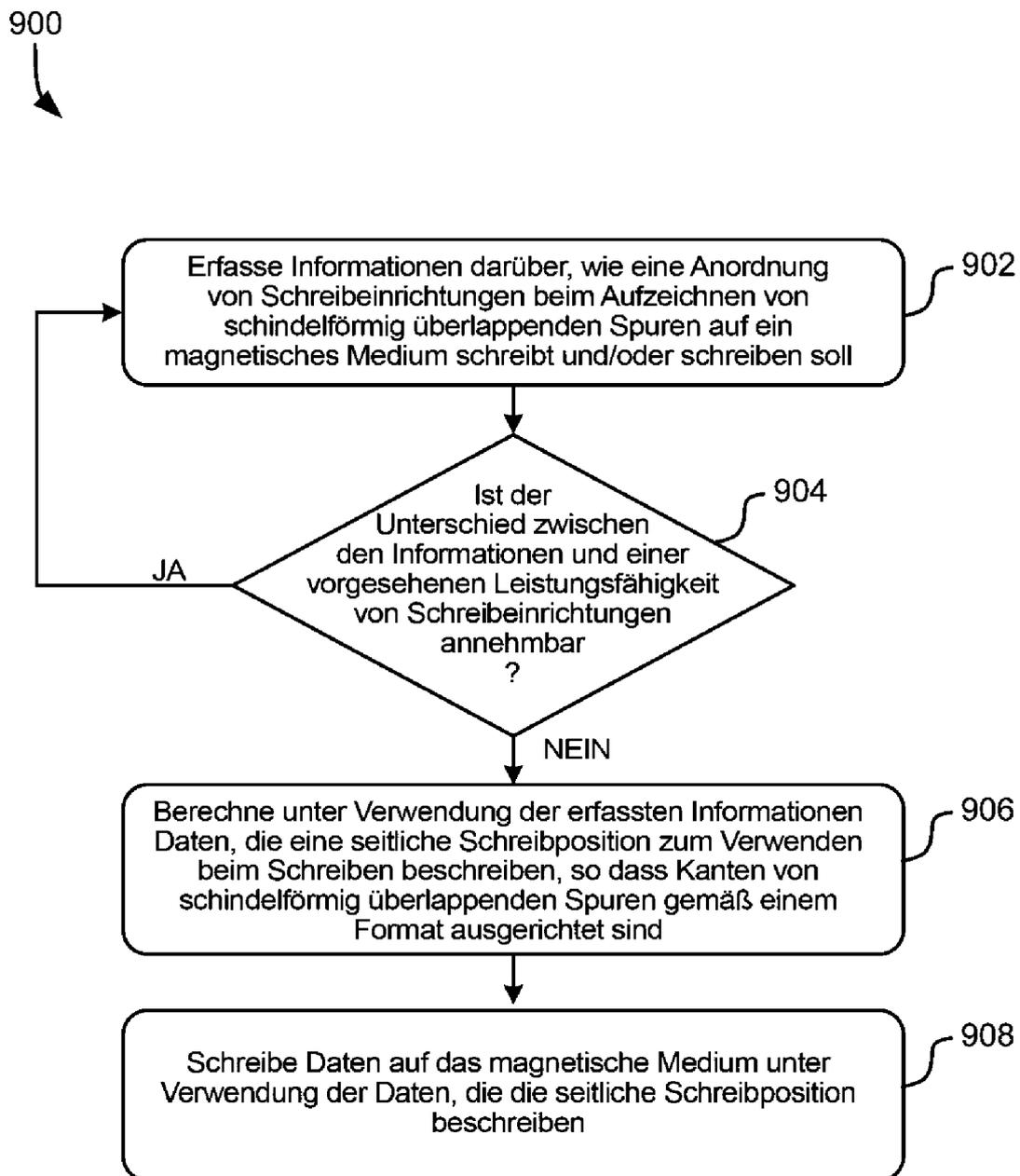


FIG. 9

1000
↙

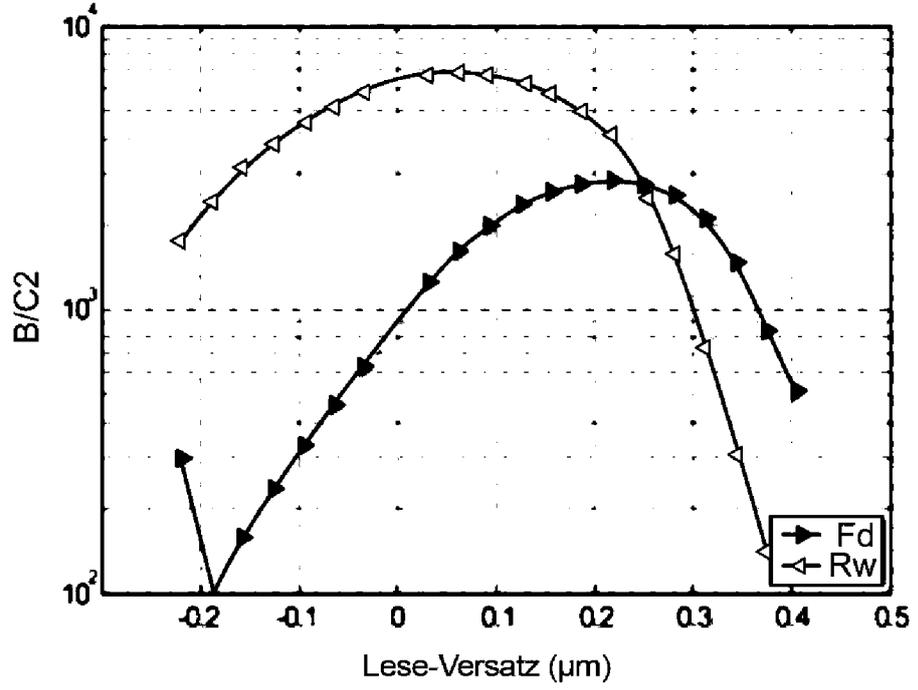


FIG. 10A

1050
↙

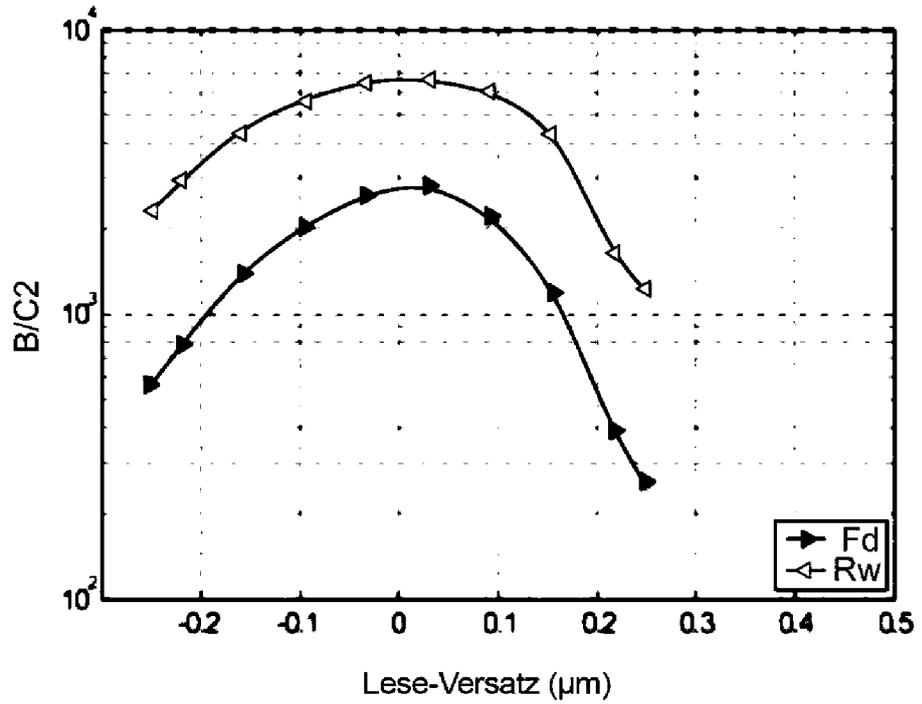


FIG. 10B

1100

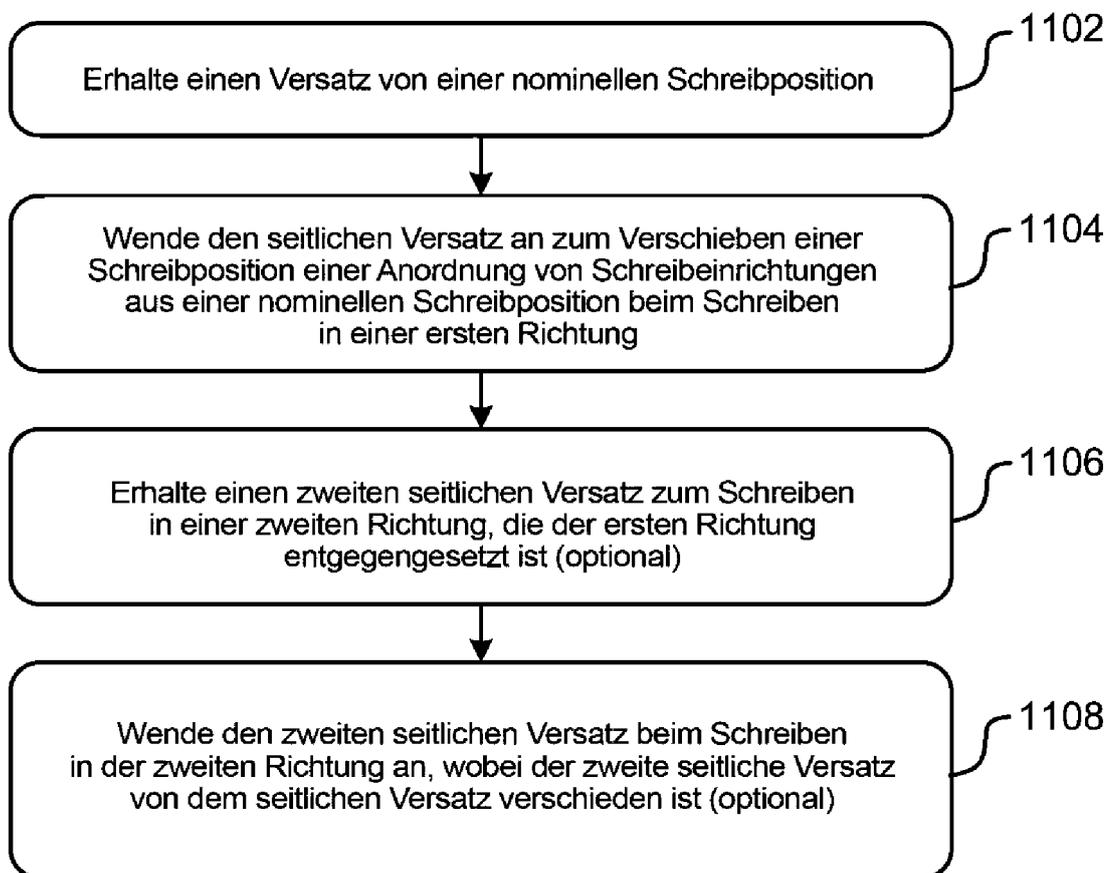


FIG. 11

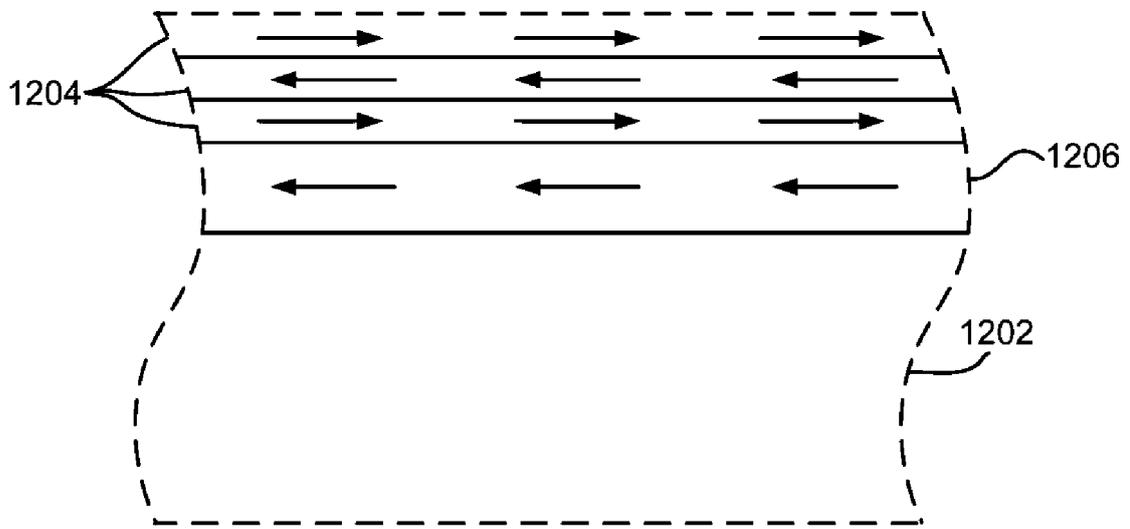


FIG. 12A

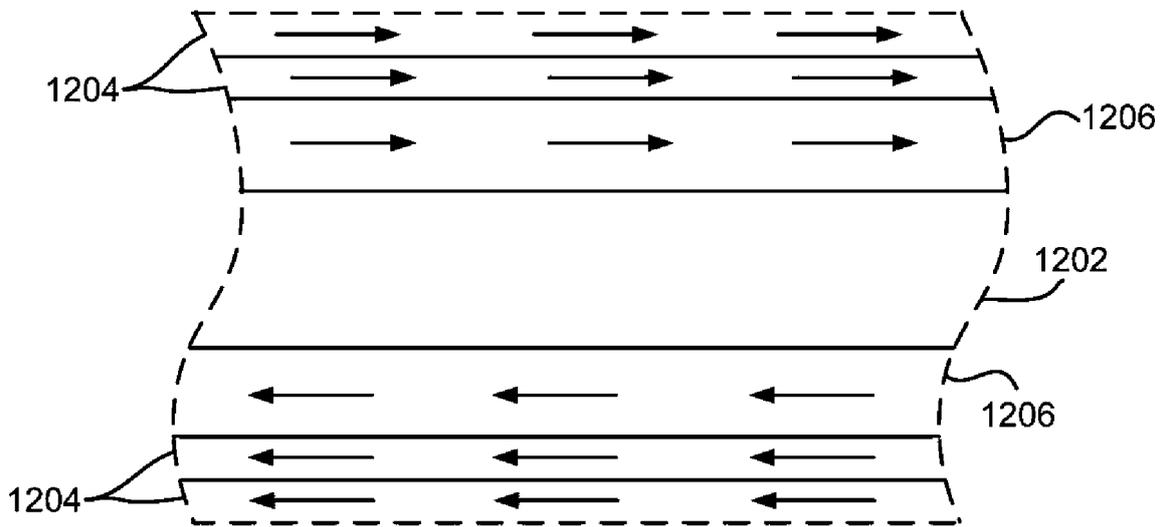


FIG. 12B

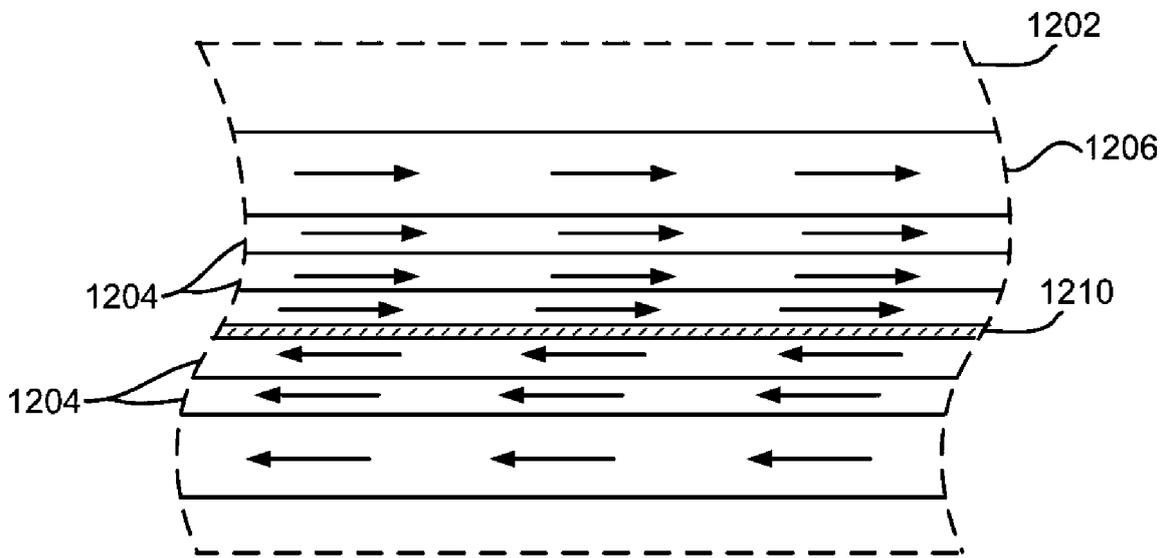


FIG. 12C

1300

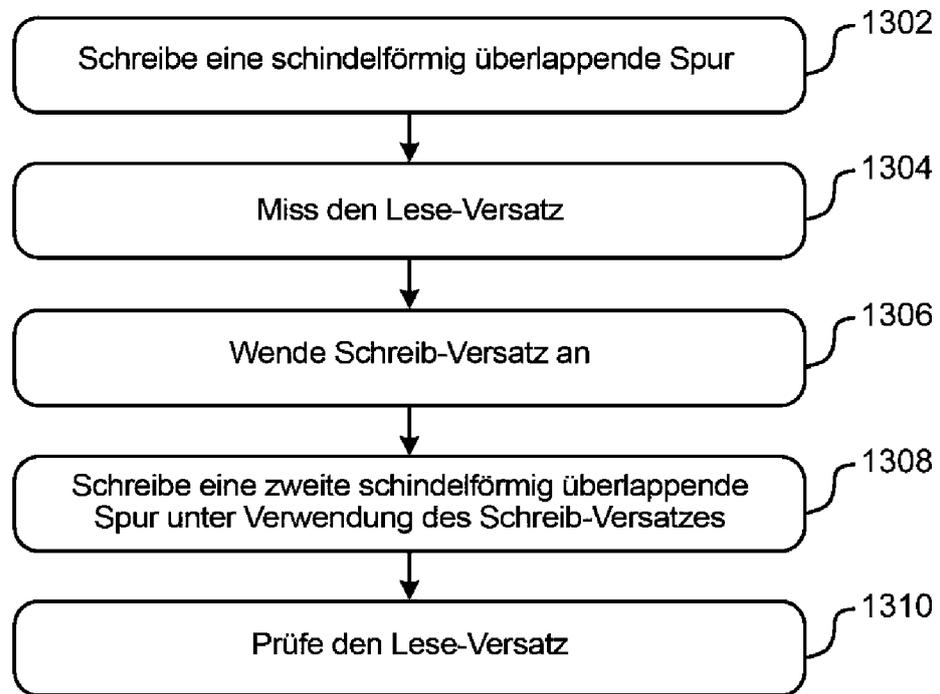


FIG. 13

1400

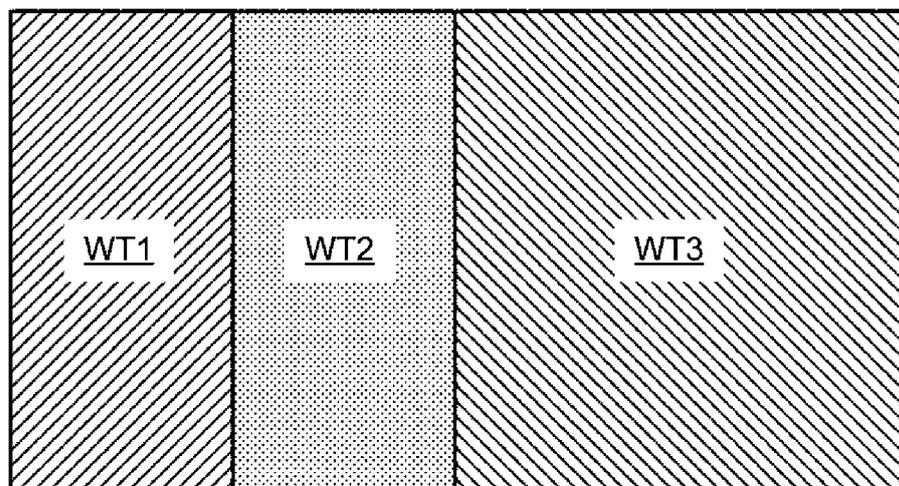


FIG. 14

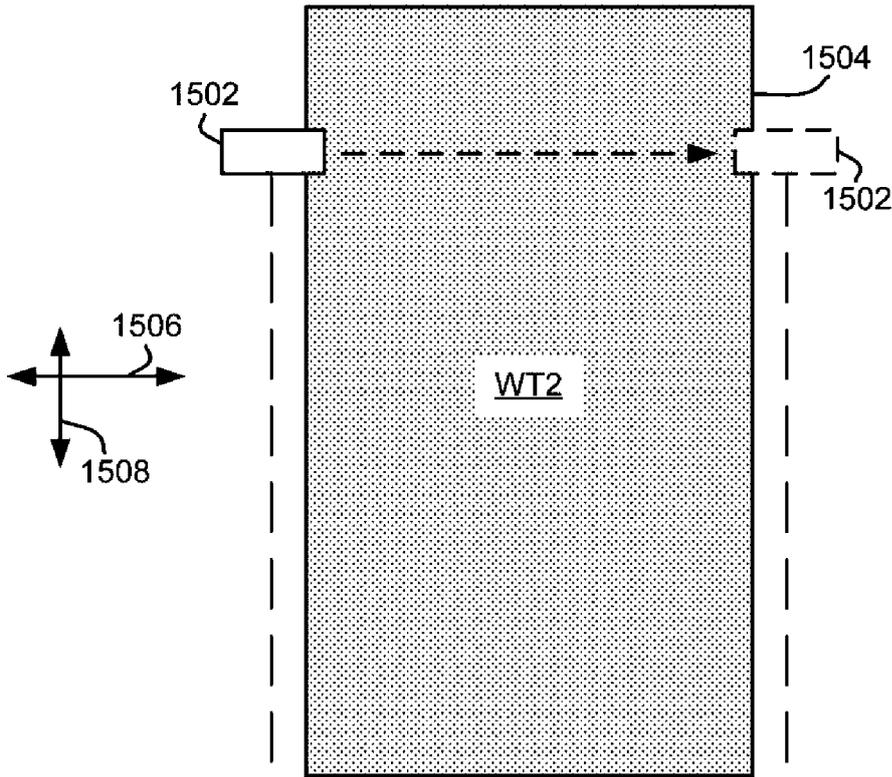


FIG. 15A

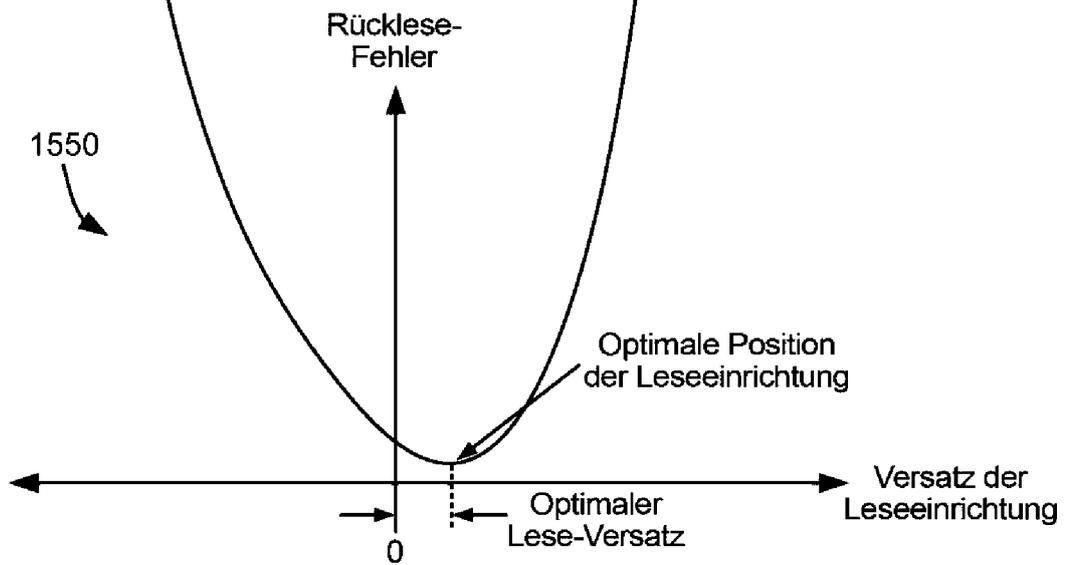


FIG. 15B