



(10) **DE 11 2020 003 904 T5** 2022.05.25

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/033058**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 003 904.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2020/057358**
(86) PCT-Anmeldetag: **04.08.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.02.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **25.05.2022**

(51) Int Cl.: **G11B 5/855 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
16/546,161 **20.08.2019** **US**

(71) Anmelder:
International Business Machines Corporation,
Armonk, NY, US

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

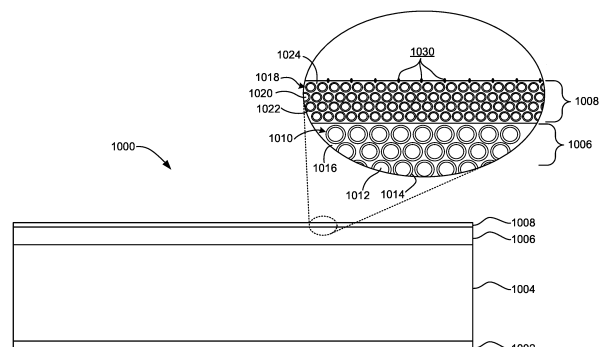
(72) Erfinder:
Bradshaw, Richard, Tucson, AZ, US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **UNTERSCHICHT FÜR EIN MAGNETISCHES AUFZEICHNUNGSMEDIUM**

(57) Zusammenfassung: Ein magnetisches Aufzeichnungsmedium weist eine Unterschicht auf, die gekapselte Nanopartikel, die jeweils einen von einem aromatischen Polymer eingekapselten magnetischen Nanopartikel aufweisen, und ein polymeres Bindemittel aufweist, das die gekapselten Nanopartikel bindet. Eine magnetische Aufzeichnungsschicht ist über der Unterschicht ausgebildet. Die Unterschicht kann elektrisch leitfähig sein. Die magnetischen Nanopartikel weisen eine mittlere magnetische Feldstärke von weniger als 200 Oersted (Oe) auf. Eine mittlere Konzentration der gekapselten Nanopartikel in der Unterschicht beträgt mindestens 35 Vol-%.



Beschreibung

TECHNISCHER BEREICH

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Datenspeichersysteme und insbesondere magnetische Aufzeichnungsschichten für magnetische Aufzeichnungsmedien.

HINTERGRUND

[0002] Bei magnetischen Speichersystemen lesen magnetische Wandler Daten von magnetischen Aufzeichnungsmedien und schreiben Daten auf diese. Daten werden auf die magnetischen Aufzeichnungsmedien geschrieben, indem ein magnetischer Aufzeichnungswandler an eine Position über den Medien bewegt wird, an der die Daten gespeichert werden sollen. Der magnetische Aufzeichnungswandler erzeugt dann ein Magnetfeld, das die Daten in die magnetischen Medien codiert. Daten werden von den Medien gelesen, indem der magnetische Lesewandler ähnlich positioniert wird und dann das Magnetfeld der magnetischen Medien erfasst. Lese- und Schreibvorgänge können unabhängig mit der Bewegung der Medien synchronisiert werden, um sicherzustellen, dass die Daten von dem gewünschten Speicherplatz auf den Medien gelesen und auf diesen geschrieben werden können.

[0003] Ein wesentliches und anhaltendes Ziel der Datenspeicherbranche ist das der Erhöhung der Dichte von auf einem Medium gespeicherten Daten. Bei Bandspeichersystemen hat dieses Ziel zu einer Erhöhung der Spur- und linearen Bit-Dichte auf dem Aufzeichnungsband und zu einer Verringerung der Stärke des Magnetbandmediums geführt. Die Entwicklung Bandlaufwerksystemen mit geringem Platzbedarf und höherer Leistung hat jedoch verschiedene Herausforderungen zur Folge, die von der Gestaltung von Bandkopfbaugruppen zur Verwendung in derartigen Systemen bis zur Auseinandersetzung mit der dimensional Instabilität der Bänder reichen.

ZUSAMMENFASSUNG

[0004] Ein Produkt gemäß einem Ansatz weist eine Unterschicht eines magnetischen Aufzeichnungsmediums auf. Die Unterschicht weist gekapselte Nanopartikel, die jeweils einen von einem aromatischen Polymer eingekapselten magnetischen Nanopartikel aufweisen, und ein polymeres Bindemittel auf, das die gekapselten Nanopartikel bindet. Eine magnetische Aufzeichnungsschicht ist über der Unterschicht ausgebildet. Zahlreiche Vorteile eines magnetischen Aufzeichnungsprodukts mit der neuen Unterschicht schließen eines oder mehrere unter einer dünneren Aufzeichnungsschicht, einer gleichmäßigeren magnetischen Partikeldispersion in der Aufzeichnungs-

schicht, einem glatteren, weniger vermischten Übergang zwischen der Unterschicht und der Aufzeichnungsschicht, einer höheren Glasübergangstemperatur, einem verminderten Auftreten oder einem fast völligen Ausschluss von Lücken in den magnetischen Partikeln in der Aufzeichnungsschicht, etc. ein, sind jedoch nicht darauf beschränkt. Jeder dieser Vorteile führt zu einem magnetischen Aufzeichnungsprodukt wie einem Band, das Eigenschaften wie eines oder mehrere unter einer verbesserten Reißfestigkeit, einer höheren Aufzeichnungsauflösung bis und unter 1 nm, weniger Rauschen, wodurch sich ein höheres Signal-Rausch-Verhältnis ergibt, etc. aufzeigt, jedoch nicht darauf beschränkt ist.

[0005] Aromatische Polymere werden aufgrund der aromatischen Ringstruktur (der aromatischen Ringstrukturen), die die Oberfläche des magnetischen Nanopartikels einkapselt (einkapseln), als Einkapselungsschicht bevorzugt. Aromatische Ringe zeigen aufgrund der einzigartigen Eigenschaft der Aromatizität derartiger Moleküle, die eine verbesserte Stabilität und bei einer korrekten Ausrichtung an den magnetischen Achsen der magnetischen Nanopartikel eine gewisse magnetische Abschirmung an der Oberfläche der magnetischen Nanopartikel bietet, insbesondere mit chemisch reaktiven Metalloxiden wie Chromoxid ein sehr vorteilhaftes Verhalten auf. Die aromatischen Ringstrukturen können aufgrund ihrer einzigartigen molekularelektronischen Struktur und ihrer Fähigkeit, ein externes Magnetfeld zu moderieren, beispielsweise als Magnetfeldmodifikator wirken. Aromatische Polymere bieten auch eine magnetische Abschirmung an der Oberfläche des Pigments und helfen, die magnetischen Nanopartikel zur Verbesserung des unabhängigen Umschaltens der gekapselten Nanopartikel, das zu einer höheren Bitauflösung führt, gegenüber anderen Partikeln zu isolieren.

[0006] Bei einem Aspekt ist die Unterschicht elektrisch leitfähig. Die Eigenschaft der elektrischen Leitfähigkeit der Unterschicht hilft beim Ableiten der Ladung, z.B. durch Transportieren der Ladung zu einem mit einer Erdung gekoppelten Knotenpunkt, wodurch die in den Kopf streuende Ladung minimiert wird und dementsprechend die Gefahr verringert wird, dass flüssiges Kondenswasser eine Leiterbahn zwischen dem Band und der Kopfoberfläche bildet, die einen Weg für die elektrochemische Korrosion der Aufzeichnungskopfstrukturen schafft.

[0007] Bei einem weiteren Aspekt sind keine Abriebpartikel in der Unterschicht vorhanden. Es wurde festgestellt, dass derartige Abriebpartikel einen zunehmend inakzeptablen Mangel und eine Quelle der Beschädigung der schrumpfenden Lese- und Schreibstrukturen bei gegenwärtigen und künftigen Aufzeichnungsköpfen darstellen.

[0008] Bei einem Aspekt ist die Aufzeichnungsschicht im Wesentlichen nicht mit der Unterschicht vermischt. Dieses Merkmal löst ein seit langem bestehendes Problem bei magnetischen Aufzeichnungsbandprodukten, nämlich die Vermischung der Schichten an ihrem Übergang und die allgemein bekannten Probleme, die eine derartige Vermischung zur Folge hat.

[0009] Bei einem bevorzugten Aspekt ist das magnetische Aufzeichnungsmedium ein magnetisches Aufzeichnungsband.

[0010] Ein Produkt gemäß einem weiteren Ansatz weist eine elektrisch leitfähige Unterschicht eines magnetischen Aufzeichnungsmediums auf. Die Unterschicht weist gekapselte Nanopartikel, die jeweils einen von einem aromatischen Polymer eingekapselten magnetischen Nanopartikel umfassen, und ein polymeres Bindemittel auf, das die gekapselten Nanopartikel bindet. Eine magnetische Aufzeichnungsschicht ist über der Unterschicht ausgebildet. Die magnetischen Nanopartikel weisen eine mittlere magnetische Feldstärke von weniger als 200 Oersted (Oe) auf. Eine mittlere Konzentration der gekapselten Nanopartikel in der Unterschicht beträgt mindestens 35 Vol-%. Verschiedene Vorteile eines magnetischen Aufzeichnungsprodukts mit der neuen Unterschicht schließen eines oder mehrere unter einer dünneren Aufzeichnungsschicht, einer gleichmäßigeren magnetischen Partikeldispersion in der Aufzeichnungsschicht, einem glatteren, weniger vermischten Übergang zwischen der Unterschicht und der Aufzeichnungsschicht, einer höheren Glasübergangstemperatur, einem verminderten Auftreten oder einem fast völligen Ausschluss von Lücken in den magnetischen Partikeln in der Aufzeichnungsschicht, etc. ein, sind jedoch nicht darauf beschränkt. Jeder dieser Vorteile führt zu einem magnetischen Aufzeichnungsprodukt wie einem Band, das Eigenschaften wie eines oder mehrere unter einer verbesserten Reißfestigkeit, einer höheren Aufzeichnungsauflösung bis und unter 1 nm, weniger Rauschen, wodurch sich ein höheres Signal-Rausch-Verhältnis ergibt, etc. aufweist, jedoch nicht darauf beschränkt ist.

[0011] Das Produkt gemäß diesem Ansatz kann einen oder mehrere der vorstehend beschriebenen Aspekte aufweisen.

[0012] Weitere Aspekte und Ansätze der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden genauen Beschreibung hervor, die bei einer Betrachtung in Verbindung mit den Zeichnungen beispielhaft die Prinzipien der Erfindung darstellt.

Fig. 1A ist ein schematisches Diagramm eines vereinfachten Bandlaufwerksystems.

Fig. 1B ist ein schematisches Diagramm einer Bandkassette gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2A zeigt eine Seitenansicht eines flach versetzten, bidirektionalen, zweimoduligen Magnetbandkopfs gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2B ist eine Ansicht einer Bandauflagefläche längs der Linie 2B in **Fig. 2A**.

Fig. 2C ist eine genaue Ansicht des Kreises 2C in **Fig. 2B**.

Fig. 2D ist eine genaue Teilansicht einer Bandauflagefläche eines Modulpaars.

Fig. 3 ist eine Teilansicht der Bandauflagefläche eines Magnetkopfs mit einer Schreib-Lese-Schreib-Konfiguration.

Fig. 4 ist eine Teilansicht der Bandauflagefläche eines Magnetkopfs mit einer Lese-Schreib-Lese-Konfiguration.

Fig. 5 ist eine Seitenansicht eines Magnetbandkopfs mit drei Modulen, bei dem sämtliche Module grundsätzlich längs in etwa paralleler Ebenen liegen.

Fig. 6 ist eine Seitenansicht eines Magnetbandkopfs mit drei Modulen in einer tangentialen (abgewinkelten) Konfiguration.

Fig. 7 ist eine Seitenansicht eines Magnetbandkopfs mit drei Modulen in einer Umspannungskonfiguration.

Die **Fig. 8A-8C** sind schematische Ansichten, die die Prinzipien einer Bandaufwölbung darstellen.

Fig. 9 ist eine repräsentatives Diagramm von auf einem Magnetband gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung gespeicherten Dateien und Verzeichnissen.

Fig. 10 ist eine Teilschnittansicht der grundlegenden Struktur eines magnetischen Aufzeichnungsmediums gemäß verschiedenen Ansätzen.

Fig. 11 ist eine grafische Darstellung, die eine dynamisch-mechanische Analyse (DMA) von Beschichtungen zur Bestimmung der kritischen Pigmentvolumenkonzentration (CPVC, critical pigment volume concentration) gemäß verschiedenen Ansätzen zeigt.

Fig. 12 ist ein TEM-Bild (TEM: Transmissions-elektronenmikroskop) eines Querschnitts eines herkömmlichen Aufzeichnungsbands.

[0013] Die folgende Beschreibung dient dem Zweck der Veranschaulichung der allgemeinen Prinzipien der vorliegenden Erfindung und soll die hier beanspruchten erfinderischen Konzepte nicht einschränken. Ferner können bestimmte hier beschriebene Merkmale in jeder der unterschiedlichen möglichen Kombinationen und Umsetzungen in Kombination mit weiteren beschriebenen Merkmalen verwendet werden.

[0014] Soweit hier nicht spezifisch anderes festgelegt ist, sind sämtliche Begriffe in ihrer weitestmöglichen Interpretation auszulegen, einschließlich der nach der Beschreibung impliziten Bedeutungen sowie der Fachleuten verständlichen und/oder in Wörterbüchern, Verträgen, etc. definierten Bedeutungen.

[0015] Es ist auch darauf hinzuweisen, dass die Singularformen „ein“, „eine“ und „der“, „die“, „das“ in dem in der Beschreibung und den beiliegenden Ansprüchen verwendeten Sinne Pluralbezüge einschließen, sofern nichts anderes angegeben ist.

[0016] In der folgenden Beschreibung sind unterschiedliche Konfigurationen von Schichten, die für magnetische Aufzeichnungsmedien besonders nützlich sind, sowie Verfahren zur Erzeugung der Schichten offenbart.

[0017] Bei einem allgemeinen Ansatz weist ein Produkt eine Unterschicht eines magnetischen Aufzeichnungsmediums auf. Die Unterschicht weist gekapselte Nanopartikel, die jeweils einen von einem aromatischen Polymer eingekapselten magnetischen Nanopartikel umfassen, und ein polymeres Bindemittel auf, das die gekapselten Nanopartikel bindet. Eine magnetische Aufzeichnungsschicht ist über der Unterschicht ausgebildet.

[0018] Bei einem weiteren allgemeinen Ansatz weist ein Produkt eine elektrisch leitfähige Unterschicht eines magnetischen Aufzeichnungsmediums auf. Die Unterschicht weist gekapselte Nanopartikel, die jeweils einen von einem aromatischen Polymer eingekapselten magnetischen Nanopartikel umfassen, und ein polymeres Bindemittel auf, das die gekapselten Nanopartikel bindet. Eine magnetische Aufzeichnungsschicht ist über der Unterschicht ausgebildet. Die magnetischen Nanopartikel weisen eine mittlere magnetische Feldstärke von weniger als 200 Oersted (Oe) auf. Eine mittlere Konzentration der gekapselten Nanopartikel in der Unterschicht beträgt mindestens 35 Vol-%.

[0019] Fig. 1A zeigt ein vereinfachtes Bandlaufwerk 100 eines bandbasierten Datenspeichersystems, das im Kontext der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden kann. Obwohl in Fig. 1A eine spezifische Implementierung eines Bandlaufwerks gezeigt ist, ist darauf hinzuweisen, dass die hier beschriebenen Ansätze im Kontext mit jedem Typ von Bandlaufwerkssystem implementiert werden können.

[0020] Wie gezeigt, sind eine Bandzuführkassette 120 und eine Aufwickelrolle 121 zum Halten eines Bands 122 vorgesehen. Eine oder mehrere der Rollen können einen Teil einer entnehmbaren Kassette bilden und sind nicht notwendigerweise Teil des Bandlaufwerks 100. Das Bandlaufwerk wie das in Fig. 1A dargestellte kann ferner einen Antriebsmotor (Antriebsmotoren) zum Antreiben der Bandzuführkassette 120 und der Aufwickelrolle 121 zum Bewegen des Bands 122 über einen Bandkopf 126 eines beliebigen Typs aufweisen. Ein derartiger Kopf kann eine Anordnung von Lesevorrichtungen, Schreibvorrichtungen oder beidem aufweisen.

[0021] Führungen 125 leiten das Band 122 über den Bandkopf 126. Ein derartiger Bandkopf 126 ist wiederum über ein Kabel 130 mit einer Steuerung 128 gekoppelt. Die Steuerung 128 kann ein Prozessor und/oder eine beliebige Logik zur Steuerung jedes beliebigen Untersystems des Laufwerks 100 sein oder diese aufweisen. Die Steuerung 128 steuert typischerweise beispielsweise Kopffunktionen wie Servofolgen, das Schreiben von Daten, das Lesen von Daten, etc. Die Steuerung 128 kann zumindest einen Servokanal und zumindest ein Datenkanal aufweisen, die jeweils Datenflussverarbeitungslogik aufweisen, die darauf ausgelegt ist, Informationen zu verarbeiten und/oder zu speichern, die auf das Band 122 geschrieben und/oder von diesem gelesen werden sollen. Die Steuerung 128 kann bei unterschiedlichen Ansätzen mit einer in der Technik bekannten Logik sowie jeder hier offenbarten Logik arbeiten und kann somit in Bezug auf jede der hierin aufgenommenen Beschreibungen von Bandlaufwerken als Prozessor betrachtet werden. Die Steuerung 128 kann mit einem Speicher 136 eines beliebigen bekannten Typs gekoppelt sein, in dem von der Steuerung 128 ausführbare Anweisungen gespeichert sein können. Darüber hinaus kann die Steuerung 128 so konfiguriert und/oder programmierbar sein, dass sie einen Teil oder die gesamte hier vorgestellte Methodologie ausführt oder steuert. Somit kann die Steuerung 128 als auf das Ausführen unterschiedlicher Arbeitsabläufe mittels einer in einen oder mehrere Chips, Module und/oder Blöcke programmierten Logik; von Software, Firmware und/oder anderen Anweisungen, die einem oder mehreren Prozessoren zugänglich sind, etc. und von Kombinationen dieser ausgelegt betrachtet werden.

[0022] Das Kabel 130 kann Lese-/Schreib-Schaltungen zum Senden von auf dem Band 122 aufzeichnenden Daten an den Bandkopf 126 und zum Empfangen von von dem Bandkopf 126 von dem Band 122 gelesenen Daten aufweisen. Ein Stellglied 132 steuert die Position des Bandkopfs 126 in Bezug auf das Band 122.

[0023] Eine Schnittstelle 134 für die Kommunikation zwischen dem Bandlaufwerk 100 und einem (internen oder externen) Host zum Senden und Empfangen der Daten und zur Steuerung des Betriebs des Bandlaufwerks 100 und zur Kommunikation des Status des Bandlaufwerks 100 gegenüber dem Host kann ebenfalls vorgesehen sein, wie für Fachleute ersichtlich.

[0024] Fig. 1B zeigt eine beispielhafte Bandkassette 150, die bei unterschiedlichen Ansätzen jede Konfiguration der hier beschriebenen magnetischen Aufzeichnungsmedien in Bandform aufweisen kann. Eine derartige Bandkassette 150 kann mit einem System wie dem in Fig. 1A gezeigten verwendet werden. Wie gezeigt, weist die Bandkassette 150 ein Gehäuse 152, ein Band 122 in dem Gehäuse 152 und einen optionalen nicht flüchtigen Speicher 156 auf, der mit dem Gehäuse 152 gekoppelt ist. Bei einigen Ansätzen kann der nicht flüchtige Speicher 156 in das Innere des Gehäuses 152 eingebettet sein, wie in Fig. 1B gezeigt. Bei weiteren Ansätzen kann der nicht flüchtige Speicher 156 ohne Modifikation des Gehäuses 152 im Inneren oder außerhalb des Gehäuses 152 angebracht sein. Der nicht flüchtige Speicher kann beispielsweise in einen selbstklebenden Aufkleber 154 eingebettet sein. Bei einem bevorzugten Ansatz kann der nicht flüchtige Speicher 156 ein Feststoffspeicher (z.B. ein Flash-Speicher), eine Festspeichervorrichtung (ein ROM), etc. sein, die in die Innenseite oder die Außenseite der Bandkassette 150 eingebettet oder mit dieser gekoppelt ist. Auf den nicht flüchtigen Speicher kann von dem Bandlaufwerk und der Bandbetriebs-Software (der Treiber-Software), und/oder einer anderen Vorrichtung zugegriffen werden.

[0025] Fig. 2A zeigt beispielhaft eine Seitenansicht eines flach versetzten, bidirektionalen, zweimoduligen Magnetbandkopfs 200, der im Kontext der vorliegenden Erfindung implementiert werden kann. Wie gezeigt, weist der Kopf zwei Basen 202 auf, die jeweils mit einem Modul 204 versehen und in Bezug aufeinander in einem kleinen Winkel α befestigt sind. Die Basen können „U-Profile“ sein, die mittels Klebstoff miteinander gekoppelt sind. Jedes Modul 204 weist ein Substrat 204A und einen üblicherweise als „Spalt“ bezeichneten Verschluss 204B mit einem Dünnschichtabschnitt auf, in dem die Lesevorrichtungen und/oder Schreibvorrichtungen 206 ausgebildet sind. Im Gebrauch wird ein Band 208 zum Lesen und Schreiben von Daten von dem und auf das Band

208 unter Verwendung der Lesevorrichtungen und der Schreibvorrichtungen auf die dargestellte Weise längs einer Medienauffläche (einer Bandauffläche) 209 über die Module 204 bewegt. Der Umschlingungswinkel θ des Bands 208 an den auf die flachen Medienhalteflächen 209 und von diesen herunter führenden Kanten liegt normalerweise zwischen etwa 0,1 Grad und etwa 3 Grad.

[0026] Die Substrate 204A sind typischerweise aus einem abnutzungsbeständigen Material wie Keramik ausgebildet. Die Verschlüsse 204B können aus der gleichen oder einer ähnlichen Keramik wie die Substrate 204A gefertigt sein.

[0027] Die Lesevorrichtungen und die Schreibvorrichtungen können in einer Huckepack- oder zusammengelegten Konfiguration angeordnet sein. Eine beispielhafte Huckepackkonfiguration weist einen (magnetisch induktiven) Schreibvorrichtungswandler auf (oder unter) einem (magnetisch abgeschirmten) Lesevorrichtungswandler (z.B. einer magnetoresistiven Lesevorrichtung, etc.) auf, wobei die Pole der Schreibvorrichtung und die Abschirmungen der Lesevorrichtung im Allgemeinen getrennt sind. Eine beispielhafte zusammengelegte Konfiguration weist eine Lesevorrichtungsabschirmung in der gleichen physischen Schicht wie einen Schreibvorrichtungspol auf (daher „zusammengelegt“). Die Lesevorrichtungen und Schreibvorrichtungen können auch in einer verschachtelten Konfiguration angeordnet sein. Alternativ kann jede Anordnung von Kanälen nur Lesevorrichtungen oder nur Schreibvorrichtungen umfassen. Jede dieser Anordnungen kann eine oder mehrere Servospurlesevorrichtungen zum Lesen von Servodaten auf dem Medium enthalten.

[0028] Fig. 2B zeigt die Bandauffläche 209 eines der Module 204 längs der Linie 2B in Fig. 2A. Ein repräsentatives Band 208 ist in gestrichelten Linien gezeigt. Das Modul 204 ist vorzugsweise lang genug, um das Band halten zu können, wenn der Kopf zwischen Datenbänder tritt.

[0029] Bei diesem Beispiel weist das Band 208 4 bis 32 Datenbänder auf, z.B., wie in Fig. 2B gezeigt, mit 16 Datenbändern und 17 Servospuren 210 auf einem einen halben Zoll breiten Band 208. Die Datenbänder sind zwischen den Servospuren 210 ausgebildet. Jedes Datenband kann eine Reihe von Datenspuren, beispielsweise 1024 Datenspuren (nicht gezeigt) aufweisen. Bei Lese-/Schreib-Vorgängen werden die Lesevorrichtungen und/oder Schreibvorrichtungen 206 an bestimmten Spurpositionen innerhalb eines der Datenbänder positioniert. Gelegentlich als Servolesevorrichtungen bezeichnete äußere Lesevorrichtungen lesen die Servospuren 210. Die Servosignale werden wiederum verwendet, um die Lesevorrichtungen und/oder Schreibvorrichtungen 206

während der Lese-/Schreib-Vorgänge an einem bestimmten Satz von Spuren ausgerichtet zu halten.

[0030] Fig. 2C zeigt mehrere in einem Spalt 218 auf dem Modul 204 in dem Kreis 2C in **Fig. 2B** ausgebildete Lesevorrichtungen und/oder Schreibvorrichtungen 206. Wie gezeigt, weist die Anordnung von Lesevorrichtungen und Schreibvorrichtungen 206 beispielsweise 16 Schreibvorrichtungen 214, 16 Lesevorrichtungen 216 und zwei Servolesevorrichtungen 212 auf, obwohl die Anzahl an Elementen unterschiedlich sein kann. Beispielhafte Ansätze weisen 8, 16, 32, 40 und 64 aktive Lesevorrichtungen und/oder Schreibvorrichtungen 206 pro Anordnung und alternativ verschachtelte Konstruktionen mit ungeraden Zahlen an Lesevorrichtungen oder Schreibvorrichtungen wie 17, 25, 33, etc. auf. Ein beispielhafter Ansatz weist 32 Lesevorrichtungen pro Anordnung und/oder 32 Schreibvorrichtungen pro Anordnung auf, wobei die tatsächliche Anzahl der Wandlerelemente größer sein kann, z.B. 33, 34, etc. Dies ermöglicht ein langsames Bewegen des Bands, wodurch ein geschwindigkeitsinduzierter Nachlauf und mechanische Schwierigkeiten reduziert und/oder weniger „Aufwölbungen“ zum Füllen oder Lesen des Bands ausgeführt werden. Obwohl die Lesevorrichtungen und Schreibvorrichtungen in einer Huckepack-Konfiguration angeordnet sein können, wie in **Fig. 2C** gezeigt, können die Lesevorrichtungen 216 und Schreibvorrichtungen 214 auch in einer verschachtelten Konfiguration angeordnet sein. Alternativ kann jede Anordnung von Lesevorrichtungen und/oder Schreibvorrichtungen 206 nur Lesevorrichtungen oder Schreibvorrichtungen aufweisen, und die Anordnungen können eine oder mehrere Servolesevorrichtungen 212 enthalten. Wie aus der Zusammenschau der **Fig. 2A** und **Fig. 2B-2C** hervorgeht, kann jedes Modul 204 einen komplementären Satz von Lesevorrichtungen und/oder Schreibvorrichtungen 206 für Dinge wie ein bidirektionales Lesen und Schreiben, die Kapazität des gleichzeitigen Lesens und Schreibens, Abwärtskompatibilität, etc. aufweisen.

[0031] Fig. 2D zeigt eine Teilansicht der Bandauffläche komplementärer Module eines Magnetbandkopfs 200 gemäß einem Ansatz. Bei diesem Ansatz weist jedes Modul mehrere auf einem gemeinsamen Substrat 204A und einer optionalen elektrisch isolierenden Isolierschicht 236 ausgebildete Lese-/Schreib-Paare (R/W-Paare, R/W: read/write) in einer Huckepack-Konfiguration auf. Die Schreibvorrichtungen 214 und die Lesevorrichtungen 216 sind zur Bildung eines durch R/W-Paare 222 beispielhaft dargestellten R/W-Paars über diese hinweg parallel zu einer vorgesehenen Bewegungsrichtung eines Bandmediums ausgerichtet. Es wird darauf hingewiesen, dass die vorgesehene Bewegungsrichtung des Bands hier gelegentlich als Bewegungsrichtung des Bands bezeichnet wird und

derartige Begriffe austauschbar verwendet werden können. Eine derartige Bewegungsrichtung des Bands kann aus dem Aufbau des Systems, z.B. durch die Überprüfung der Führungen; die Beobachtung der tatsächlichen Bewegungsrichtung des Bands in Bezug auf den Bezugspunkt; etc. geschlussfolgert werden. Darüber hinaus ist bei einem für ein bidirektionales Lesen und/oder Schreiben geeigneten System die Bewegungsrichtung des Bands typischerweise in beiden Richtungen parallel, und somit können beide Richtungen äquivalent betrachtet werden.

[0032] Es können mehrere R/W-Paare 222 wie 8, 16, 32 Paare, etc. vorgesehen sein. Die R/W-Paare 222 sind, wie gezeigt, über diese hinweg linear in einer zu einer Bewegungsrichtung des Bands allgemein senkrechten Richtung ausgerichtet. Die Paare können jedoch auch diagonal ausgerichtet sein, etc. Die Servolesevorrichtungen 212 werden an der Außenseite der Anordnung von R/W-Paaren positioniert, wobei ihre Funktion allgemein bekannt ist.

[0033] Im Allgemeinen bewegt sich das Magnetbandmedium entweder in einer Vorwärts- oder in einer Rückwärtsrichtung, wie durch den Pfeil 220 gezeigt. Das Magnetbandmedium und die Kopfgbaugruppe 200 arbeiten auf die in der Technik allgemein bekannte Weise in einer Wandlerbeziehung. Die Kopfgbaugruppe 200 weist zwei Dünnschichtmodule 224 und 226 von im Allgemeinen identischer Konstruktion auf.

[0034] Die Module 224 und 226 sind zur Erzeugung einer einzigen physischen Einheit zur Bereitstellung der Kapazität des gleichzeitigen Lesens und Schreibens durch Aktivieren der Schreibvorrichtung des vorderen Moduls und der parallel zu der Bewegungsrichtung des Bands in Bezug auf diese mit der Schreibvorrichtung des vorderen Moduls fluchtenden Lesevorrichtung des hinteren Moduls miteinander verbunden, wobei ein Freiraum zwischen ihren (teilweise gezeigten) Verschlüssen 204B vorhanden ist. Wenn ein Modul 224, 226 eines Magnetbandkopfs 200 hergestellt wird, werden in dem über einem (teilweise gezeigten) elektrisch leitfähigen Substrat 204A aus beispielsweise AlTiC erzeugten Spalt 218 Schichten erzeugt, für die R/W-Paare 222 in im Allgemeinen der folgenden Reihenfolge: eine Isolierschicht 236, eine erste Abschirmung 232, typischerweise aus einer Eisenlegierung wie NiFe (-), Kobalt-Zirkon-Tantal (CZT) oder Al-Fe-Si (Sendust), ein Sensor 234 zur Erfassung einer Datenspur auf einem magnetischen Medium, eine zweite Abschirmung 238, typischerweise aus einer Nickel-Eisenlegierung (z.B. -80/20 at% NiFe, auch als Permalloy bekannt), erste und zweite Schreibvorrichtungspole 228, 230 und eine (nicht gezeigte) Spule. Der Sensor kann einem beliebigen bekannten Typ angehören, darunter den auf Magnetwiderstand (MR: magneto-

resistance), GMR, AMR, Tunnelmagnetwiderstand (TMR: tunneling magnetoresistance), etc. basierenden.

[0035] Die ersten und zweiten Schreibvorrichtungspole 228, 230 können aus Materialien mit hohem magnetischem Moment wie -45/55 NiFe gefertigt sein. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Materialien nur beispielhaft genannt sind und andere Materialien verwendet werden können. Zusätzliche Schichten wie eine Isolierung zwischen den Abschirmungen und/oder Polenden und eine Isolierschicht, die den Sensor umgibt, können vorhanden sein. Beispielhafte Materialien für die Isolierung schließen Aluminiumoxid und weitere Oxide, isolierende Polymere, etc. ein.

[0036] Die Konfiguration des Bandkopfs 126 kann mehrere Module aufweisen, vorzugsweise drei oder mehr. Bei einem Schreib-Lese-Schreib-Kopf (W-R-W-Kopf, W-R-W: write-read-write) flankieren äußere Module für das Schreiben ein oder mehrere innere Module für das Lesen. Bezug nehmend auf **Fig. 3**, die eine W-R-W-Konfiguration zeigt, weisen die äußeren Module 252, 256 jeweils eine oder mehrere Anordnungen von Schreibvorrichtungen 260 auf. Die inneren Module 254 gemäß **Fig. 3** weisen eine oder mehrere Anordnungen von Lesevorrichtungen 258 in einer ähnlichen Konfiguration auf. Varianten eines Multi-Modul-Kopfs schließen einen R-W-R-Kopf (**Fig. 4**), einen R-R-W-Kopf, einen W-W-R-Kopf, etc. ein. Bei weiteren Varianten können eines oder mehrere der Module Lese-/Schreib-Paare von 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. in einer W-R-R-W-, einer R-W-W-R-Anordnung, etc. Aus Gründen der Einfachheit wird hier hauptsächlich ein W-R-W-Kopf zur beispielhaften Darstellung von Aspekten der vorliegenden Erfindung verwendet. Für mit den vorliegenden Lehren vertraute Fachleute ist erkennbar, wie Umsetzungen der vorliegenden Erfindung auf andere Konfigurationen als eine W-R-W-Konfiguration anwendbar sind.

[0037] **Fig. 5** zeigt einen Magnetkopf 126 gemäß einem Ansatz, der ein erstes, ein zweites und ein drittes Modul 302, 304, 306 aufweist, die jeweils eine Bandauflagefläche 308, 310, 312 aufweisen, die flach, konturiert etc. sein kann. Es wird darauf hingewiesen, dass, obwohl der Begriff „Bandauflagefläche“ zu implizieren scheint, dass die dem Band 315 zugewandte Oberfläche in physischen Kontakt mit der Bandauflagefläche steht, ist dies nicht notwendigerweise der Fall. Vielmehr muss nur ein Teil des Bands konstant oder diskontinuierlich mit der Bandauflagefläche in Kontakt stehen, wobei andere Abschnitte des Bands auf einer gelegentlich als „Luftlager“ bezeichneten Schicht aus Luft über der Ban-

dauflagefläche gleiten (oder „schweben“). Das erste Modul 302 wird als „vorderes“ Modul bezeichnet, da es das erste Modul ist, auf das das Band bei einer Konstruktion mit drei Modulen für ein Band trifft, das sich in der angegebenen Richtung bewegt. Das dritte Modul 306 wird als „hinteres“ Modul bezeichnet. Das hintere Modul folgt auf das mittlere Modul und ist das letzte Modul, auf die das Band bei einer Konstruktion mit drei Modulen trifft. Das vordere und das hintere Modul 302, 306 werden kollektiv als äußere Module bezeichnet. Es wird auch darauf hingewiesen, dass sich die äußeren Module 302, 306 abhängig von der Bewegungsrichtung des Bands 315 als vorderes Modul abwechseln.

[0038] Bei einem Ansatz liegen die Bandauflageflächen 308, 310, 312 des ersten, des zweiten und des dritten Moduls 302, 304, 306 auf in etwa parallelen Ebenen (die parallele und nahezu parallele Ebenen, z.B. zwischen parallel und tangential wie gemäß **Fig. 6**, einschließen sollen), und die Bandauflagefläche 310 des zweiten Moduls 304 befindet sich über den Bandauflageflächen 308, 312 des ersten und des dritten Moduls 302, 306. Wie nachstehend beschrieben, hat dies die Wirkung der Erzeugung des gewünschten Umschlingungswinkels α_2 des Bands in Bezug auf die Bandauflagefläche 310 des zweiten Moduls 304.

[0039] Wenn die Bandauflageflächen 308, 310, 312 längs parallelen oder nahezu parallelen, aber dennoch versetzten Ebenen liegen, sollte sich das Band intuitiv von der Bandauflagefläche 308 des vorderen Moduls 302 lösen. Es wurde experimentell jedoch festgestellt, dass das von einer Abhubkante 318 des vorderen Moduls 302 erzeugte Vakuum ausreicht, um das Band an der Bandauflagefläche 308 des vorderen Moduls 302 haftend zu halten. Eine hintere Kante 320 des vorderen Moduls 302 (das Ende, an dem das Band das vordere Modul 302 verlässt) ist der ungefähre Bezugspunkt, der den Umschlingungswinkel α_2 über die Bandauflagefläche 310 des zweiten Moduls 304 festlegt. Das Band bleibt bis dicht an die hintere Kante 320 des vorderen Moduls 302 in unmittelbarer Nähe der Bandauflagefläche. Dementsprechend können Wandler 322 nahe der hinteren Kanten der äußeren Module 302, 306 angeordnet sein. Diese Ansätze sind insbesondere auf Schreib-Lese-Schreib-Anwendungen ausgelegt.

[0040] Ein Nutzen dieser und weiterer hier beschriebener Aspekte ist, dass aufgrund der Befestigung der äußeren Module 302, 306 mit einem festgelegten Versatz zu dem zweiten Modul 304 der innere Umschlingungswinkel α_2 festgelegt ist, wenn die Module 302, 304, 306 miteinander gekoppelt oder anderweitig in einem Kopf befestigt werden. Der innere Umschlingungswinkel α_2 beträgt näherungsweise $\tan^{-1}(\delta/W)$, wobei δ die Höhendifferenz zwischen den Ebenen der Bandauflageflächen 308,

310 ist und W die Breite zwischen den gegenüberliegenden Enden der Bandauflageflächen 308, 310 ist. Ein beispielhafter innerer Umschlingungswinkel α_2 liegt in einem Bereich von etwa $0,3^\circ$ bis etwa $1,1^\circ$, obwohl er jeder aufgrund der Konstruktion erforderliche Winkel sein kann.

[0041] Vorteilhafterweise ist der innere Umschlingungswinkel α_2 auf der Seite des Moduls 304, das das Band aufnimmt (Vorderkante), größer als der innere Umschlingungswinkel α_3 an der hinteren Kante, da das Band 315 über dem hinteren Modul 306 entlanggleitet. Dieser Unterschied ist im Allgemeinen vorteilhaft, da ein kleinerer α_3 dazu tendiert, dem entgegenzustehen, was bisher ein spitzerer bestehender effektiver Umschlingungswinkel war.

[0042] Es wird darauf hingewiesen, dass die Bandauflageflächen 308, 312 der äußeren Module 302, 306 so positioniert werden, dass an der hinteren Kante 320 des vorderen Moduls 302 ein negativer Umschlingungswinkel erzielt wird. Dies ist unter der Voraussetzung, dass die Position des Hebelbereichs angemessen berücksichtigt wird, der sich an dem Band bildet, wo es sich von dem Kopf löst, dadurch allgemein vorteilhaft, dass es hilft, die Reibung aufgrund eines Kontakts mit der hinteren Kante 320 zu vermindern. Dieser negative Umschlingungswinkel reduziert auch Flatter- und Scheuerschäden an den Elementen an dem vorderen Modul 302. Ferner schwebt das Band 315 an dem hinteren Modul 306 über der Bandauflagefläche 312, wodurch praktisch keine Abnutzung an den Elementen auftritt, wenn sich das Band in dieser Richtung bewegt. Insbesondere nimmt das Band 315 Luft mit und gleitet daher nicht wesentlich auf der Bandauflagefläche 312 des dritten Moduls 306 (ein gewisser Kontakt kann auftreten). Dies ist zulässig, da das vordere Modul 302 schreibt, wogegen das hintere Modul 306 inaktiv ist.

[0043] Schreib- und Lesefunktionen werden zu jedem gegebenen Zeitpunkt von unterschiedlichen Modulen ausgeführt. Bei einem Ansatz weist das zweite Modul 304 mehrere Daten- und optionale Servolesevorrichtungen 331 und keine Schreibvorrichtungen auf. Das erste und das dritte Modul 302, 306 weisen mit der Ausnahme, dass die äußeren Module 302, 306 optional Servolesevorrichtungen aufweisen können, mehrere Schreibvorrichtungen 322 und keine Datenlesevorrichtungen auf. Die Servolesevorrichtungen können bei Lese- und/oder Schreibvorgängen zur Positionierung des Kopfs verwendet werden. Die Servolesevorrichtung(en) an jedem Modul ist (sind) typischerweise zum Ende der Anordnung von Lesevorrichtungen oder Schreibvorrichtungen angeordnet.

[0044] Dadurch, dass nur Lesevorrichtungen oder Seite-für-Seite-Schreibvorrichtungen und Servolesevorrichtungen in dem Spalt zwischen dem Substrat

und dem Verschluss vorgesehen werden, kann die Spaltlänge erheblich verringert werden. Typische Köpfe weisen Huckepack-Lesevorrichtungen und -Schreibvorrichtungen auf, wobei die Schreibvorrichtung über jeder Lesevorrichtung ausgebildet ist. Ein typischer Spalt ist 20 - 35 Mikron breit. Unebenheiten auf dem Band können jedoch dazu neigen, sich in den Spalt zu senken und eine Spalterosion zu verursachen. Somit gilt, je kleiner der Spalt ist, desto besser. Der hier ermöglichte kleinere Spalt zeigt weniger abnutzungsbedingte Probleme auf.

[0045] Bei einigen Ansätzen hat das zweite Modul 304 einen Verschluss, wogegen das erste und das dritte Modul 302, 306 keinen Verschluss aufweisen. Wo kein Verschluss vorhanden ist, wird dem Modul vorzugsweise eine Hartbeschichtung hinzugefügt. Eine bevorzugte Beschichtung ist diamantartiger Kohlenstoff (DLC: diamond-like carbon).

[0046] Bei dem in **Fig. 5** gezeigten Ansatz weisen das erste, das zweite und das dritte Modul 302, 304, 306 jeweils einen Verschluss 332, 334, 336 auf, der sich entlang der Bandauflagefläche des zugehörigen Moduls erstreckt, wodurch die Lese-/Schreib-Elemente effektiv von der Kante der Bandauflagefläche entfernt positioniert sind. Der Verschluss 332 an dem zweiten Modul 304 kann ein Keramikverschluss eines Typs sein, der an Bandköpfen typischerweise zu finden ist. Die Verschlüsse 334, 336 des ersten und des dritten Moduls 302, 306 können jedoch parallel zu einer Bewegungsrichtung des Bands über das jeweilige Modul gemessen kürzer als der Verschluss 332 des zweiten Moduls 304 sein. Dadurch wird es möglich, die Module näher aneinander anzuordnen. Eine Möglichkeit, kürzere Verschlüsse 334, 336 herzustellen, ist ein Abschleifen der Standardkeramikverschlüsse des zweiten Moduls 304 um eine zusätzliche Größe. Eine weitere Methode ist das Beschichten mit oder Abscheiden von Dünnschichtverschlüssen über den Elementen bei der Dünnschichtbearbeitung. So kann beispielsweise ein Dünnschichtverschluss aus einem harten Material wie Sendust oder einer Nickel-Eisenlegierung (z.B. 45/55) auf dem Modul erzeugt werden.

[0047] Mit Keramik- oder Dünnschichtverschlüssen 334, 336 mit verringerter Stärke oder ohne Verschlüsse an den äußeren Modulen 302, 306 kann der Abstand von Schreib- zu Lesespalt auf weniger als etwa 1 mm, z.B. auf etwa 0,75 mm, oder auf 50 % weniger als die bei einem offenen Bandkopf für lineare Bänder (LTO-Bandkopf, LTO: linear tape open) üblicherweise verwendete Beabstandung verringert werden. Der offene Freiraum zwischen den Modulen 302, 304, 306 kann nach wie vor auf näherungsweise 0,5 bis 0,6 mm eingestellt werden, was bei einigen Ansätzen ideal zur Stabilisierung der Bandbewegung über das zweite Modul 304 ist.

[0048] Abhängig von Bandspannung und -festigkeit kann es wünschenswert sein, die Bandauflageflächen der äußeren Module in Bezug auf die Bandauflagefläche des zweiten Moduls abzuwinkeln. **Fig. 6** zeigt eine Vorrichtung, bei der die Module 302, 304, 306 eine tangentielle oder nahezu tangentielle (abgewinkelte) Konfiguration aufweisen. Insbesondere sind die Bandauflageflächen der äußeren Module 302, 306 in etwa parallel zu dem Band mit dem gewünschten Umschlingungswinkel α_2 an dem zweiten Modul 304. Anders ausgedrückt sind die Ebenen der Bandauflageflächen 308, 312 der äußeren Module 302, 306 in etwa in dem gewünschten Umschlingungswinkel α_2 des Bands 315 in Bezug auf das zweite Modul 304 ausgerichtet. Das Band springt bei diesem Ansatz auch von dem hinteren Modul 306, wodurch die Abnutzung der Elemente in dem hinteren Modul 306 verringert wird. Diese Ansätze sind insbesondere nützlich für Schreib-Lese-Schreib-Anwendungen. Zusätzliche Aspekte dieser Ansätze sind denen der vorstehend aufgeführten ähnlich.

[0049] Typischerweise können die Bandumschlingungswinkel etwa mittig zwischen den in den **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigten Ansätzen eingestellt werden.

[0050] **Fig. 7** zeigt eine Vorrichtung, bei der sich die Module 302, 304, 306 in einer Umspannungskonfiguration befinden. Insbesondere sind die Bandauflageflächen 308, 312 der äußeren Module 302, 306 geringfügig mehr als das Band 315 abgewinkelt, wenn sie auf den gewünschten Umschlingungswinkel α_2 in Bezug auf das zweite Modul 304 eingestellt sind. Bei diesem Ansatz springt das Band nicht von dem hinteren Modul, wodurch seine Verwendung für ein Schreiben oder Lesen ermöglicht wird. Dementsprechend können sowohl das vordere als auch das mittlere Modul Lese- und/oder Schreibfunktionen ausführen, während das hintere Modul alle gerade geschriebenen Daten lesen kann. Somit werden diese Ansätze für Schreib-Lese-Schreib-, Lese-Schreib-Lese-, und Schreib-Schreib-Lese-Anwendungen bevorzugt. Bei den zuletzt genannten Ansätzen sollten die Verschlüsse zur Sicherstellung der Lesekapazität breiter als die Bandflächen sein. Die breiteren Verschlüsse können einen breiteren Abstand von Spalt zu Spalt erfordern. Daher hat ein bevorzugter Ansatz eine Schreib-Lese-Schreib-Konfiguration, bei der verkürzte Verschlüsse verwendet werden können, die somit kürzere Abstände von Spalt zu Spalt zulassen.

[0051] Zusätzliche Aspekte der in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigten Ansätze sind denen der vorstehend aufgeführten ähnlich.

[0052] Eine 32-Kanal-Version eines Multi-Modul-Bandkopfs 126 kann Kabel 350 mit Leitungen mit den gleichen oder kleineren Abständen als gegen-

wärtige 16-Kanal-Huckepack-LTO-Module verwenden, oder alternativ können die Verbindungen an dem Modul für eine Verringerung der Kabelspanne um 50 % organisch konfiguriert sein. Für die Schreibvorrichtungen, die integrierte Servolesevorrichtungen aufweisen können, können darüber-/darunterliegende ungeschirmte Schreibpaarkabel verwendet werden.

[0053] Die äußeren Umschlingungswinkel α_1 können in dem Laufwerk beispielsweise durch Führungen eines beliebigen in der Technik bekannten Typs wie einstellbaren Rollen, Gleitschienen, etc. oder alternativ durch Ausleger eingestellt werden, die einstückig mit dem Kopf ausgebildet sind. So können beispielsweise Rollen mit einer versetzten Achse zum Einstellen der Umschlingungswinkel verwendet werden. Die versetzte Achse erzeugt einen Rotationsumlaufbogen, der eine präzise Einstellung des Umschlingungswinkels α_1 ermöglicht.

[0054] Zur Montage jedes der vorstehend beschriebenen Ansätze kann eine herkömmliche U-Profil-Baugruppe verwendet werden. Dementsprechend kann in Bezug auf Köpfe vorhergehender Generationen die Masse des resultierenden Kopfs beibehalten oder sogar verringert werden. Bei weiteren Ansätzen kann das Modul als einteiliger Körper konstruiert sein. Für Fachleute in Kenntnis der vorliegenden Lehren ist zu erkennen, dass andere bekannte Verfahren zur Herstellung derartiger Köpfe an die Verwendung zur Konstruktion derartiger Köpfe angepasst werden können. Darüber hinaus können, sofern nichts anderes angegeben ist, Prozesse und Materialien, die in der Technik bekannten Typen angehören, in Übereinstimmung mit den vorliegenden Lehren an die Verwendung für unterschiedliche Ansätze angepasst werden, wie für Fachleute bei der Lektüre der vorliegenden Offenbarung erkennbar.

[0055] Wird ein Band über eine Modul geführt, ist es vorzuziehen, dass das Band ausreichend nah an magnetischen Wandlern auf dem Modul vorbeigeführt wird, damit das Lesen und/oder Schreiben effizient, z.B. mit einer geringen Fehlerquote ausgeführt wird. Gemäß einigen Ansätzen kann eine Bandaufwölbung genutzt werden, um sicherzustellen, dass das Band ausreichend nah an dem Abschnitt des Moduls mit den magnetischen Wandlern vorbeigeführt wird. Zum besseren Verständnis dieses Prozesses zeigen die **Fig. 8A - Fig. 8C** die Prinzipien der Bandaufwölbung. **Fig. 8A** zeigt ein Modul 800 mit einer oberen Bandauflagefläche 802, die sich zwischen gegenüberliegenden Kanten 804, 806 erstreckt. Es ist ein stationäres Band 808 gezeigt, das um die Kanten 804, 806 gelegt ist. Wie gezeigt, hebt die Biegesteifigkeit des Bands 808 das Band von der Bandauflagefläche 802. Eine Bandspannung tendiert dazu, das Bandprofil abzuflachen, wie in **Fig. 8A** gezeigt. Wenn die Bandspannung minimal

ist, ist die Wölbung des Bands parabelförmiger als gezeigt.

[0056] Fig. 8B Zeigt das Band 808 in Bewegung. Die vordere Kante, d.h. die erste Kante, auf die das Band trifft, wenn es sich bewegt, kann zum Ableiten von Luft von dem Band dienen, wodurch zwischen dem Band 808 und der Bandauflagefläche 802 ein Luftdruck unter dem Umgebungsdruck erzeugt wird. In **Fig. 8B** ist die vordere Kante die linke Kante, und die rechte Kante ist die hintere Kante, wenn sich das Band von links nach rechts bewegt. Dadurch drückt der Umgebungsdruck über dem Band das Band zu der Bandauflagefläche 802, wodurch eine Bandaufwölbung in der Nähe jeder der Kanten erzeugt wird. Die Biegesteifigkeit des Bands hält der Wirkung des Umgebungsdrucks stand, wodurch die Bandaufwölbung in der Nähe sowohl der vorderen als auch der hinteren Kante verursacht wird. Die Modellierung prognostiziert, dass die beiden Aufwölbungen sehr ähnliche Formen aufweisen.

[0057] Fig. 8C zeigt, wie der unter dem Umgebungsdruck liegende Druck das Band 808 selbst dann zu der Bandauflagefläche 802 zieht, wenn eine hintere Führung 810 über der Ebene der Bandauflagefläche angeordnet ist.

[0058] Es folgt, dass die Bandaufwölbung zur Lenkung der Bahn eines Bands genutzt werden kann, wenn es über einem Modul vorbeigeführt wird. Wie zuvor ausgeführt, kann die Bandaufwölbung verwendet werden, um sicherzustellen, dass das Band ausreichend nah an dem Abschnitt des Moduls mit den magnetischen Wandlern vorbeigeführt wird, vorzugsweise so, dass das Lesen und/oder Schreiben effizient, z.B. mit einer geringen Fehlerquote ausgeführt wird.

[0059] Magnetbänder können in Bandkassetten aufbewahrt werden, die wiederum in Speichersteckplätzen oder dergleichen in einer Datenspeicherbibliothek gelagert werden. Die Bandkassetten können so in der Bibliothek gelagert werden, dass sie für einen physischen Abruf zugänglich sind. Zusätzlich zu Magnetbändern und Bandkassetten können Datenspeicherbibliotheken Datenspeicherlaufwerke aufweisen, die Daten auf den Magnetbändern speichern und/oder Daten von diesen abrufen. Darüber hinaus können Bandbibliotheken und die Komponenten, die sie umfassen, ein Dateiensystem implementieren, das Zugriff auf ein Band und auf dem Band gespeicherte Daten ermöglicht.

[0060] Dateiensysteme können verwendet werden, um zu steuern, wie Daten in einem Speicher gespeichert und aus diesem abgerufen werden. Somit kann ein Dateiensystem die Prozesse und Datenstrukturen aufweisen, die ein Betriebssystem zur Nachverfolgung von Dateien in einem Speicher verwendet,

z.B. die Art und Weise, in der die Dateien in dem Speicher organisiert sind. Ein lineares Banddateiensystem (LTFS, linear tape file system) ist ein beispielhaftes Format eines Dateiensystems, das zum Ermöglichen eines Zugriffs auf kompatible Bänder in einer gegebenen Bibliothek implementiert werden kann. Es sollte gewürdigt werden, dass unterschiedliche hier beschriebene Aspekte mit einer breiten Vielzahl an Dateiensystemformaten implementiert werden können, darunter beispielsweise IBM Spectrum Archive Library Edition (LTFS LE). Um jedoch einen Kontext zu liefern und ausschließlich als Hilfestellung für den Leser können einige der nachstehenden Ansätze unter Bezugnahme auf LTFS beschrieben sein, das ein Typ von Dateiensystemformat ist. Dies erfolgt lediglich beispielhaft und darf nicht als die in den Ansprüchen definierte Erfindung einschränkend ausgelegt werden.

[0061] Eine Bandkassette kann „geladen“ werden, indem die Kassette in das Bandlaufwerk eingelegt wird, und die Bandkassette kann „entfernt“ werden, indem die Bandkassette aus dem Bandlaufwerk entnommen wird. Ist sie einmal in ein Bandlaufwerk geladen, kann das Band in der Kassette durch das Laufwerk „gefädelt“ werden, indem das Band (der magnetische Aufzeichnungsabschnitt) physisch aus der Bandkassette gezogen und über einen Magnetkopf eines Bandlaufwerks geleitet wird. Überdies kann das Band an einer Aufwickelrolle (siehe z.B. 121 in der vorstehenden **Fig. 1A**) angebracht werden, um das Band über den Magnetkopf zu bewegen.

[0062] Ist es einmal in das Bandlaufwerk eingefädelt, kann das Band in der Kassette „installiert“ werden, indem Metadaten auf einem Band gelesen werden und das Band in einen Zustand versetzt wird, in dem das LTFS das Band als Bestandteil eines Dateiensystems verwenden kann. Darüber hinaus werden zur „Deinstallation“ eines Bands vorzugsweise zuerst Metadaten (z.B. als Verzeichnis) auf das Band geschrieben, woraufhin das Band aus dem Zustand, indem dem LTFS die Verwendung des Bands als Bestandteil eines Dateiensystems ermöglicht wird, entnommen werden kann. Schließlich wird das Band zum „Ausfädeln“ des Bands von der Aufwickelrolle abgenommen und physisch erneut zurück in das Innere einer Bandkassette verbracht. Die Kassette kann selbst nach dem Ausfädeln des Bands z.B. zum Abwarten einer weiteren Lese- und/oder Schreibanforderung in das Bandlaufwerk geladen bleiben. In anderen Fällen kann die Bandkassette jedoch auf das Ausfädeln des Bands hin, wie z.B. vorstehend beschrieben, aus dem Bandlaufwerk entnommen werden.

[0063] Ein Magnetband ist ein Medium mit sequenziellem Zugriff. Daher werden neue Daten auf das Band geschrieben, indem die Daten an das Ende

zuvor geschriebener Daten angehängt werden. Es folgt, dass bei der Aufzeichnung von Daten auf einem Band mit nur einer Unterteilung kontinuierlich Metadaten (z.B. Zuordnungsinformationen) an ein Ende der zuvor geschriebenen Daten angehängt werden, da sie häufig aktualisiert und dementsprechend neu auf das Band geschrieben werden. Dadurch werden für den Zugriff auf die aktuellste Kopie der dem Band entsprechenden Metadaten die hintersten Informationen gelesen, wenn ein Band zunächst montiert wird. Dies führt jedoch bei dem Prozess der Montage eines gegebenen Bands zu einem erheblichen Maß an Verzögerung.

[0064] Zur Behebung dieser durch Bandmedien mit einer einzigen Unterteilung verursachten Verzögerung weist das LTFS-Format ein Band auf, das in zwei Unterteilungen unterteilt ist, die eine Verzeichnisunterteilung und eine Datenunterteilung einschließen. Die Verzeichnisunterteilung kann darauf ausgelegt sein, Metadaten (Metainformationen) wie z.B. Dateizuordnungsinformationen (ein Verzeichnis) aufzuzeichnen, wogegen die Datenunterteilung darauf ausgelegt sein kann, den Bestand der Daten, z.B. die Daten selbst aufzuzeichnen.

[0065] Wird **Fig. 9** betrachtet, ist ein Magnetband 900 mit einer Verzeichnisunterteilung 902 und einer Datenunterteilung 904 gemäß einem Ansatz dargestellt. Wie gezeigt, sind Datendateien und Verzeichnisse auf dem Band gespeichert. Das LTFS-Format ermöglicht das Aufzeichnen von Verzeichnisinformationen in der Verzeichnisunterteilung 902 am Anfang des Bands 906, wie für Fachleute bei der Lektüre der vorliegenden Beschreibung ersichtlich.

[0066] Bei einer Aktualisierung der Verzeichnisinformationen wird die vorherige Version der Verzeichnisinformationen vorzugsweise überschrieben, wodurch ermöglicht wird, dass die aktuell aktualisierten Verzeichnisinformationen am Anfang des Bands in der Verzeichnisunterteilung zugänglich sind. Gemäß dem in **Fig. 9** dargestellten spezifischen Beispiel ist eine neueste Version von Metadaten Verzeichnis 3 in der Verzeichnisunterteilung 902 am Anfang des Bands 906 aufgezeichnet. Dagegen sind sämtliche drei Versionen der Metadaten Verzeichnis 1, Verzeichnis 2, Verzeichnis 3 sowie Daten Datei A, Datei B, Datei C, Datei D in der Datenunterteilung 904 des Bands aufgezeichnet. Obwohl Verzeichnis 1 und Verzeichnis 2 alte (z.B. überholte) Verzeichnisse sind, bleiben diese alten Verzeichnisse Verzeichnis 1, Verzeichnis 2 in der Datenunterteilung 904 auf dem Band 900 gespeichert, ohne überschrieben zu werden, da Informationen auf das Band geschrieben werden, indem sie an das Ende der zuvor geschriebenen Daten angehängt werden, wie vorstehend beschrieben.

[0067] Die Metadaten können abhängig von dem gewünschten Ansatz in der Verzeichnisunterteilung 902 und/oder der Datenunterteilung 904 auf die gleiche Weise oder unterschiedlich aktualisiert werden. Gemäß einigen Ansätzen können die Metadaten in der Verzeichnis- und/oder Datenunterteilung 902, 904 als Reaktion auf die Deinstallation des Bands aktualisiert werden, z.B. damit das Verzeichnis schnell aus der Verzeichnisunterteilung gelesen werden kann, wenn dieses Band erneut montiert wird. Die Metadaten werden vorzugsweise auch in die Datenunterteilung 904 geschrieben, damit das Band unter Verwendung der z.B. als Sicherungsoption in der Datenunterteilung 904 aufgezeichneten Metadaten montiert werden kann.

[0068] Gemäß einem Beispiel, das die Erfindung in keiner Weise einschränken soll, kann LTFS LE verwendet werden, um die Funktionalität des Schreibens eines Verzeichnisses in die Datenunterteilung, wenn ein Benutzer das System explizit anweist, dies zu tun, oder zu einem Zeitpunkt bereitzustellen, der durch eine vorgegebene Zeitspanne festgelegt wird, die von dem Benutzer eingestellt werden kann, z.B. damit ein Datenverlust im Fall eines plötzlichen Stromausfalls vermindert werden kann.

Magnetische Aufzeichnungsmedien und Fertigung ihrer Schichten

[0069] **Fig. 10** zeigt eine nicht maßstabsgetreue Teilschnittansicht der grundlegenden Struktur eines magnetischen Aufzeichnungsmediums 1000 gemäß verschiedenen hier beschriebenen Ansätzen. Als eine Option kann das vorliegende magnetische Aufzeichnungsmedium 1000 in Verbindung mit Merkmalen jedes weiteren hier aufgeführten Ansatzes wie den unter Bezugnahme auf die anderen Figuren beschriebenen implementiert werden. Selbstverständlich können jedoch ein derartiges magnetisches Aufzeichnungsmedium 1000 und weitere hier vorgestellte für unterschiedliche Anwendungen und/oder in Umsetzungen verwendet werden, die in den hier aufgeführten beispielhaften Ansätzen speziell beschrieben sein können, dies aber nicht sein müssen. Ferner kann das hier vorgestellte magnetische Aufzeichnungsmedium 1000 in jeder gewünschten Umgebung verwendet werden. Das magnetische Aufzeichnungsmedium 1000 wurde in unterschiedlichen hier offenbarten Umsetzungen zur Verbesserung der Stabilität und Leistung von Bandspeichermedien über die erforderlichen Umgebungen zur Nutzung und Speicherung entwickelt.

[0070] Sofern hier nichts Anderweitiges beschrieben ist, können die verschiedenen Schichten des magnetischen Aufzeichnungsmediums 1000 eine herkömmliche Konstruktion, Gestaltung und/oder Funktion aufweisen. Bei unterschiedlichen Ansätzen kann eine neue und neuartige Schicht mit herkömm-

lichen Schichten verwendet werden. Bei weiteren Ansätzen können mehrere neue und neuartige Schichten zusammen mit anderen herkömmlichen Schichten verwendet werden.

[0071] Sofern hier nichts Anderweitiges beschrieben ist, können die verschiedenen Schichten des magnetischen Aufzeichnungsmediums 1000 unter Verwendung herkömmlicher Verfahren erzeugt werden, insbesondere, wenn es sich bei der jeweiligen Schicht um eine herkömmliche Konstruktion handelt.

[0072] Das magnetische Aufzeichnungsmedium 1000 ist vorzugsweise ein magnetisches Aufzeichnungsband, doch bei anderen Aspekten ist es ein anderer Typ von verformbaren Medien.

[0073] Wie in **Fig. 10** gezeigt, sind vier Basisschichten in dem magnetischen Aufzeichnungsmedium 1000 vorhanden. Eine optionale Rückseitenbeschichtung 1002 ist längs einer Seite (in der Figur der unteren Seite) eines Substrats 1004 angeordnet. Eine Unterschicht 1006 ist längs einer weiteren Seite (in der Figur der oberen Seite) des Substrats 1004 angeordnet. Eine Aufzeichnungsschicht 1008 ist über der Unterschicht 1006 angeordnet. Bei unterschiedlichen Ansätzen können zusätzliche Schichten von herkömmlicher Konstruktion in dem magnetischen Aufzeichnungsmedium 1000 vorhanden sein. Auf die Rückseitenbeschichtung kann beispielsweise verzichtet werden, und zum Ermöglichen einer Aufzeichnung auf beiden Seiten des fertigen Bands können mehrere Schichten auf beide Seiten des Substrats aufgebracht werden.

Rückseitenbeschichtung

[0074] Die Rückseitenbeschichtung 1002 kann in dem magnetischen Aufzeichnungsmedium 1000 vorhanden sein, muss dies jedoch nicht. Die Rückseitenbeschichtung 1002 kann von herkömmlicher Konstruktion, Gestaltung und Funktion sein und bei einigen Ansätzen eine herkömmliche Zusammensetzung aufweisen, die ein in einem Polymerbindemittelsystem dispergiertes leitfähiges Kohlenstoffschwarz umfasst, wie in der Branche seit Jahrzehnten gängige Praxis, obwohl erneut jedes herkömmliche Rückseitenbeschichtungsmaterial verwendet werden kann. Vorzugsweise ist die Rückseitenbeschichtung 1002 aus einem Material aufgebaut, das einen oder mehrere der folgenden Vorteile bietet: Erleichterung der Trennung von einem anderen Abschnitt des auf einer Spule darüber aufgewickelten Bands, Verbesserung der Tribologie, Ableitung statischer Elektrizität, etc. Eine bevorzugte Stärke der Rückseitenbeschichtung 1002 beträgt weniger als etwa 0,3 Mikron, vorzugsweise weniger als etwa 0,2 Mikron.

Substrat

[0075] Das Substrat 1004 ist vorzugsweise von herkömmlicher Konstruktion, Gestaltung und Funktion. Das Substrat 1004 ist typischerweise die stärkste Schicht. Beispielhafte Materialien für das Substrat 1004 schließen Polyethylenterephthalat (Polyester oder PET), Polyethylenaphthalat (PEN), super-zugverstärktes PEN, ein aramidartiges Material (z.B. solubilisiertes Para-Imid wie ein unter dem Handelsnamen Micron™ angebotenes, das von Toray Industries, Inc. mit einem Geschäftssitz im Nihonbashi Mitsui Tower, 1-1, Nihonbashi-Muromachi, 2-Chrome, Chuo-Ku, Tokyo 103-8666, Japan vertrieben wird), etc. ein.

Unterschicht

[0076] Die Unterschicht 1006 erfüllt in der Struktur eine oder mehrere der folgenden Funktionen: Dämpfung des durch die Aufzeichnungsschicht geleiteten magnetischen Signals, Haftung der Aufzeichnungsschicht auf dem Substrat 1004, etc. Dementsprechend ist bei den meisten hier beschriebenen Ansätzen die Funktion der Unterschicht 1006 nicht das Halten einer Speicherung des Flusses der Schreibvorrichtung, sondern vielmehr die Verbesserung des Schreibflussfelds von dem Schreibkopfelement beim Schreiben auf die Aufzeichnungsschicht 1008. Darüber hinaus ist jede gehaltene magnetische Momentausrichtung vom Schreiben zur Minimierung des Rauschens beim Rücklesen vorzugsweise schwach oder nicht vorhanden.

[0077] Ein sehr wesentliches Attribut der besetzten magnetischen Beschichtung in der Unterschicht ist gemäß verschiedenen Ansätzen das schnelle Absorbieren des die vorstehende Aufzeichnungsschicht bei dem während des Schreibens auftretenden sehr schnellen magnetischen Umschalten passierenden Streufelds. Die ideale Unterschicht sollte ein sehr geringes Restmoment (M_r) aufweisen, damit sie keine Ausrichtung hält, nachdem das Schreibfeld dieses Volumen der Unterschicht passiert hat.

[0078] Bei einigen Ansätzen weist die Unterschicht 1006 einen neuen und neuartigen Aufbau auf. Die neue und neuartige Unterschicht 1006 kann bei einem Aspekt in dem Medium 1000 mit einer darüber liegenden herkömmlichen Aufzeichnungsschicht 1008 vorhanden sein. Bei einem weiteren Aspekt kann die neue und neuartige Unterschicht 1006 in dem Medium 1000 mit einer darüber liegenden neuen und neuartigen Aufzeichnungsschicht 1008 vorhanden sein. Bei weiteren Ansätzen weist die Unterschicht 1006 einen herkömmlichen Aufbau auf und ist in dem Medium 1000 mit einer darüber liegenden neuen und neuartigen Aufzeichnungsschicht 1008 vorhanden.

[0079] Bei unterschiedlichen Ansätzen weist die Unterschicht 1006 eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften und vorzugsweise sämtliche der folgenden Eigenschaften auf: elektrisch leitfähig, leicht magnetisch (eine Gesamtmagnetstärke in Oersted (Oe), die weniger als 200 Oe und vorzugsweise weniger als 100 Oe beträgt. Idealerweise wird die Unterschicht zur Verbesserung des Übergangs zu der Aufzeichnungsschicht 1008 vor der Erzeugung der Aufzeichnungsschicht 1008 darauf aufgebracht und kalandiert, wie nachstehend genauer beschrieben. Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist die Unterschicht 1006 etwa ein Zehntel der Koerzitivität der Aufzeichnungsschicht 1008 (in Oersted) und eine geringe Restmagnetisierung auf, wodurch ein Wirken der Unterschicht 1006 als Magnetfeldflussabsorber ermöglicht wird, ohne dass eine Signalinterferenz mit der darüber liegenden Aufzeichnungsschicht 1008 erzeugt wird.

[0080] Das Merkmal der elektrischen Leitfähigkeit dient der Reduzierung der Korrosion von Magnetköpfen, die an einem Band betrieben werden. Insbesondere beim Abwickeln eines Bands erzeugt die Trennung der Aufzeichnungsschicht ein triboelektrisches Potential und einen Strom, die in einer trockenen Umgebung eine statische Entladung auslösen und in einer feuchten Umgebung eine elektrochemische Bahn für eine Kopfkorrosion erzeugen können. Diese Situationen sind hinsichtlich der Bandleistung und -haltbarkeit beide unerwünscht, von beiden wird angenommen, dass sie einen erheblichen Faktor bei der Kopfkorrosion darstellen. Die Eigenschaft der elektrischen Leitfähigkeit der Unterschicht 1006 hilft beim Ableiten der Ladung, z.B. durch Transportieren der Ladung zu einem mit einer Erdung gekoppelten Knotenpunkt, wodurch die in den Kopf streuende Ladung minimiert und dementsprechend die Gefahr verringert wird, dass flüssiges Kondenswasser eine Leiterbahn zwischen dem Band und der Kopfoberfläche bildet, die einen Weg für die elektrochemische Korrosion der Aufzeichnungskopfstrukturen schafft.

[0081] Die schwach magnetische Eigenschaft verringert das von den von der Unterschicht 1006 ausgehenden Magnetfeldern beigetragene Maß an Rauschen und verbessert die Auflösung der geschriebenen Bits in der Aufzeichnungsschicht über der Unterschicht.

[0082] Bei Ansätzen, bei denen die Unterschicht 1006 einen herkömmlichen Aufbau aufweist und typischerweise Partikel im Größenbereich von Mikron mit niedriger Koerzitivität und geringem Moment nutzt, ist die Beschichtung nicht für eine hohe Beladung mit sehr kleinen Partikeln (im Nanobereich) optimiert. Die Unterschicht ist bei einigen Ansätzen mit einem schwach magnetischen Eisenoxid unter Verwendung eines herkömmlichen kautschukartigen Polyester-Polyurethan-Harzes mit einem Poly(viny-

lacetat-Vinylalkohol-Vinylchlorid)-Hartharz, gehärtet mit einem Poly(isocyanat) gefertigt, wie bei früheren Bandproduktformaten verwendet. Derartige herkömmliche Beschichtungen wurden jedoch nicht speziell als optimale Unterschicht für die bei dem fertiggestellten Band darüber liegende Signalaufzeichnungsschicht konzipiert oder entwickelt.

[0083] Bei bevorzugten Ansätzen weist die Unterschicht 1006 eine neue Formel auf, bei der die Unterschicht 1006 Partikel 1010 umfasst, die schwach magnetisch, aber auch elektrisch leitfähig und in einer spannungsarmen UV-gehärteten Matrix dispergiert sind, die eine gute Haftung an dem Substrat gewährleistet und für mechanische Stabilität und Zugentlastung für die darüber liegende, sehr dünne Aufzeichnungsschicht sorgt.

[0084] Die Unterschicht 1006 muss bei unterschiedlichen Ansätzen keine enge Verteilung von Nanopartikelgrößen aufweisen, obwohl die Verwendung kleiner Partikel die der Aufzeichnungsschicht bei der Aufbringung der Aufzeichnungsschicht gebotene Oberflächenrauigkeit verbessert. Bei der Verwendung der hier beschriebenen neuartigen Fertigungsprozesse wird die Unterschicht 1006 nicht angegriffen (von der Aufzeichnungsschicht bei der Aufbringung der Aufzeichnungsschicht darauf zum Aufquellen gebracht).

[0085] Bei bevorzugten Ansätzen weist die Unterschicht 1006 eine neue Zusammensetzung auf, bei der die Unterschicht 1006 gekapselte Nanopartikel 1010 enthält, die jeweils zumindest einen magnetischen Nanopartikel 1012 und vorzugsweise nur einen magnetischen Nanopartikel 1012 umfassen, der von einem aromatischen Polymer 1014 eingekapselt ist. Ein polymeres Bindemittel 1016 bindet die gekapselten Nanopartikel in der Unterschicht 1006.

[0086] Eine mittlere Konzentration der gekapselten Nanopartikel in der Unterschicht 1006 liegt vorzugsweise bei mindestens etwa 35 Vol-%, z.B. 40 Vol-%, 45 Vol-%, 50 Vol-%, 55 Vol%, 60 Vol-%, mehr als etwa 60 Vol-%, in einem Bereich von etwa 40 - 75 Vol-%, in einem Bereich von etwa 45 - 75 Vol-%, in einem Bereich von etwa 50 - 75 Vol-%, in einem Bereich von etwa 35 - 50 Vol-%, in einem Bereich von etwa 40 - 60 Vol-%, oder jedem anderen Unterbereich innerhalb der vorstehend genannten Bereiche. Idealerweise übersteigt die mittlere Konzentration der gekapselten Nanopartikel die kritische Pigmentvolumenkonzentration (CPVC: critical pigment volume concentration) nicht, bei der die Beschichtung ihre mechanische Integrität verlieren und nicht länger als brauchbare, langlebige Beschichtung fungieren würde. Bei mit Nanopartikeln besetzten Beschichtungen kann eine sehr große Oberfläche die CPVC dramatisch reduzieren,

sofern nicht eine neuartige Kapselung der Nanopartikel und Bindemittelkonzeption implementiert werden, die eine höhere CPVC ermöglichen. Die CPVC kann unter Verwendung einer dynamisch-mechanischen Analyse (DMA) freier Filme der Beschichtung an einer Reihe von Beschichtungen mit steigenden Vol-% des Füllstoffs bestimmt werden. Bei den hier beschriebenen neuartigen Zusammensetzungen können herkömmliche DMA-Techniken genutzt werden. Die CPVC wird bei den Vol-% festgelegt, bei denen der Zugspeichermodul (E') seinen maximalen Wert erreicht. **Fig. 11** zeigt eine grafische CPVC-DMA-Darstellung 1100 für unterschiedliche Vol-% an Pigment in einer Unterschicht gemäß verschiedenen Ansätzen. Eine derartige grafische Darstellung 1100 ist beispielhaft für eine grafische Darstellung (grafische Darstellungen), die von Fachleuten, die den vorliegenden Lehren folgen, und unter Verwendung herkömmlicher DMA-Darstellungstechniken und ohne Rückgriff auf übertriebenes Experimentieren erstellt werden kann (können).

[0087] Die magnetischen Nanopartikel weisen vorzugsweise ein schwach ferrimagnetisches Material auf. Mit „schwach ferrimagnetisch“ ist gemeint, dass die magnetischen Nanopartikel keine hohe Koerzitivität (H_c) oder kein hohes magnetisches Moment (M_r), sondern vielmehr eine mittlere Magnetfeldstärke aufweisen, die beim Lesen der darüber liegenden Aufzeichnungsschicht ein minimales Signal beisteuert. Die endgültige Beschichtung zeigt idealerweise keinen erfassbaren Rauschsignalbeitrag zu dem beobachteten Ansprechen bei den geschriebenen Bits in der Datenschicht auf.

[0088] Bei bevorzugten Ansätzen weisen die magnetischen Nanopartikel eine Koerzitivität (H_c) von weniger als etwa 200 Oe, bevorzugter weniger als 100 Oe und mehr als 50 Oe auf. Ein beispielhafter Bereich der Feldstärke der magnetischen Nanopartikel beträgt 50 - 200 Oe. Die magnetischen Nanopartikel sind vorzugsweise auch durch ein geringes Restmoment, z.B. <12 emu/g gekennzeichnet.

[0089] Ein bevorzugtes Material für die magnetischen Nanopartikel ist ein Chromdioxid, das schwach magnetisch, elektrisch leitfähig und sehr hart ist. Bei weiteren Ansätzen weisen die magnetischen Nanopartikel eines oder mehrere unter magnetischen Metallpartikeln mit einer oxidierten äußeren Oberfläche oder (auf Kosten der Leitfähigkeit) Oxid wie Kobalt, Nickel oder Eisen und Legierungen dieser auf dieser auf.

[0090] Ein mittlerer Durchmesser der magnetischen Nanopartikel liegt abhängig von dem Material vorzugsweise in einem Bereich von 2 Nanometern (nm) bis 20 nm, bevorzugter 4 nm bis 10 nm, obwohl der mittlere Durchmesser bei einigen Ansätzen größer oder geringer als dieser Bereich sein könnte.

Eine Überlegung hinsichtlich des mittleren Durchmessers ist, dass es für das Bindemittel umso schwerer sein kann, die Pigmente ordnungsgemäß in der Beschichtungsmatrix zu halten, je geringer die Größe ist. Dementsprechend sollte der mittlere Durchmesser der magnetischen Nanopartikel so gewählt werden, dass das kritische Pigmentvolumen in einem akzeptablen Bereich gehalten wird. Wenn der mittlere Durchmesser zu gering ist, kann unzureichend Bindemittel zwischen benachbarten Partikeln vorhanden sein, wodurch das Material brüchig und bruchanfällig wird. Wenn die Partikel zu groß sind, verliert der Übergang zwischen der Unterschicht 1006 und der Aufzeichnungsschicht 1008 die hier beschriebene gewünschte Eigenschaft der Glätte.

[0091] Bei bevorzugten Ansätzen sind die in der Unterschicht vorhandenen magnetischen Nanopartikel schwach magnetisch und elektrisch leitfähig und so zusammengesetzt, dass sie eine getrocknete Beschichtung mit vernachlässigbarem oder keinem Aufquellen durch das zum Aufbringen der Aufzeichnungsschicht verwendete Lösungsmittel ergeben. Die Verwendung von Nanopartikeln in der Unterschicht wird zum Ermöglichen eines glatteren Übergangs zu der Aufzeichnungsschicht gegenüber der Verwendung größerer Partikel bevorzugt.

[0092] Die gekapselten Nanopartikel können bei verschiedenen bevorzugten Implementierungen eine breite Größenverteilung aufweisen, solange der resultierende getrocknete Film die kritische Pigmentvolumenkonzentration nicht überschreitet.

[0093] Vorzugsweise ist die Mehrzahl der Partikel in der Unterschicht 1006 mit ausreichend Bindemittel zum Erzielen einer zusammenhängenden und stabilen Beschichtung mit einer minimalen Anzahl an beschichteten Anhäufungen von Partikeln oder Aggregaten beschichtet. Die ideale Beschichtung würde keine Anhäufungen oder Aggregate in der endgültigen Beschichtung aufweisen, so dass nahezu 100 % der Partikel vollständig als einzelne Partikel in der Bindemittelmatrix dispergiert sind. Eine gute Dispersion der Partikel in der Matrix mit minimaler Ausrichtung der Partikel reduziert ferner den Beitrag zum Rauschen der Unterschicht in dem in der Aufzeichnungsschicht aufgezeichneten Signal.

[0094] Ebenso sind die gekapselten Nanopartikel vorzugsweise nicht gut aneinander ausgerichtet, sondern sind z.B. zufällig in der Unterschicht 1006 ausgerichtet. Dies verbessert die Leistung der Unterschicht durch Reduzieren der Entstehung geordneter magnetischer Bereiche in der Unterschicht 1006 weiter, wodurch das in der Unterschicht 1006 erzeugte Rauschen reduziert wird. Dessen ungeachtet ist es, obwohl es wünschenswert ist, für die Beschichtungszusammensetzung eine monodisperse, nicht aggregierte Dispersion gekapselter Partikel zu erzeugen,

für die Unterschicht nicht erforderlich, da die mechanischen Eigenschaften wesentlichlicher als die magnetische Signalleistung sind.

[0095] Das aromatische Polymer, das die magnetischen Nanopartikel einkapselt, kann eines von zahlreichen unterschiedlichen aromatischen Polymeren sein und/oder aufweisen, solange das aromatische Polymer zumindest etwa 80% der Oberfläche des magnetischen Nanopartikels, vorzugsweise zumindest etwa 90% der Oberfläche des magnetischen Nanopartikels und idealerweise näherungsweise 100% des magnetischen Nanopartikels in der Unterschicht 1006 einkapselt. Dementsprechend bildet das aromatische Polymer zumindest eine Teilhülle und vorzugsweise eine vollständige Hülle um die magnetischen Nanopartikel.

[0096] Die Schicht, die die Nanopartikel einkapselt, kann so dünn wie eine monomolekulare Schicht von z.B. weniger als 0,4 nm sein, doch eine robustere Schicht wird bei einer Stärke von etwa 1 - 2 nm erzielt. Wenn die Schicht stärker wird, nimmt die Packung der Nanopartikel in der Beschichtung ab. Dies ist in der Unterschicht nicht so kritisch wie in der Aufzeichnungsschicht.

[0097] Eine mittlere Stärke des aromatischen Polymers, das die magnetischen Nanopartikel einkapselt, liegt vorzugsweise in einem Bereich von etwa 0,5 nm bis etwa 8 nm, z.B. 1 - 4 nm, 3 - 5 nm, 4 - 5 nm, 4 - 7 nm, 5 - 7 nm, etc., könnte jedoch geringfügig höher oder geringer als diese Bereiche sein. Die hier verwendeten Stärken beziehen sich im Allgemeinen auf die Aufbringungsstärke auf der darunterliegenden Struktur, soweit nichts anderes angegeben ist.

[0098] Aromatische Polymere werden aufgrund der aromatischen Ringstruktur (der aromatischen Ringstrukturen), die die Oberfläche des magnetischen Nanopartikels einkapselt (einkapseln), als Einkapselungsschicht bevorzugt. Aromatische Ringe zeigen aufgrund der einzigartigen Eigenschaft der Aromatizität derartiger Moleküle, die eine verbesserte Stabilität und bei einer korrekten Ausrichtung an den magnetischen Achsen der magnetischen Nanopartikel eine gewisse magnetische Abschirmung an der Oberfläche der magnetischen Nanopartikel bietet, insbesondere mit chemisch reaktiven Metalloxiden wie Chromoxid ein sehr vorteilhaftes Verhalten auf. Die aromatischen Ringstrukturen können aufgrund ihrer einzigartigen molekularelektronischen Struktur und ihrer Fähigkeit, ein externes Magnetfeld zu moderieren, beispielsweise als Magnetfeldmodifikator wirken.

[0099] Aromatische Polymere bieten auch eine magnetische Abschirmung an der Oberfläche des Pigments und helfen, die magnetischen Nanopartikel zur Verbesserung des unabhängigen Umschaltens

der gekapselten Nanopartikel, das zu einer höheren Bitauflösung führt, gegenüber anderen Partikeln zu isolieren.

[0100] Ein bevorzugtes aromatisches Polymer ist ein Carbamat. Ein bevorzugtes Beispiel eines aromatischen Moleküls, von dem bekannt ist, dass es mit Chromdioxidpartikeln so reagiert, dass es die Partikel effektiv einkapselt und sie von ihren Nachbarn in einer dicht gepackten Matrix isoliert, ist Methylenbisdiphenylcarbamate. Idealerweise ist das einkapselnde Polymer bei der Verwendung mit Nanopartikeln aus Chromdioxid aus Methylenbisdiphenylcarbamate mit einem funktionalen Acrylpolyester als Estersegment des aromatischen Carbamats ausgebildet. Bei UV-Bestrahlung kann eine Polymerisation zur Erzeugung der einkapselnden Polymerfilmschicht auf der Oberfläche des Partikels stattfinden.

[0101] Insbesondere zur Verwendung mit magnetischen Chromdioxid-Nanopartikeln ist das aromatische Polymer vorzugsweise ein aliphatisch substituiertes Aromat, das z.B. einen oxidierbaren Anteil aufweist, der mit Chrom reagiert, wodurch es bei der Adsorption des aromatischen Polymers an dem Chromdioxid-Mikropartikel hilft. Der benzyliche Kohlenstoff des Diphenylmethandiphenylcarbamats oxidiert bekanntermaßen effizient durch Chromdioxid, wodurch das resultierende Diphenylketon effektiv an die Partikeloberfläche gebunden wird.

[0102] Bei weiteren Ansätzen weist das aromatische Polymer reaktive funktionale Substituenten wie Amine, Alkohole, Carbonsäuren oder Nitrilgruppen auf. Ein Beispiel ist Zimtsäure, die zur Bildung einer gebundenen Polymerschicht auf der Nanopartikeloberfläche als Copolymer mit Styrol vorliegt.

[0103] Bei weiteren Ansätzen weist das aromatische Polymer eine oder mehrere sich wiederholende Einheiten mit Substituenten, die zur chemischen Adsorption und/oder Bindung an der Partikeloberfläche geeignet sind, wie Aminen, einer Carboxylsäure wie Zimtsäure und weiteren funktionalen Aromaten auf, die sich an die Oberfläche des verwendeten magnetischen Nanopartikels binden.

[0104] Bei einer alternativen Implementierung besteht die Einkapselungsschicht der gekapselten Mikropartikel nicht aus einem vollständig aromatischen Polymer, sondern kann ein Copolymer wie ein Polyesterpolyurethan oder acrylisch modifiziertes Polyurethan sein. Beispiele umfassen aliphatische Polymere eines bekannten Typs, nicht aromatische Polymere eines bekannten Typs, etc.

[0105] Das polymere Bindemittel, das die gekapselten Nanopartikel aneinander bindet, kann Bindemittelmaterial sein und/oder aufweisen, das unter-

schiedlichen Typen angehört. Bei bevorzugten Ansätzen weist das Bindemittel ein Acrylpolymer, z.B. ein Polymer aus Acrylsäure oder einem Acrylat, und vorzugsweise ein funktionales Acrylpolymer auf. Beispielhafte zur Verwendung als Bindemittel geeignete Acrylpolymeren weisen bei unterschiedlichen Ansätzen Komponenten wie Methylmethacrylat, Acrylsäure und weitere auf. Allgemein sind bevorzugte polymere Bindemittel diejenigen mit einem zahlenmittleren Molekulargewicht von weniger als etwa 2400 und vorzugsweise weniger als etwa 1200.

[0106] Bei einer bevorzugten Implementierung weist das polymere Bindemittel zum Ermöglichen einer Bindung an die Einkapselungsschicht der gekapselten Mikropartikel die Funktionalität der UV-Härtbarkeit auf. Diese Funktionalität kann durch Acrylatgruppen, Vinyl, etc. geboten werden.

[0107] Bei einigen Ansätzen enthält das Bindemittel ein Vinylchlorid, Vinylacetat-Vinylalkoholcopolymer. Bei weiteren Ansätzen enthält das Bindemittel Polyester- oder Polyetherpolyurethane. Bei den mit Nanopartikeln besetzten Beschichtungen weisen die Polymere ein sehr viel geringeres Molekulargewicht (eine sehr viel geringere Größe) als bei den bisher eingesetzten Materialien auf. Typischerweise weisen die brauchbaren Polymere vor dem UV-Härten eine Länge von weniger als 20 Wiederholungseinheiten auf.

[0108] Die relativen Mengen von gekapselten Nanopartikeln zu Bindemittel in der Unterschicht 1006 sollten in einem Bereich liegen, der nicht über der kritischen Pigmentvolumenkonzentration (CPVC) liegt. Fachleute könnten, einmal in Kenntnis der hier beschriebenen neuartigen Zusammensetzungen, die CPVC unter Verwendung bekannter Techniken basierend auf den Eigenschaften der verwendeten Materialien wie des verwendeten Bindemittels, der Fläche der Partikeloberfläche, etc. berechnen. Eine allgemeine Faustregel ist, weniger als etwa 50 Vol-% Pigment (gekapselte Nanopartikel) in der Unterschicht 1006, damit die strukturelle Integrität der Unterschicht 1006 zusammen mit weiteren Funktionen der Unterschicht 1006 wie der strukturellen Stabilisierung der magnetischen Schicht, der Verbesserung der Haltbarkeit des Bands und der Gewährleistung der Haftung der Aufzeichnungsschicht 1008 erhalten bleibt. Der Pigmentgehalt ist vorzugsweise hoch genug zur Gewährleistung einer adäquaten, mittels einer DMA gemessenen mechanischen Integrität bei gleichzeitigem Erhalt einer ausreichenden elektrischen Leitfähigkeit zur Verminderung unerwünschter triboelektrischer Eigenschaften.

[0109] Zusätzliche Materialien wie mobile Schmierstoffe und/oder Stabilisatoren, die zur Stabilisierung der Dispersion vor dem Aufbringen und Härten ver-

wendet werden, können in der Unterschicht 1006 vorhanden sein.

[0110] Die resultierende Unterschicht 1006 ist vorzugsweise durch eine schwach magnetische, elektrisch leitfähige, gekapselte Nanopartikeldispersion in einem fest an dem Pigment (an den gekapselten Nanopartikeln) gebundenen Bindemittel gekennzeichnet, so dass eine grafische Darstellung einer getrockneten Beschichtung mit einer Glasübergangsanfangstemperatur T_g in dem Zugspeichermodul (E') in Bezug auf die Temperatur von 0° Celsius (C) bis 60°C erzielt wird. T_g sollte höher als 35°C sein, vorzugsweise über etwa 45°C liegen, und ein bei 10 Hz mittels DMA bei 20°C gemessener absoluter Wert von E' sollte zumindest etwa 6 Gigapascal (GPa) bis etwa 16 GPa oder geringfügig mehr, z.B. etwa 8 GPa, etwa 10 GPa, etwa 11 GPa, 12 GPa, etwa 15 GPa, etwa 16 GPa betragen. Der normale Betriebsbereich eines Bands liegt bei den meisten Ansätzen in dem Bereich von 0° C bis 60°C, kann jedoch höher oder niedriger sein.

[0111] Bei herkömmlichen magnetischen Aufzeichnungsbändern verwendete Bindemittel ergeben eine Unterschicht 1006 mit einer Glasübergangstemperatur von 20 - 30°C. Dies ist zu weich, was dazu führt, dass die Unterschicht 1006 im Gebrauch zu nachgiebig ist, um ein stabiles und beständiges Aufzeichnungsmedium zu gewährleisten. Die Unterschicht 1006 sollte jedoch ausreichend elastisch sein, um im Gebrauch und bei der Lagerung strapazierfähig und langlebig zu bleiben. Dementsprechend ergeben bevorzugte Ausführungsformen eine Unterschicht 1006, die eine durch eine grafische DMA-Darstellung von E' in Bezug auf Temperaturen über etwa 35°C bestimmte Anfangs- T_g aufweist, wobei die bevorzugte Anfangs- T_g bei einem sehr breiten Ansprechen bei 10 Hz bis mindestens 50°C in dem elastischen Bereich bleibt.

[0112] Eine mittlere Stärke der Unterschicht 1006 beträgt weniger als 1 Mikron und vorzugsweise weniger als etwa 0,6 Mikron. Um das Wickeln von mehr Band in das feste Volumen einer gegebenen Bandkassette zu ermöglichen, werden geringere Stärken bevorzugt.

[0113] Bei bevorzugten Ansätzen sind keine Abriebpartikel in der Unterschicht 1006 vorhanden, und idealerweise sind in dem Produkt überhaupt keine Abriebpartikel vorhanden. Es wurde festgestellt, dass Abriebpartikel, die herkömmlicherweise zum Zwecke der Reinigung des Bandkopfs und/oder zur Verringerung der Haftreibung zugegeben werden, einen zunehmend inakzeptablen Mangel und eine Quelle der Beschädigung der schrumpfenden Lese- und Schreibstrukturen bei gegenwärtigen und künftigen Aufzeichnungsköpfen darstellen. Bei weiteren

Ansätzen können jedoch Abriebpartikel in der Unterschicht 1006 vorhanden sein.

[0114] Die Unterschicht 1006 wird zur Minimierung der Vermischung der Schichten vorzugsweise zumindest teilweise getrocknet und vor der Aufbringung der magnetischen Aufzeichnungsschicht 1008 gehärtet auf das Substrat 1004 aufgebracht. Dementsprechend vermischt sich die Aufzeichnungsschicht bei bevorzugten Ansätzen 1008 ist im Wesentlichen nicht mit der Unterschicht 1006 (und umgekehrt). Dieses Merkmal löst ein seit langem bestehendes Problem bei magnetischen Aufzeichnungsbandprodukten.

[0115] Bezug nehmend auf **Fig. 12** ist dort ein TEM-Bild eines Querschnitts eines herkömmlichen Aufzeichnungsbands 1200 gezeigt. Wie gezeigt, ist der Übergang zwischen der Aufzeichnungsschicht und der darunterliegenden Unterschicht klar definiert. Die hellen Partikel in der Aufzeichnungsschicht sind Bariumferritpartikel. Wie gezeigt, sind die Bariumferritpartikel in der Aufzeichnungsschicht weder monodispers noch dicht gepackt. Darüber hinaus sind Lücken vorhanden, in denen sich keine Partikel befinden. Zudem ist der Übergang von der Aufzeichnungsschicht zu der Unterschicht relativ rau. Idealerweise passieren Magnetfelder von einer Schreibvorrichtung die Aufzeichnungsschicht vollkommen senkrecht. Bedauerlicherweise erweitern sich Magnetfelder beim Verlassen der Schreibvorrichtung oder krümmen sich, wobei die Krümmung umso ausgeprägter ist, je weiter sie von dem Polende der Schreibvorrichtung entfernt ist. Die Lücken, der gewellte Übergang zwischen der Aufzeichnungsschicht und der Unterschicht und die ungleichmäßige Dispersion der magnetischen Partikel verstärken sämtlich die Auswirkungen des expandierenden Felds der Schreibvorrichtung. Wo ein Übergang geschrieben wird (z.B. Schreibfeld nach unten gerichtet, dann nach oben, wenn sich das Band an der Schreibvorrichtung vorbeibewegt), und das Feld sich beim Passieren der Aufzeichnungsschicht beispielsweise um 10 - 20% erweitert, ist der Übergang nicht scharf, wodurch sich die Auflösung des Bands verringert. Beim Rücklesen ist der Übergang verwaschen, da er nicht scharf ist. Eine Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR: signal-noise ratio) von 1 dB beim Rücklesen ist eine erhebliche Errungenschaft. Der Erfinder ist der Auffassung, dass unter Verwendung der hier beschriebenen neuen und neuartigen Aufzeichnungsschicht, die auf einer ausgehärteten Unterschicht erzeugt wird, wodurch die Vermischung der Schichten minimiert wird, eine Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR) beim Rücklesen von bis zu 5 oder 6 dB erzielt werden kann.

[0116] Bei bevorzugten Ansätzen ist die obere Oberfläche der Unterschicht im Wesentlichen flach

mit einer Modulation von weniger als etwa 25 %, vorzugsweise weniger als etwa 5 % der Stärke der Übergangsgrenze bei einer Abbildung in dem TEM-Querschnitt der fertiggestellten Bandbeschichtung, wie z.B. die obere Oberfläche der in **Fig. 12** gezeigten Aufzeichnungsschicht.

Prozess zur Fertigung der Unterschicht

[0117] Ein Verfahren zur Fertigung der Unterschicht 1006 z.B. eines magnetischen Aufzeichnungsmediums gemäß verschiedenen Ansätzen wird nachstehend vorgestellt. Als eine Option kann das vorliegende Verfahren zur Erzeugung von Unterschichten 1006 wie den vorstehend beschriebenen implementiert werden. Selbstverständlich können dieses und weitere hier vorgestellte Verfahren jedoch zur Erzeugung von Unterschichten 1006 verwendet werden, die den hier aufgeführten beispielhaften Aspekten verwandt sein können, dies aber nicht müssen. Ferner können die hier vorgestellten Verfahren in jeder gewünschten Umgebung ausgeführt werden. Darüber hinaus können gemäß unterschiedlichen Ansätzen mehr oder weniger Operationen als die nachstehend beschriebenen in das Verfahren aufgenommen werden. Es ist auch darauf hinzuweisen, dass jedes der vorstehend aufgeführten Merkmale bei jedem der gemäß den unterschiedlichen Verfahren beschriebenen Ansätze verwendet werden kann.

[0118] Das Verfahren umfasst allgemein die Erzeugung einer Unterschicht 1006, die gekapselte Nanopartikel, die jeweils zumindest einen von einem aromatischen Polymer eingekapselten magnetischen Nanopartikel aufweisen, und ein polymeres Bindemittel enthält, das die gekapselten Nanopartikel bindet.

[0119] Gekapselte Nanopartikel können käuflich erworben oder hergestellt werden. Bei einigen Ansätzen können beispielsweise im Handel erhältliche, für medizinische Bildgebungs- und Medikamentenverabreichungsanwendungen verwendbare gekapselte Nanopartikel verwendet werden.

[0120] Bei einem Ansatz schließt die Erzeugung der Unterschicht 1006 das Mischen des polymeren Bindemittels mit den gekapselten Nanopartikeln und einem Lösungsmittel (einem Lösungsmittelsystem) zur Erzeugung eines Gemischs ein. Die relative Mengen an gekapselten Nanopartikeln und Bindemittel werden vorzugsweise so ausgewählt, dass die in dem vorhergehenden Abschnitt aufgeführten Eigenschaften gewährleistet sind. Das Mischen schließt beispielsweise ein Ultraschalldispersieren der gekapselten Nanopartikel in dem polymeren Bindemittel und dem Lösungsmittel ein, wodurch eine strahlungshärtbare Emulsion in dem Lösungsmittel erzeugt wird.

[0121] Herkömmliche Beschichtungsverfahren würden eine Zusammensetzung zum Erzielen einer brauchbaren Viskosität und wahrscheinlich Bindemittel mit wesentlich höherem Molekulargewicht erfordern, als für die Zielkonzeption für den vorliegenden fortschrittlichen Bandaufbau optimal wäre. Dadurch sind die hier beschriebenen Beispiele von Zusammensetzungen, die für eine herkömmliche Beschichtung nicht geeignet sind. Sämtliche der Beispiele werden am besten als aufgesprühte Aerosolbeschichtung auf das Substrat aufgebracht, obwohl andere Beschichtungsverfahren erwogen werden.

[0122] Allgemein sollte das hier verwendete Lösungsmittel eine oder mehrere und vorzugsweise sämtliche der folgenden Eigenschaften bieten: das Lösungsmittel veranlasst ein Aufquellen des polymeren Bindemittels, ermöglicht jedoch ein Kollabieren der Polymere um das Pigment statt ihres Schrumpfens beim Trocknen. Das Lösungsmittel veranlasst ein Entrollen der Kette des polymeren Bindemittels und seine Bewegung zu seinem Theta-Zustand (minimales freies Volumen).

[0123] Die Schicht ist am stabilsten, wenn sich das polymere Bindemittel in dem Theta-Zustand befindet, und dies ist der Punkt, an dem das Aushärten stattfinden sollte. Eine UV-Härtung wird aufgrund der Geschwindigkeit, mit der das Härten erfolgt, bevorzugt, wenn sich das polymere Bindemittel nahe seinem Theta-Zustand befindet.

[0124] Eine der Lösungsmittelkomponenten sollte ein gutes Lösungsmittel für das Bindemitteladditiv sein und hilft, die polymergekapselften magnetischen Partikel zu suspendieren. Das zweite Lösungsmittel kann ein Nicht-Lösungsmittel für das polymere Bindemittel sein. Beim Verdampfen der Phase des ‚guten‘ Lösungsmittels bewegt sich die verbleibende Beschichtung näher zu einer nichtlösungsmitteldominierten koaleszierenden Beschichtung. Die an dem zweiten Lösungsmittel reiche Beschichtung durchläuft somit einen Punkt in dem Trocknungsprozess, an dem das Bindemittel und die gekapselten magnetischen Partikel etwa ihr minimales freies Volumen oder die Theta-Zustände aufweisen. Dadurch wird eine minimale Restspannung in der fertiggestellten, getrockneten Beschichtung erzeugt. Dadurch werden wiederum ein Kräuseln und eine Wellenbildung in dem fertiggestellten Band eliminiert.

[0125] Ein bevorzugtes Lösungsmittel ist ein Wasser- und Tetrahydrofuran-Lösungsmittelsystem (THF- Lösungsmittelsystem) in relativen Konzentrationen, die das Lösungsmittelsystem annähernd vollständig azeotropisch machen. Dieses Lösungsmittelsystem wird für die Verwendung mit Acrylpolymerbindemitteln bevorzugt, da es gut trocknet, umweltfreundlich ist, weniger Energie verbraucht und weniger anfällig für eine Verbrennung

oder Explosion als ein Azeotrop ist. Das THF-/Wasser-Lösungsmittel wird auch bevorzugt, weil das THF beim Trocknen zuerst verschwindet, worauf das Wasser folgt, das hilft, das Bindemittel in Richtung Theta-Zustand zu halten. Insbesondere verschwindet das THF aufgrund seiner höheren Flüchtigkeit als Wasser zuerst. Dass das organische Lösungsmittel zuerst verschwindet, ermöglicht ein Kollabieren der Koaleszenz des Films und eine Verringerung der Spannung. Das Wasser dominiert dann den Lösungsmittelübergang, wodurch eine Annäherung des Polymers an Theta-Zustände ermöglicht wird.

[0126] Nur eine geringfügige Erhöhung des Anteils an Wasser gegenüber den azeotropischen Gemischkonzentrationen (von z.B. 6,7 Masseprozent) ist zur Gewährleistung einer optimalen Trocknung der Beschichtung erforderlich. Dies führt zu einem Lösungsmittelgemisch im Bereich von 7 - 8 % Wasser in 92 - 93 % THF, das bei 64°C trocknet. Diese niedrigere Trockentemperatur hat den zusätzlichen Vorteil der Senkung der Betriebskosten im Vergleich zu gegenwärtigen Magnetbandbeschichtungsprozessen.

[0127] Das resultierende Gemisch (Pigment + Lösungsmittel) wird auf eine Struktur wie das Substrat 1004 aufgebracht. Zum Aufbringen des Gemischs kann jede geeignete Technik verwendet werden. Bilden das Gemisch aus Pigment und Lösungsmittel eine Emulsion, ist eine bevorzugte Technik die Sprühbeschichtung, die eine schnelle, gleichmäßige Aufbringung ohne die für eine Bürstenstrichbeschichtung typischen Schlieren oder die für eine Klingenbeschichtung typischen Klumpen gewährleistet. Weitere Aufbringetechniken schließen eine Klingenbeschichtung, eine Schlitzdüsenbeschichtung, die Verwendung von Tiefdruckwalzen, etc. ein.

[0128] Bei einem weiteren Ansatz schließt die Erzeugung der Unterschicht 1006 das Mischen des polymeren Bindemittels mit den gekapselten Nanopartikeln zur Erzeugung einer Mikrosuspension ohne den Zusatz von Dispergiemitteln oder anderen Additiven zur Erzeugung einer stabilen Dispersion ein.

[0129] Das aufgebrachte Gemisch wird zur Entfernung zumindest eines Teils des Lösungsmittels getrocknet oder im Wesentlichen vollständig getrocknet. Das aufgebrachte Gemisch kann beispielsweise getrocknet werden, damit das flüchtigere organische Lösungsmittel (z.B. THF) entfernt wird, wodurch der Nichtlösungsmittelgehalt in dem trocknenden Film erhöht wird. Das polymere Bindemittel kollabiert zwischen den gekapselten Mikropartikeln, wenn das Lösungsmittel beim Trocknen entfernt wird. Bei einem Aspekt, bei dem das Bindemittel hydrophob ist, ist das letzte Lösungsmittel, das aus dem aufgeb-

rachten Gemisch verschwindet, beispielsweise das Wasser, kein Lösungsmittel für das Bindemittel, wodurch ein Kollabieren des hydrophoben Bindemittels auf den Pigmenten erzwungen wird. Dadurch wird auch die Restspannung in der trockenen Beschichtung minimiert, wodurch Dinge wie ein Kräuseln des Bands verhindert werden. Das Trocknen wird vorzugsweise unter Verwendung Druckluft unter Niedertemperaturbedingungen (weniger als etwa 75 °C) ausgeführt.

[0130] Die teilweise getrocknete Beschichtung, die schließlich die Unterschicht für die magnetische Aufzeichnungsschicht bildet, kann z.B. unter Verwendung einer thermisch induzierten chemischen Reaktion zum Härten der beiden Schichten, einer strahlungsinduzierten chemischen Reaktion zum Härten der beiden Schichten, etc. gehärtet werden. So wird beispielsweise UV-Licht oder eine andere bekannte Bestrahlung zum Veranlassen einer Vernetzung des polymeren Bindemittels angewendet. Wenn für beide Beschichtungen die richtige Lösungsmittelwahl erfolgt, führt der Aushärtungsschritt zu einer minimalen Spannung zwischen den beiden Schichten und zu einer stabilen (flachen) Beschichtung.

[0131] Im Fall einer thermisch induzierten Härtung kann eine chemische Reaktion zur Verringerung eines Aufquellens des Lösungsmittels in der Beschichtung sowie zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der gehärteten Beschichtung genutzt werden. Das chemische Härten in einem trockenen Film erfolgt langsam und ist zum Erzielen der gewünschten Gleichmäßigkeit einer gehärteten hoch besetzten Beschichtung ineffizient. Der bevorzugte Ansatz ist die Verwendung einer strahlungsinduzierten chemischen Härtung. Glücklicherweise sind inzwischen sämtliche gegenwärtigen und künftigen für Bandanwendungen genutzten magnetischen Aufzeichnungsschichten dünn genug, um eine effiziente Bewegung von Licht durch die Beschichtung zuzulassen und chemische Reaktionen in den bindemittelreichen Bereichen herbeizuführen, die das Ziel derartiger Aushärtungsreaktionen sind. Es ist allgemein bekannt, dass ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) die Bildung freier Radikale aktivieren kann, die ungesättigte Kohlenstoffverbindungen wie Olefine, Vinyle und Acrylate angreifen können, wodurch eine Polymerisation dieser reaktiven Spezies initiiert wird, durch die stabilere Molekularstrukturen erzeugt werden. Die UV-Härtung wird auch bevorzugt, da sich die Unterschicht 1006 bei der Bildung der freien Radikale auch an einige Substrate 1004 binden kann, wodurch die Haltbarkeit des Bands verbessert wird.

[0132] Nach dem Härten der Unterschicht 1006 wird eine magnetische Aufzeichnungsschicht 1008 auf oder über der Unterschicht 1006 erzeugt. Durch

Trocknen und Härten der Unterschicht 1006 vor der Erzeugung der magnetischen Aufzeichnungsschicht 1008 eines beliebigen Typs auf dieser wird die Vermischung der Schichten am Übergang zwischen der Unterschicht und der Aufzeichnungsschicht minimiert. Dadurch wird ein Problem behoben, das bei der Herstellung herkömmlicher magnetischer Aufzeichnungsbänder weit verbreitet war und zu einer Einschränkung der erzielbaren flächenbezogenen Aufzeichnungsdichte des Bands führte.

[0133] Bei einem beispielhaften Ansatz werden Nanopartikel aus einem schwach magnetischen Material (Chromdioxid) mit einer aromatischen Polymerhülle (Methylenbisdiphenylcarbamate mit einem funktionalen Acrylpolyester als Estersegment des aromatischen Carbamats) beschichtet und mit einem funktionalen Acrylpolymer miteinander verbunden. Eine Zusammensetzung der vorstehenden Materialien wird unter Verwendung eines Ultraschall-dispersionsverfahrens in einem Tetrahydrofuran-(THF-) und Wasser-Lösungsmittelsystem zu einer ultraviolethärtbaren (UV-härtbaren) Emulsion dispergiert, über dem Substrat 1004 aufgebracht, getrocknet und gehärtet. Die getrocknete Beschichtung enthält das Pigment, das von dem aromatischen glasartigen Polymer so eingekapselt ist, dass die Matrix mit über 40 % hoch mit dem magnetischen und elektrisch leitfähigen Pigment besetzt ist, wobei eine elastische, kautschukartige aus den Polyester-Acrylat-Bereichen des Carbamate-Bindemittels ausgebildete interpartikuläre Matrix aufrechterhalten wird.

Prozess zur Fertigung gekapselter magnetischer Nanopartikel

[0134] Bei unterschiedlichen Ansätzen werden die später unter Verwendung eines der hier offenbarten neuartigen Prozesse einzukapselnden magnetischen Ausgangsnanopartikel unter Verwendung bekannter Techniken, z.B. Mahlen erzeugt. Bei weiteren Ansätzen werden die magnetischen Ausgangspartikel unter Verwendung eines der hier offenbarten neuartigen Prozesse in gebrauchsfertiger Form und gekapselt gewonnen.

[0135] Die Erzeugung gekapselter magnetischer Nanopartikel kann unter Verwendung unterschiedlicher Techniken ausgeführt werden. Bisherige Ansätze zur Verkapselung magnetischer Nanopartikel haben sich als nicht erfolgreich erwiesen. Statt zu versuchen, die Isolierung der (noch nicht durch Hochtemperaturumwandlung in den endgültigen magnetischen Zustand umgewandelten) Vorstufen der gekapselten Nanopartikel aufrechtzuerhalten, werden bei bevorzugten Ansätzen die magnetischen Nanopartikel mit einem organischen Lösungsmittel gemischt, in dem ein aromatisches Dispergiermittel enthalten ist. Die Absorption der aromatischen Spe-

zies auf den Nanopartikeln ermöglicht eine stabile Suspension der Partikel in dem anfänglichen Lösungsmittel wie Toluol, das ein gutes Lösungsmittel für viele geeignete aromatische Dispergiermittel ist. Das Gemisch wird mit zum Erhalt der Suspension angewendeter Ultraschalldispersionsenergie erwärmt. Ein hochsiedender aromatischer Kohlenwasserstoff wie Anthracen, Phenanthren, Pyren, etc. wird vor der Destillation zu dem näherungsweise Volumen von Toluol hinzugegeben. Das Gemisch wird über den Siedepunkt von Toluol hinaus erwärmt, und das abdestillierte Toluol hinterlässt eine geschmolzene Suspension der dispergierten Nanopartikel in der vollständig aromatischen polyaromatischen Schmelze wie geschmolzenes Phenanthren, das über 380 °C schmilzt.

[0136] Bei einem beispielhaften Ansatz wird das Gemisch zum Ermöglichen einer Erhöhung der Temperatur auf 400 °C und ihres Haltens über vier bis sechs Stunden in einem Druckbehälter erwärmt. Die Nanopartikel aus Eisen werden in die magnetische Epsilon-Form von Eisenoxid umgewandelt. Bei diesem Prozess bleiben die magnetischen Partikel von einer vollständig aromatischen Hülle umschlossen.

[0137] Das Gemisch wird dann auf Raumtemperatur abgekühlt, bevor die Verarbeitung zur Extraktion der gekapselten Partikel ausgeführt wird. Ist es einmal auf Raumtemperatur abgekühlt, wird der wachsartige Feststoff mit den dispergierten Nanopartikeln zum erneuten Erhalt einer Dispersion der Nanopartikel in den gemischten aromatischen Lösungsmitteln in einem Lösungsmittel wie Toluol gelöst. Hierzu wird nun ausreichend Chloroform oder dergleichen hinzugefügt, um eine Trennung und ein Dekantieren der aromatischen Schicht von den in dem Chloroform suspendierten Partikeln zu ermöglichen.

[0138] Trockene Partikel können zur Erzeugung einer Emulsion durch eine Destillation des Chloroforms oder einer durch einen Lösungsmittelaustausch zu Wasser erhaltenen Suspension zurückgewonnen werden, wenn die aromatische Kapselungsschicht so modifiziert wird, dass sie eine zum Ermöglichen einer stabilen Dispersion in Wasser ausreichende polare Restfunktionalität aufweist.

Aufzeichnungsschicht

[0139] Bei einigen Ansätzen weist die Aufzeichnungsschicht 1008 einen neuen und neuartigen Aufbau auf. Die neue und neuartige Aufzeichnungsschicht 1008 kann bei einem Aspekt auf dem Medium 1000 mit einer darunterliegenden herkömmlichen Unterschicht 1006 vorgesehen sein. Bei einem weiteren Aspekt kann die neue und neuartige Aufzeichnungsschicht 1008 auf dem Medium 1000 mit einer darunterliegenden neuen und neuartigen

Unterschicht 1006 vorgesehen sein. Bei weiteren Ansätzen weist die Aufzeichnungsschicht 1008 einen herkömmlichen Aufbau auf und ist auf dem Medium 1000 mit einer darunterliegenden neuen und neuartigen Unterschicht 1006 vorgesehen.

[0140] Bei Ansätzen, bei denen die Aufzeichnungsschicht 1008 einen herkömmlichen Aufbau aufweist, kann eine Dispersion in einem Bindemittelsystem, das nicht versucht, die Partikel vor der Dispersion in einer glasartigen Einkapselungsschicht einzukapseln, dispergierter schwach magnetischer Partikel als Flusstdiffusionsschicht verwendet werden, wie es für über ein Jahrzehnt bei der Herstellung gegenwärtiger Bandmedien die Praxis war. Diesen Unterschichten können zur Verbesserung der Leitfähigkeit oder der Scheuerbeständigkeit zusätzliche Partikel beigefügt werden, müssen dies aber nicht.

[0141] Bei bevorzugten Ansätzen weist die Aufzeichnungsschicht 1008 eine neue Zusammensetzung auf, bei der die Aufzeichnungsschicht 1008 gekapselte Nanopartikel 1018, die jeweils zumindest einen magnetischen Nanopartikel 1020 und vorzugsweise nur einen einzigen magnetischen Nanopartikel 1020 aufweisen, der von einer Einkapselungsschicht 1022 eingekapselt ist, und ein polymeres Bindemittel 1024 aufweist, das die gekapselten Nanopartikel bindet. Allgemein ist die Magnetstärke der magnetischen Nanopartikel in der Aufzeichnungsschicht 1008 erheblich höher als die Magnetstärke der Nanopartikel in der Unterschicht 1006, falls vorhanden.

[0142] Eine mittlere Konzentration der gekapselten Nanopartikel in der Aufzeichnungsschicht 1008 liegt vorzugsweise bei zumindest etwa 35 Gewichtsprozent (Gew.-%), z.B. etwa 45 - 50 Gew.-%, in einem Bereich von etwa 35 - 50 Gew.-%, vorzugsweise in einem Bereich von etwa 46 - 50 Gew.-% oder jedem anderen Unterbereich innerhalb der vorstehend genannten Bereiche.

[0143] Die magnetischen Nanopartikel in den gekapselten Nanopartikeln der Aufzeichnungsschicht 1008 können aus jedem für die vorgesehene Anwendung wie eine magnetische Aufzeichnung geeigneten magnetischen Material ausgebildet sein. Darüber hinaus können bei einigen Ansätzen für eine magnetische Bildgebung verwendbare magnetische Materialien als magnetische Nanopartikel verwendet werden. Bei unterschiedlichen Ansätzen weisen die magnetischen Nanopartikel zumindest ein aus der aus Legierungen und/oder Oxiden von Nickel, Kobalt und Eisen einschließlich Mischverbindungen und Kristallen, für die Kombinationen von Nickel, Kobalt und Eisen wie Eisen-Barium, NiFe, Bariumferrit und Kobalt-Platin verwendet werden, bestehenden Gruppe ausgewähltes magnetische Material auf.

[0144] Es ist darauf hinzuweisen, dass der hier beschriebene Ansatz auf andere Nanopartikel, die wie MnAl gegenwärtig nicht typischerweise für Bandspeicherschichten verwendbar sind, und sogar nicht magnetische Dispersionen anwendbar ist, die von einer verbesserten Steuerung der Beschichtungintegrität profitieren könnten, wie SiC- und SiO₂-Dispersionen, die für Schleifpapier und andere Schleifstoffe nützlich sind. Dementsprechend kann bei unterschiedlichen Ansätzen jeder bekannte Typ von magnetischem Nanopartikel verwendet werden.

[0145] Bei bevorzugten Ansätzen weisen die magnetischen Nanopartikel zumindest ein aus der aus Co₃O₄, CoFe, Fe₃O₄, Alpha-Eisenoxid (α -Fe₂O₃), Epsilon-Eisenoxid (ϵ -Fe₂O₃), und Co(fcc) bestehenden Gruppe ausgewähltes magnetisches Material auf. Bei weiteren Ansätzen können die magnetischen Nanopartikel Mangan-Aluminium-Legierungen, Oxide magnetischer Metalle und Pinel-Ferrite aufweisen.

[0146] Ein mittlerer Durchmesser der magnetischen Nanopartikel in der Aufzeichnungsschicht 1008 liegt vorzugsweise in einem Bereich von etwa 2 nm bis etwa 20 nm, vorzugsweise in einem Bereich von etwa 2 nm bis etwa 10 nm, insbesondere bei den Epsilon-Eisenoxid-Partikeln. Der mittlere Durchmesser kann abhängig von der Größe, ab der der magnetische Nanopartikel seine Remanenz verliert und superparamagnetisch wird, größer oder geringer als dieser Bereich sein. Allgemein ist ein kleinerer mittlerer Durchmesser für die Zwecke einer Erhöhung der Bitauflösung besser.

[0147] Vorzugsweise weisen die für die Aufzeichnungsschicht verwendeten gekapselten Nanopartikel zur Optimierung des letztendlichen Ansprechverhaltens der Aufzeichnungsschicht auf ein beim Schreiben von Daten angelegtes externes Feld die gleiche Zusammensetzung, Kristallstruktur und Morphologie sowie einen sehr begrenzten Partikelgrößenbereich auf. Bei bevorzugten Ansätzen enthalten mehr als etwa 80 %, bevorzugter mehr als etwa 90 %, noch bevorzugter mehr als etwa 98% der gekapselten Nanopartikel nur einen einzigen magnetischen Nanopartikel, und idealerweise enthalten mindestens etwa 100% der gekapselten Nanopartikel nur einen einzigen magnetischen Nanopartikel.

[0148] Das aromatische Polymer, das die magnetischen Nanopartikel einkapselt, kann jedes von zahlreichen unterschiedlichen aromatischen Polymeren sein und/oder aufweisen, solange das aromatische Polymer in der Unterschicht 1006 und insbesondere zur Optimierung der magnetischen Nanopartikel in der Aufzeichnungsschicht zumindest etwa 75% der Oberfläche des magnetischen Nanopartikels, vorzugsweise zumindest etwa 90% der Oberfläche des magnetischen Nanopartikels und idealerweise nahe-

rungsweise 100% des magnetischen Nanopartikels einkapselt. In der Aufzeichnungsschicht sollte die Effektivität der Partikelkapselung so nahe bei 100 % liegen, wie dies durch einen zur Fertigung großer Mengen in der Praxis verwendeten, rentablen Prozess erreicht werden kann. Dementsprechend bildet das aromatische Polymer zumindest eine Teilhülle und vorzugsweise eine vollständige Hülle um die magnetischen Nanopartikel. Eine mittlere Stärke des aromatischen Polymers, das die magnetischen Nanopartikel einkapselt, beträgt in der fertiggestellten Aufzeichnungsschicht 1008 vorzugsweise weniger als 1 nm. Vorzugsweise liegt die mittlere Stärke der aromatischen Polymerhülle in einem Bereich von etwa 0,5 nm bis etwa 1 nm, z.B. 0,5 - 0,75 nm, 0,6 - 0,8 nm, 0,7 - 1 nm, 0,8 - 1 nm, etc., könnte jedoch geringfügig über oder unter diesen Bereichen liegen. In einigen Fällen können sich während des Einkapselungsprozesses Anhäufungen oder Aggregate teilweise beschichteter Nanopartikel bilden, die über den Ansatzprozess hinaus in der endgültigen Beschichtung fortbestehen können. Solange diese Anhäufungen und Aggregate keinen erheblichen Anteil der Beschichtung (z.B. weniger als 10 Volumen-%) ausmachen und kleiner als die Stärke der endgültigen Beschichtung sind, so dass sie keine Oberflächenrauigkeit und keine Defekte verursachen (z.B. einen Durchmesser von < 60 % der Stärke der endgültigen getrockneten Beschichtung aufweisen), sollte das Vorhandensein von Anhäufungen und Aggregaten die gewünschte Funktionalität der Schicht nicht einschränken.

[0149] Bei Ausführungsformen, bei denen die gekapselten Nanopartikel pyrolysiert sind, liegt die mittlere Stärke der resultierenden Kohlenstoffhülle in einem Bereich von etwa 0,05 nm bis etwa 1 nm.

[0150] Derart dünne Hüllen verbessern die Packdichte bzw. Packungsdichte der magnetischen Partikel in der Aufzeichnungsschicht 1008 und ermöglichen somit eine höhere Aufzeichnungsbitauflösung.

[0151] Aromatische Strukturen werden aufgrund ihrer einzigartigen elektronischen Eigenschaften, die eine schwache, aber wesentliche Trennung jedes Nanopartikels von dem Magnetfeld gewährleisten, das sie in der endgültigen, dicht gepackten, trockenen Beschichtung mit ihren nahen Nachbarn koppelt, als Einkapselungsschicht zur Isolierung magnetischer Nanopartikel bevorzugt.

[0152] Das aromatische Polymer weist vorzugsweise funktionale Gruppen auf, die eine Affinität zur Haftung an Eisenoxid aufweisen, wenn magnetische Eisennanopartikel verwendet werden. Beispielhafte funktionale Gruppen schließen funktionale Carboxylatgruppen, funktionalen Nitrilgruppen und weitere ein.

[0153] Ein bevorzugtes aromatisches Polymer ist ein strahlungshärtendes substituiertes aromatisches Polymer. Bei einem weiteren Ansatz ist das aromatische Polymer ein Styrol, wie Polystyren. Idealerweise ist das aromatische Polymer Polystyren mit einem Copolymer, das eine kautschukartige Polymerkette in der Paraposition an dem Styrolmonomer aufweist. Vorzugsweise umfasst die Einkapselungsschicht einen polyaromatischen Film.

[0154] Bei weiteren Ansätzen ist das aromatische Polymer eines, das eine bekannte, zur Herstellung von Graphit, Kohlenstofffaser, Kohlenstoffnanoröhren, etc. verwendbare Vorstufe ist. Dementsprechend kann die Einkapselungsschicht ein graphitartig dominierter zusammenhängender Film sein.

[0155] Das polymere Bindemittel, das die gekapselten Nanopartikel aneinander bindet, kann unterschiedliche Typen von Bindemittelmateriale umfassen und/oder aufweisen.

[0156] Bei in Betracht gezogenen Ansätzen wurde versucht, gekapselte magnetische Nanopartikel in herkömmliche Bindemittelsysteme einzubinden; es wurde jedoch festgestellt, dass derartige Ansätze Aufzeichnungsschichten ergeben, die wesentlich mehr Rauschen und eine erheblich geringere Signalleistung aufweisen, als aufgrund der Annahme vorherzusehen, dass die Partikel kleiner und dichter in einem ausgerichteten Film gepackt sind. Obwohl der Grund für eine derartige mangelhafte Leistung bei Ansätzen, bei denen herkömmliche Bindemittelsysteme verwendet werden, nicht vollständig geklärt ist, hat der Erfinder festgestellt, dass die hier beschriebenen neuartigen Techniken eine neue Aufzeichnungsschicht hervorbringen, die eine ausgezeichnete Aufzeichnungsleistung aufweist, die den Ansätzen weit überlegen ist, bei denen herkömmliche Bindemittelsysteme verwendet werden.

[0157] Bei bevorzugten Ansätzen enthält das Bindemittel ein Acrylpolymer, z.B. ein Polymer aus Acrylsäure oder einem Acrylat, und vorzugsweise ein funktionales Acrylpolymer. Bei besonders bevorzugten Ansätzen enthält das polymere Bindemittel ein strahlungshärtendes kautschukartiges Acrylpolymer. Beispielhafte, zur Verwendung als Bindemittel geeignete Acrylpolymeren enthalten bei unterschiedlichen Ansätzen acrylterminiertes Polyester und diejenigen, die Komponenten wie Methylmethacrylat, Acrylsäure und weitere enthalten. Das Bindemittel kann beispielsweise ein acrylterminiertes aliphatisches Polyester oder ein aliphatisches Polyetherpolymer enthalten. Allgemein sind bevorzugte polymere Bindemittel diejenigen mit einem zahlenmittleren Molekulargewicht von weniger als etwa 2400 und vorzugsweise weniger als etwa 1200.

[0158] Das in der Aufzeichnungsschicht 1008 verwendete Bindemittel kann bei unterschiedlichen Ansätzen das gleiche wie oder ein anderes als das in der Unterschicht 1006 verwendete Bindemittel sein.

[0159] Die Aufzeichnungsschicht 1008 sollte über den Betriebstemperaturbereich im Gebrauch flexibel (kautschukartig) sein, wobei sie gleichzeitig Reißfestigkeit und Stoßfestigkeit bietet. Dementsprechend ergeben bevorzugte Ausführungsformen eine Aufzeichnungsschicht 1008, die eine Glasübergangstemperatur von über etwa 35°C, vorzugsweise von über etwa 45°C und idealerweise zumindest etwa 50°C aufweist. Dies kann über die Auswahl des Bindemittels erzielt werden.

[0160] Zusätzliche Materialien wie Schmierstoffe können in der Aufzeichnungsschicht 1008 vorhanden sein. Ein Vorteil unterschiedlicher hier offenbarter Ansätze ist jedoch, dass sie den Verzicht auf herkömmliche Additive wie Abriebpartikel in der Aufzeichnungsschicht ermöglichen.

[0161] Eine senkrecht zu der Ebene ihrer Erzeugung gemessene mittlere Stärke der Aufzeichnungsschicht 1008 beträgt weniger als etwa 0,2 Mikron und vorzugsweise weniger als etwa 0,1 Mikron. Ein Vorteil dieser Stärke einer Aufzeichnungsschicht 1008 ist, dass das UV-Licht selbst mit dem darin enthaltenen Pigment sämtliche Abschnitte der Aufzeichnungsschicht 1008 erreichen kann, wodurch eine schnelle, durchgängige Härtung der gesamten Schicht sichergestellt wird. Herkömmliche Aufzeichnungsschichten, die dicker sind, konnten nicht UVgehärtet werden und waren daher auf andere Typen des Härtens angewiesen, die nicht so schnell waren. Dementsprechend dauerte bei der Erzeugung des herkömmlichen Bands das Härten an, wenn das Band auf eine Spule aufgewickelt wurde. Das Aufwickeln des Bands auf die Spule erzeugte jedoch Zugspannungen und Spannungen (z.B. eine radiale Kompression) in dem gesamten Band, was zu Veränderungen der mechanischen Eigenschaften des Bands führte, die von dem Band innen an dem Zentrum zu dem Band außerhalb des Zentrums unterschiedlich waren.

[0162] Wenn die die Aufzeichnungsschicht 1008 direkt auf einer Unterschicht 1006 erzeugt wird, wird die Aufzeichnungsschicht 1008 zur Minimierung einer Vermischung der Schichten vorzugsweise nach dem Härten der Unterschicht 1006 aufgebracht. Dementsprechend vermischt sich bei bevorzugten Ansätzen die Aufzeichnungsschicht 1008 im Wesentlichen nicht mit der Unterschicht 1006 (und umgekehrt).

[0163] Vorzugsweise weist die Unterschicht 1006 eine magnetische Gesamtfeldstärke in Oe auf, die

weniger als 200 Oe und vorzugsweise weniger als 100 Oe beträgt. Die Unterschicht 1006 kann einen ähnlichen Aufbau und/oder ähnliche Eigenschaften wie die hier an anderer Stelle offenbarten Unterschichten aufweisen.

[0164] Bei einigen Aspekten sind Schmierstoffmoleküle 1030 mit einer Oberfläche der Aufzeichnungsschicht 1008 gekoppelt. Die Schmierstoffmoleküle können an die Oberfläche gebunden, in die Oberfläche eingebettet oder beides sein. Vorzugsweise beträgt die Menge der Schmierstoffmoleküle längs der Oberfläche der Aufzeichnungsschicht 1008 weniger als eine Menge, die längs der Oberfläche der Aufzeichnungsschicht 1008 einen durchgehenden Schmierstofffilm bilden würde.

[0165] Bei bevorzugten Ansätzen sind keine Abriebpartikel in der Aufzeichnungsschicht 1008 vorhanden, und idealerweise sind überhaupt keine Abriebpartikel in dem Produkt vorhanden. Bei weiteren Ansätzen können jedoch Abriebpartikel in der Aufzeichnungsschicht 1008 vorhanden sein und/oder diese aus einer Unterschicht 1006 passieren. Es wird erwartet, dass der vorstehende mechanische Aufbau der Aufzeichnungsschicht 1008 mit einer elektrisch leitfähigen Unterschicht 1006 die gewünschten geringen Reibungs- und Kopfkorrosionseigenschaften der Bandoberfläche ohne die Notwendigkeit der Einbindung von Abriebpartikeln erzielt, die einen zunehmend inakzeptablen Mangel und eine Quelle der Beschädigung der schrumpfenden Lese- und Schreibstrukturen bei gegenwärtigen und künftigen Aufzeichnungsköpfen darstellen.

Prozess zur Fertigung der Aufzeichnungsschicht

[0166] Ein Verfahren zur Fertigung der Aufzeichnungsschicht 1008, z.B. eines magnetischen Aufzeichnungsmediums, gemäß unterschiedlichen Ansätzen wird nachstehend vorgestellt. Als eine Option kann das vorliegende Verfahren zur Herstellung von Aufzeichnungsschichten 1008 wie den vorstehend beschriebenen implementiert werden. Selbstverständlich können dieses Verfahren und weitere hier vorgestellte jedoch zur Herstellung von Aufzeichnungsschichten 1008 eingesetzt werden, die den hier aufgeführten beispielhaften Aspekten verwandt sein können, dies aber nicht sein müssen. Ferner können die hier vorgestellten Verfahren in jeder gewünschten Umgebung ausgeführt werden. Darüber hinaus können gemäß unterschiedlichen Ansätzen mehr oder weniger Operationen als die nachstehend beschriebenen in das Verfahren aufgenommen werden. Es ist auch darauf hinzuweisen, dass jedes der vorstehend genannten Merkmale bei jedem der im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Verfahren beschriebenen Ansätze genutzt werden kann.

[0167] Das Verfahren umfasst allgemein die Erzeugung einer magnetischen Aufzeichnungsschicht 1008, die gekapselte Nanopartikel, die jeweils zumindest einen von einem aromatische Polymer eingekapselten magnetischen Nanopartikel aufweisen, und ein polymeres Bindemittel aufweist, das die gekapselten Nanopartikel bindet.

[0168] Bei einem Ansatz schließt die Erzeugung der Aufzeichnungsschicht 1008 das Erwärmen der magnetischen Nanopartikel und des aromatischen Polymer auf eine Temperatur ein, die eine Suspension der magnetischen Nanopartikel in dem aromatischen Polymer ergibt. Im Allgemeinen liegt bei den meisten aromatischen Polymeren die Temperatur abhängig von dem verwendeten aromatischen Polymer in einem Bereich von etwa 200 Grad Celsius bis etwa 538 Grad Celsius.

[0169] Wenn das aromatische Polymer eine einfache aromatische Struktur aufweist, kann eine Temperatur von weniger als 200 Grad Celsius verwendet werden. Die relativen Mengen an magnetischen Nanopartikeln und aromatischem Polymer in der Suspension werden vorzugsweise so ausgewählt, dass die in dem vorhergehenden Abschnitt aufgeführten Eigenschaften gewährleistet sind sowie die Entstehung von Anhäufungen von Nanopartikeln vermieden wird.

[0170] Ein organisches Lösungsmittel kann zur Erzeugung einer Suspension, die eine Clusterbildung und ein Sintern der Nanopartikel verhindert, mit den Nanopartikeln und dem aromatischen Polymer gemischt werden. Derartige Lösungsmittel können geschmolzene aromatische Lösungsmittel wie Phenanthren einschließen. Vorzugsweise ist das Lösungsmittel eines, das nicht zu oxidativen Reaktionen mit den magnetischen Nanopartikeln führt. Toluol oder dergleichen können ebenfalls hinzugegeben werden, um das Gemisch weiter in Richtung einer Emulsion zu verschieben.

[0171] Bei einigen Ansätzen werden die gekapselten Partikel pyrolysiert, wodurch sich ein magnetischer Nanopartikel ergibt, der in eine Kohlenstoffhülle eingekapselt ist.

[0172] Die warme Suspension aus magnetischen Nanopartikeln und aromatischem Polymer wird zur Erzeugung eines Gemischs mit einem polymeren Bindemittel und einem Lösungsmittel gemischt. Vorzugsweise wird Ultraschalldispersion zur Erzeugung einer Emulsion verwendet. Diese Technik der Synthese gekapselter Nanopartikel und der Polymereinkapselung eliminiert vorteilhafterweise die Notwendigkeit des Mahlens und der Redispersion aus aggregierten Anhäufungen von Partikeln, die bei herkömmlichen Fertigungstechniken typisch ist.

[0173] Allgemein sollte das Lösungsmittelgemisch eine oder mehrere und vorzugsweise sämtliche der folgenden Eigenschaften bieten: das flüchtigste Lösungsmittel (das erste, das beim Trocknen verschwindet) veranlasst ein Aufquellen des polymeren Bindemittels, das zweite oder letzte Lösungsmittel, das beim Trocknen verschwindet, ist idealerweise ein schlechtes Lösungsmittel für das Bindemittel, damit die Lösung beim Trocknen Theta-Zustände dieses Bindemittels durchläuft und ein Kollabieren des Bindemittels um das Pigment erzwingt, statt dass es beim Trocknen schrumpft, was zu einer unerwünschten Spannung in der fertiggestellten Beschichtung führt. Das letzte Lösungsmittel, das beim Trocknen verschwindet und für das Bindemittel ein Nicht-Lösungsmittel ist, erzwingt ein Aufspulen der aufgequollenen Ketten zu ihrem als Theta-Zustand bezeichneten Zustand mit minimalem freien Volumen bei seinem Übergang von einer guten Solvatisierung durch das erste Lösungsmittel zu seiner Umschließung durch eine nichtlösungsmittelreiche Umgebung beim Trocknen. Die Schicht ist am stabilsten, wenn sich das polymere Bindemittel in dem Theta-Zustand befindet, und dies ist der Punkt, an dem das Härten erfolgen sollte. Eine UV-Härtung wird aufgrund der Geschwindigkeit, mit der das Härten erfolgt, bevorzugt, wenn das polymere Bindemittel nahe an seinem Theta-Zustand ist.

[0174] Ein bevorzugtes Lösungsmittel ist ein Wasser- und THF-Lösungsmittelsystem in relativen Konzentrationen, die das Lösungsmittelsystem überwiegend azeotropisch macht, mit einem geringfügigen Überschuss an Wasser, um zu erzwingen, dass die endgültig trocknende Beschichtung beim Trocknen Theta-Zustände durchläuft. Das THF verschwindet aufgrund seiner höheren Flüchtigkeit als Wasser zuerst. Dass das organische Lösungsmittel zuerst verschwindet, ermöglicht ein Kollabieren der Koaleszenz des Films und eine Verringerung der Spannung. Das Wasser dominiert dann den Lösungsmittelübergang, wodurch eine Annäherung des Polymer an Theta-Zustände ermöglicht wird.

[0175] Bei weiteren Ansätzen kann das System von Wasser dominiert sein, so dass die Beschichtung eine echte Emulsion ist, wobei das absorbierte Bindemittel als Emulgator wirkt sowie das Kautschukphasenharz in der endgültigen Beschichtung gewährleistet. Bei weiteren Ansätzen können die brauchbaren Lösungsmittel Gemische flüchtiger polarer organischer Verbindungen mit höher siedenden Nicht-Lösungsmitteln für die Bindemittel wie MEK/Toluol, Aceton-/Methylisobutylketon, etc. einschließen.

[0176] Die resultierende Emulsion/das Lösungsmittel wird auf eine Struktur wie die vorstehend genannte Unterschicht 1006 oder ein anderes Substrat aufgebracht. Jede geeignete Technik kann zum

Aufbringen der Emulsion/des Lösungsmittels verwendet werden. Ein bevorzugte Technik ist eine speziell entwickelte Niederdruck-Hochvolumen-Sprühbeschichtung, die eine schnelle, gleichmäßige Aufbringung ohne die für eine Bürstenstrichbeschichtung typischen Schlieren oder Stärkeschwankungen und eine Modulation der Übergänge gewährleistet, die bei diesen sehr dünnen Beschichtungen aus Klingenbeschichtungsverfahren mit hoher Scherung oder Formextrusionsbeschichtungsverfahren resultieren.

[0177] Das aufgebrachte Gemisch wird zur Entfernung zumindest eines Teils des Lösungsmittels teilweise getrocknet oder im Wesentlichen vollständig getrocknet. Das polymere Bindemittel kollabiert auf die gekapselten Mikropartikel, wenn das Lösungsmittel beim Trocknen entfernt wird. Bei einem Aspekt, bei dem das Bindemittel hydrophob ist, ist das letzte Lösungsmittel, das aus dem aufgebrachten Gemisch verschwindet, beispielsweise Wasser, ein Nicht-Lösungsmittel für das Bindemittel, wodurch ein Kollabieren des hydrophoben Bindemittels auf den Pigmenten erzwungen wird. Dadurch wird auch die Restspannung in der trockenen Beschichtung minimiert. Das Trocknen erfolgt vorzugsweise unter Verwendung von Druckluft unter Niedertemperaturbedingungen (weniger als etwa 75 °C).

[0178] Das zumindest teilweise getrocknete aufgebrachte Gemisch wird zur Begrenzung einer weiteren Ausdehnung oder Kontraktion in den wie beschichtet spannungsfreien Schichten bei der anschließenden Verarbeitung und Beanspruchung durch Umwelteinflüsse zur Erzeugung einer dünnen, hoch dichten Aufzeichnungsschicht 1008 mit dicht gepackten magnetischen Nanopartikeln gehärtet. Bei einem Ansatz wird das zumindest teilweise getrocknet aufgebrachte Gemisch bestrahlt. So wird zum Veranlassen einer Vernetzung des polymeren Bindemittels beispielsweise UV-Licht oder eine andere bekannte Bestrahlung angewendet. Bei einem weiteren Ansatz wird ein anderer Härtingsprozess wie durch Erwärmen zur Verstärkung einer Reaktion thermisch reaktiver funktionaler Gruppen in der gekapselten Nanopartikelschicht mit der kautschukartigen Bindemittelphase des getrockneten Films ausgeführt.

[0179] Als eine Option kann ein Schmierstoff bei der Erzeugung der Aufzeichnungsschicht 1008 beigegeben werden, wobei die Schmierstoffmoleküle 1030 bei der Erzeugung der Aufzeichnungsschicht 1008 schließlich mit einer Oberfläche der Aufzeichnungsschicht 1008 gekoppelt werden. Die Schmierstoffmoleküle können von der Oberfläche gebunden, in die Oberfläche eingebettet oder beides werden. Erneut trägt eine Menge der Schmierstoffmoleküle längs der Oberfläche der Aufzeichnungsschicht 1008 vorzugsweise weniger als eine Menge zur Erzeugung

eines durchgehenden Schmierstofffilms längs der Oberfläche der Aufzeichnungsschicht 1008. Bei einem beispielhaften Ansatz sind die Schmierstoffmoleküle längs der Oberfläche der Aufzeichnungsschicht 1008 im Mittel von Mitte zu Mitte um einen Abstand in einem Bereich von etwa 2 bis etwa 15 molekularen Radien voneinander entfernt positioniert.

[0180] Bei einem Ansatz werden Schmierstoffmoleküle 1030 in der organischen Lösungsmittelphase dispergiert und beim Trocknen zur Oberfläche transportiert, wo sie beim Härten so auf die Oberfläche aufgepropft werden, dass sie ohne eine Bewegung der Schmierstoffmoleküle zu den Laufwerkslager- und Kopfflächen eine stabile reibungsarme Schicht bilden. Dies reduziert wiederum die Kopfkontamination.

[0181] Bei weiteren Ansätzen wird ein Schmierstoff auf die äußere Oberfläche der fertiggestellten Aufzeichnungsschicht 1008 aufgebracht.

[0182] Bei einem veranschaulichenden Beispiel wird eine überwiegend monodisperse Suspension mit einem aromatischen Polymer gekapselter magnetischer Nanopartikel wie Co_3O_4 , CoFe , Fe_3O_4 , oder $\text{Co}(\text{fcc})$ mit einem kautschukartigen Polymer mit strahlungshärtbaren Endgruppen und Seitenketten mit einer zur Gewährleistung einer kautschukartigen Phase bei der Bindung an strahlungshärtende Endgruppen an den aromatischen Einkapselungsschichten der dispergierten Nanopartikel beim Härten ausreichenden Kettenlänge kombiniert. Die resultierende Suspension wird zur Erzeugung einer dicht gepackten, dünnen Aufzeichnungsschicht 1008 verwendet, in der eine hoch dichte Aufzeichnung aufgezeichnet werden kann. Die mit der aromatischen Einkapselungsschicht verbundene kautschukartige Kette endet mit einer funktionalen Acryl- oder Methacrylgruppe, die zur Erzeugung einer hochvernetzten Matrix, in der die magnetischen Partikel vollständig von einem durch Aufquellen der kautschukartigen Phase in einer zusammenhängenden Beschichtung gehaltenen aromatischen glasartigen Polymer eingekapselt sind, UV-gehärtet werden kann, z.B. dem Lösungsmittel beigefügtem acrylterminiertem Polyester mit geringem Molekulargewicht. Die UV-Härtung der vom Lösungsmittel aufgequollenen Beschichtung und des Polyesters erfolgt beim Trocknen.

[0183] Gegenüber gegenwärtigen magnetischen Aufzeichnungsmedien schließen verschiedene Vorteile eines magnetischen Aufzeichnungsbands mit der neuen Unterschicht und der darauf ausgebildeten neuen Aufzeichnungsschicht eines oder mehrere unter einer dünneren Aufzeichnungsschicht, einer gleichmäßigeren Verteilung der magnetischen Partikel, einem glatteren, weniger unklaren Übergang

zwischen der Unterschicht und der Aufzeichnungsschicht, einer höheren Glasübergangstemperatur, einem verminderten Auftreten oder einem fast völligen Ausschluss von Lücken in den magnetischen Partikeln in der Aufzeichnungsschicht, etc. ein, sind jedoch nicht darauf beschränkt. Jeder dieser Vorteile führt zu einem magnetischen Aufzeichnungsband, das Eigenschaften wie eines oder mehrere unter einer höheren dimensionalen Stabilität, einer größeren Reißfestigkeit, einer höheren Aufzeichnungsauflösung bis und unter 1 nm, weniger Rauschen, wodurch sich ein höheres Signal-Rausch-Verhältnis ergibt, etc. aufzeigt, jedoch nicht darauf beschränkt ist.

[0184] Es wird deutlich, dass die unterschiedlichen Merkmale der vorstehenden Systeme und/oder Methodologien auf jede Art und Weise kombiniert werden können, wodurch zahlreiche Kombinationen aus den vorstehend vorgelegten Beschreibungen entstehen.

[0185] Es versteht sich ferner, dass Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in Form eines Dienstes bereitgestellt werden können, der im Auftrag eines Kunden bereitgestellt wird.

[0186] Die hier offenbarten erfinderischen Konzepte wurden zur Veranschaulichung der Vielzahl ihrer Merkmale anhand mehrerer beispielhafter Szenarios, Ausführungsformen und/oder Implementierungen beispielhaft vorgestellt. Es sollte gewürdigt werden, dass die allgemein offenbarten Konzepte als modular zu betrachten sind und in jeder Kombination, Umsetzung oder Synthese derselben implementiert werden können. Zudem ist auch jede Modifikation, jede Abänderung oder jedes Äquivalent der vorliegend offenbarten Merkmale, Funktionen und Konzepte, die bzw. das für Durchschnittsfachleute bei der Lektüre der vorliegenden Beschreibungen offensichtlich wird, als innerhalb des Umfangs dieser Offenbarung liegend zu betrachten.

[0187] Die Beschreibungen der unterschiedlichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurden zum Zwecke der Veranschaulichung vorgelegt, sollen jedoch nicht erschöpfend oder auf die offenbarten Ausführungsformen beschränkt sein. Zahlreiche Modifikationen und Varianten sind für Durchschnittsfachleute offensichtlich, ohne dass vom Umfang der beschriebenen Ausführungsformen abgewichen würde. Die hier verwendete Terminologie wurde zur bestmöglichen Erläuterung der Prinzipien der Ausführungsformen, der praktischen Anwendung oder der technischen Verbesserung gegenüber auf dem Markt zu findenden Technologien oder zum Ermöglichen des Verständnisses der hier offenbarten Ausführungsformen durch andere Durchschnittsfachleute gewählt.

Patentansprüche

1. Produkt, das aufweist:
eine Unterschicht eines magnetischen Aufzeichnungsmediums, wobei die Unterschicht aufweist:
gekapselte Nanopartikel, die jeweils einen von einem aromatischen Polymer eingekapselten magnetischen Nanopartikel aufweisen, und
ein polymeres Bindemittel, das die gekapselten Nanopartikel bindet; und
eine über der Unterschicht ausgebildete magnetische Aufzeichnungsschicht.
2. Produkt nach Anspruch 1, wobei die magnetischen Nanopartikel eine mittlere magnetische Feldstärke von weniger als 200 Oersted (Oe) aufweisen.
3. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine mittlere Konzentration der gekapselten Nanopartikel in der Unterschicht mindestens 35 Vol-% beträgt.
4. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Unterschicht **dadurch gekennzeichnet** ist, dass sie in einer grafischen Darstellung eines Zugspeichermoduls (E') in Bezug auf die Temperatur eine Glasübergangsanfängstemperatur von mindestens 35° Celsius aufweist.
5. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Unterschicht elektrisch leitfähig ist.
6. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die magnetischen Nanopartikel Chromoxid aufweisen.
7. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein mittlerer Durchmesser der magnetischen Nanopartikel in einem Bereich von 2 Nanometern bis 15 Nanometern liegt.
8. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das aromatische Polymer ein Carbamat enthält.
9. Produkt nach Anspruch 8, wobei das aromatische Polymer Methylenbisdiphenylcarbamat enthält.
10. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine mittlere Stärke des aromatischen Polymers in einem Bereich von 1 Nanometer bis 8 Nanometern liegt.
11. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das polymere Bindemittel ein Acrylpolymer enthält.
12. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine mittlere Stärke der Unterschicht weniger als 1 Mikron beträgt.
13. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der Unterschicht keine Abriebpartikel vorhanden sind.
14. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem Produkt keine Abriebpartikel vorhanden sind.
15. Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Aufzeichnungsschicht im Wesentlichen nicht mit der Unterschicht vermischt ist.
16. Magnetisches Aufzeichnungsband, das das Produkt nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.
17. Bandkassette, die aufweist:
ein Gehäuse; und
ein magnetisches Aufzeichnungsband nach Anspruch 16, das zumindest teilweise in dem Gehäuse untergebracht ist.
18. Bandkassette nach Anspruch 17, die einen mit dem Gehäuse gekoppelten nicht flüchtigen Speicher aufweist.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

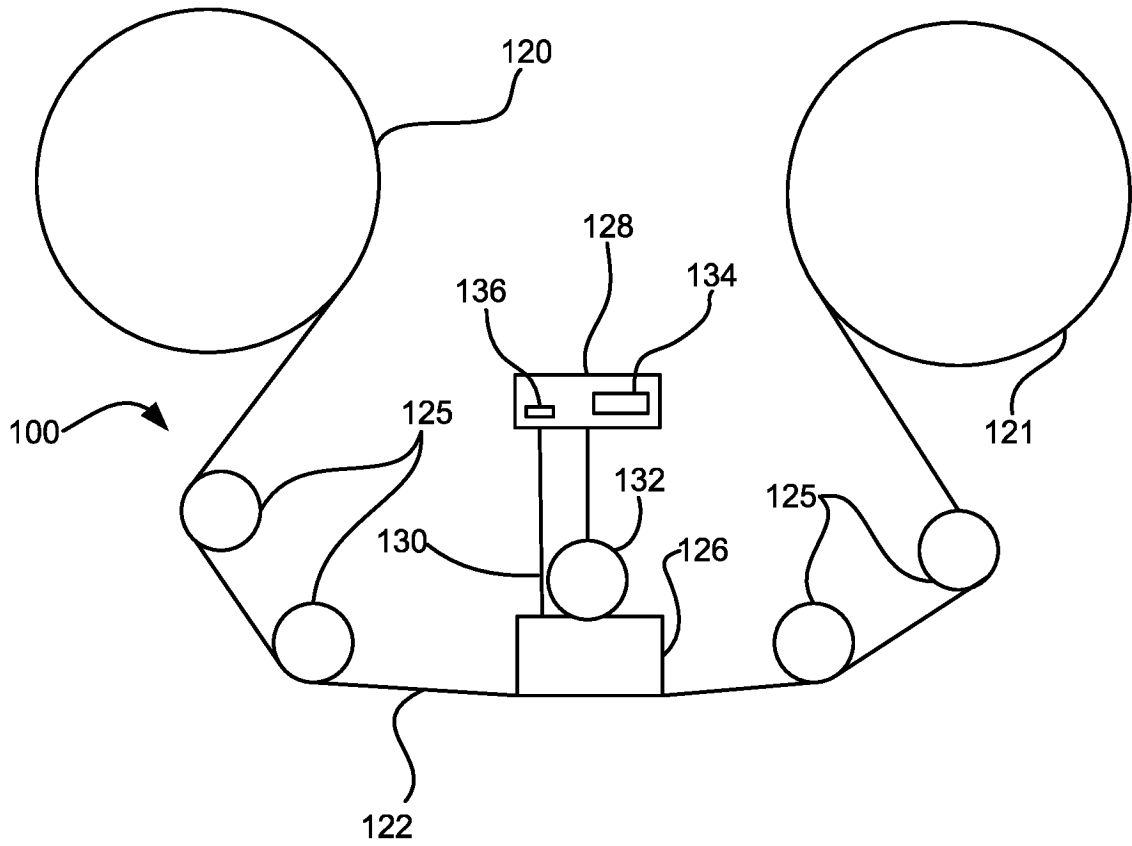


FIG. 1A

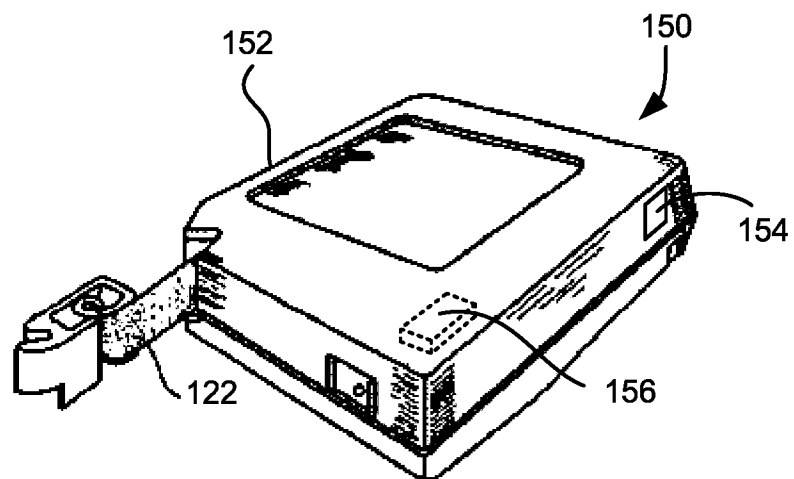


FIG. 1B

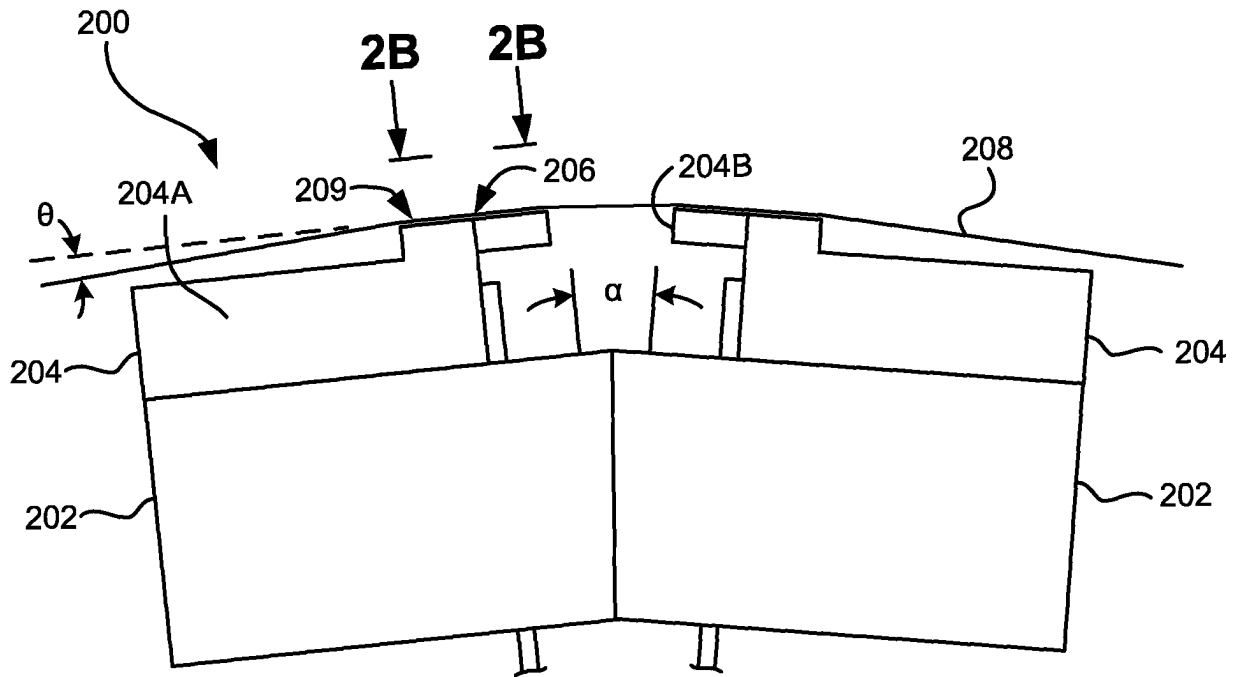


FIG. 2A

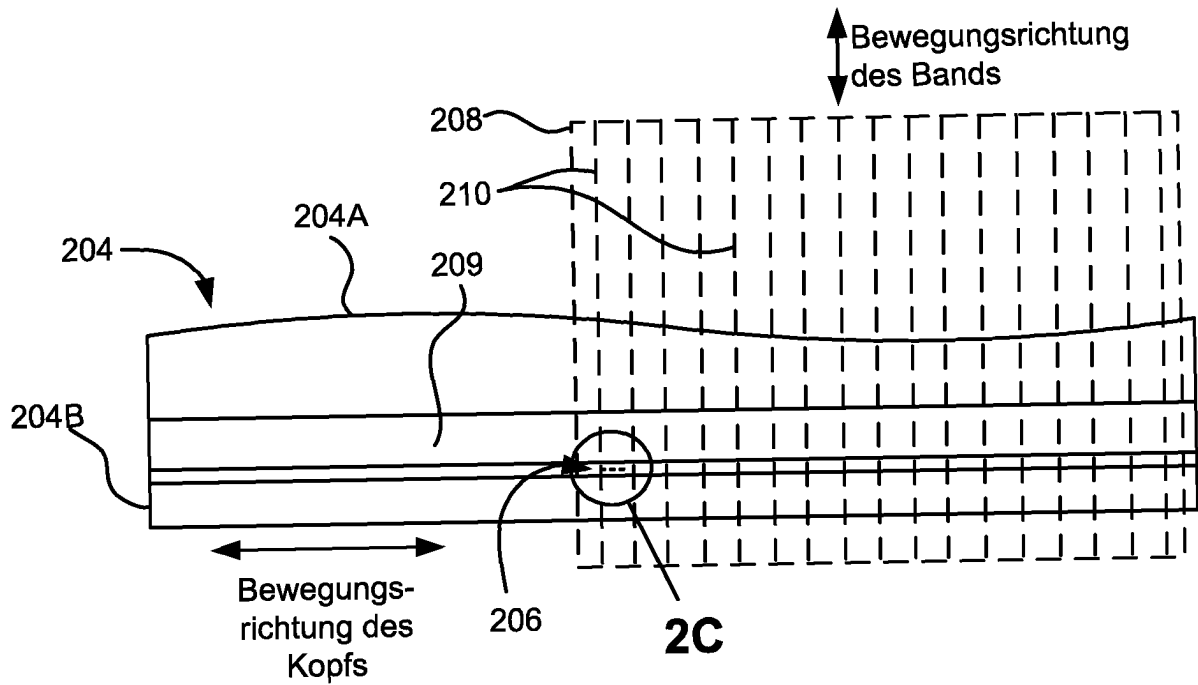


FIG. 2B

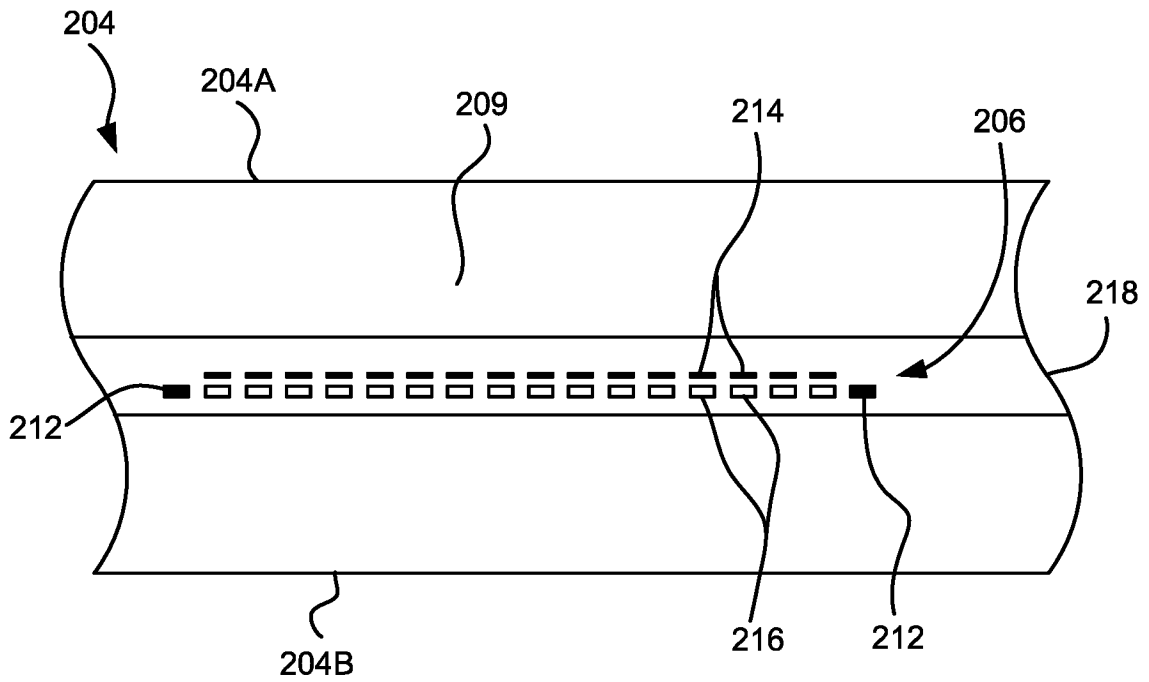


FIG. 2C

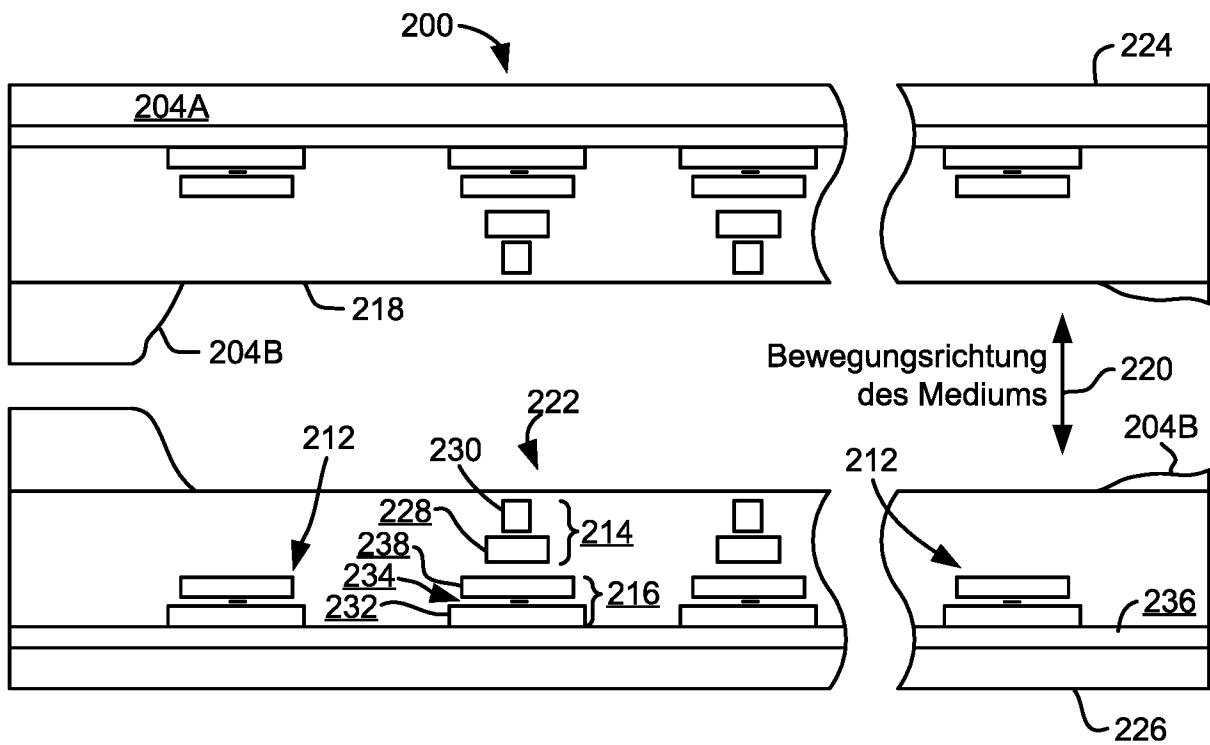


FIG. 2D

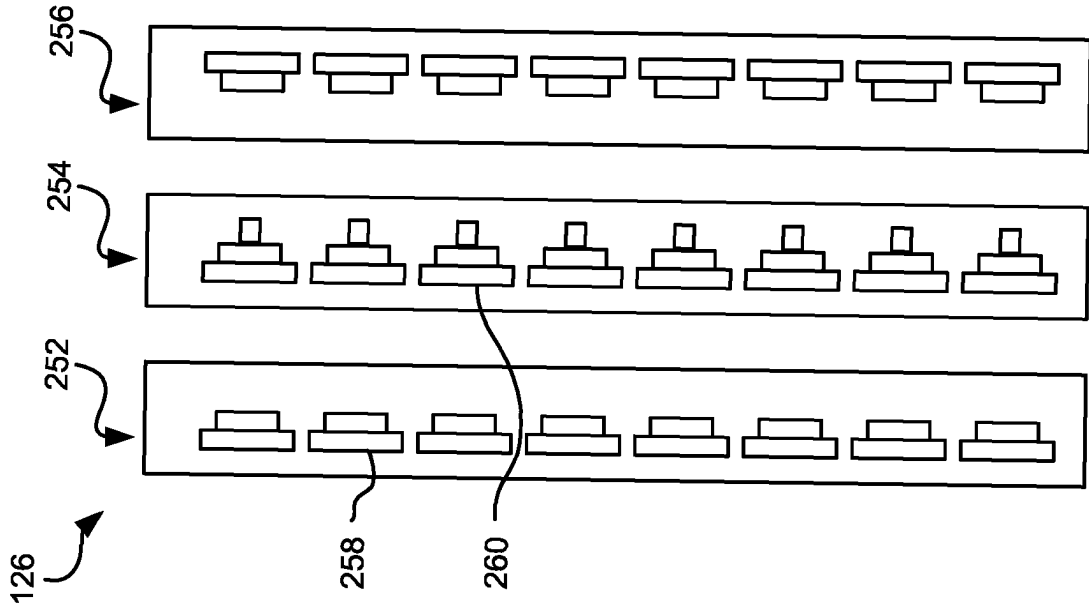


FIG. 4

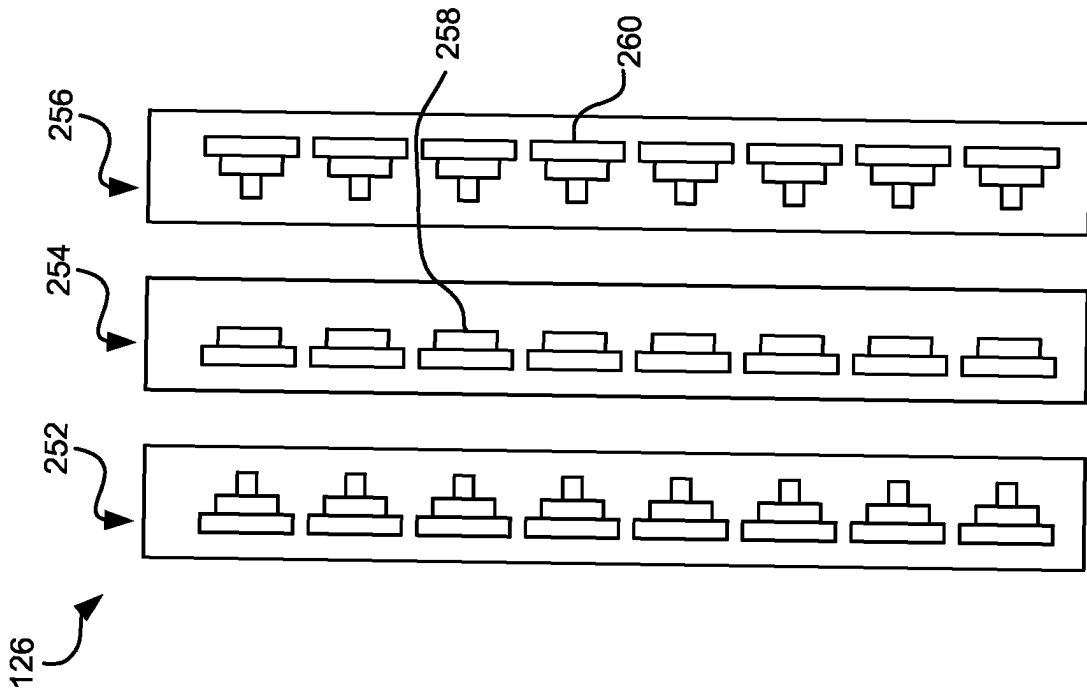


FIG. 3

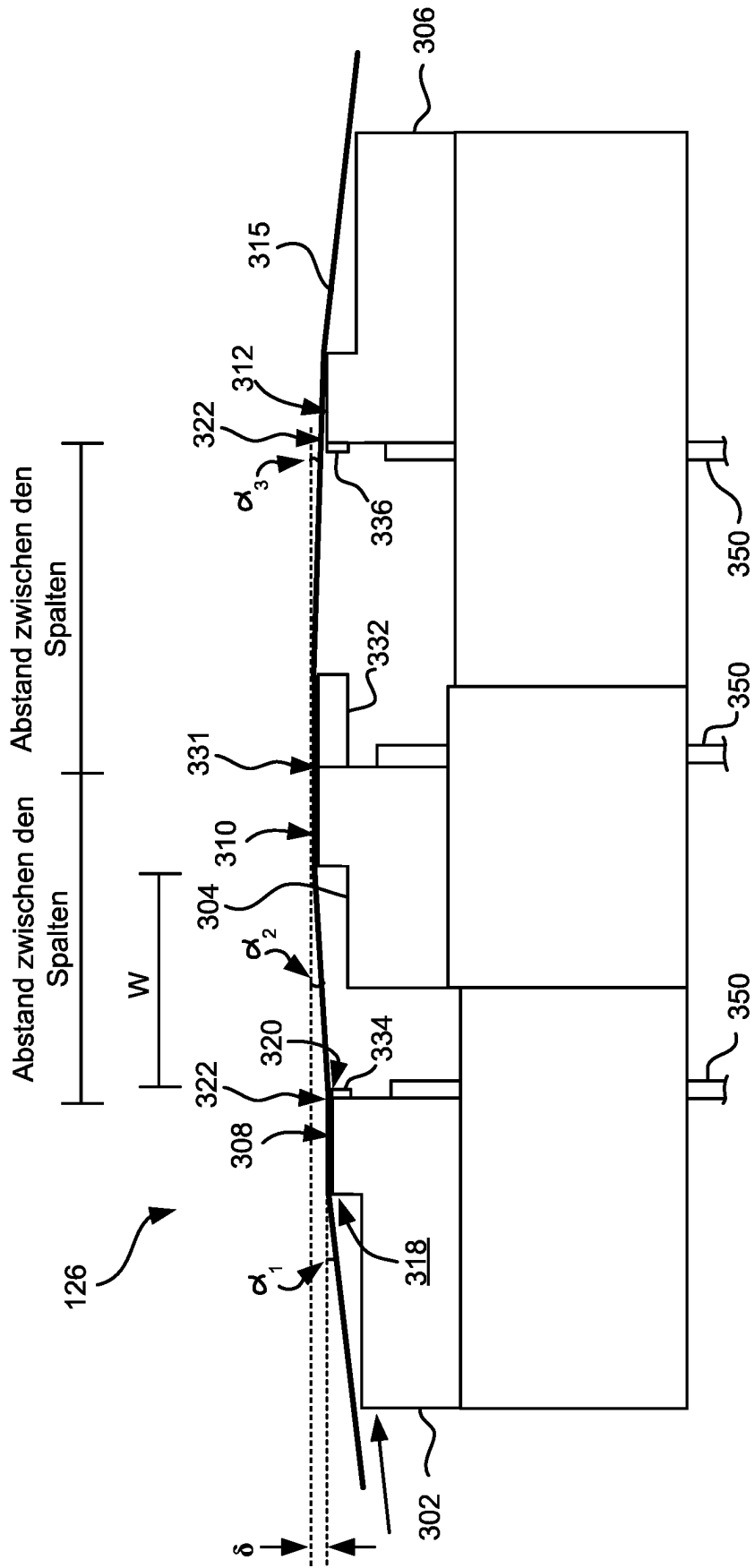


FIG. 5

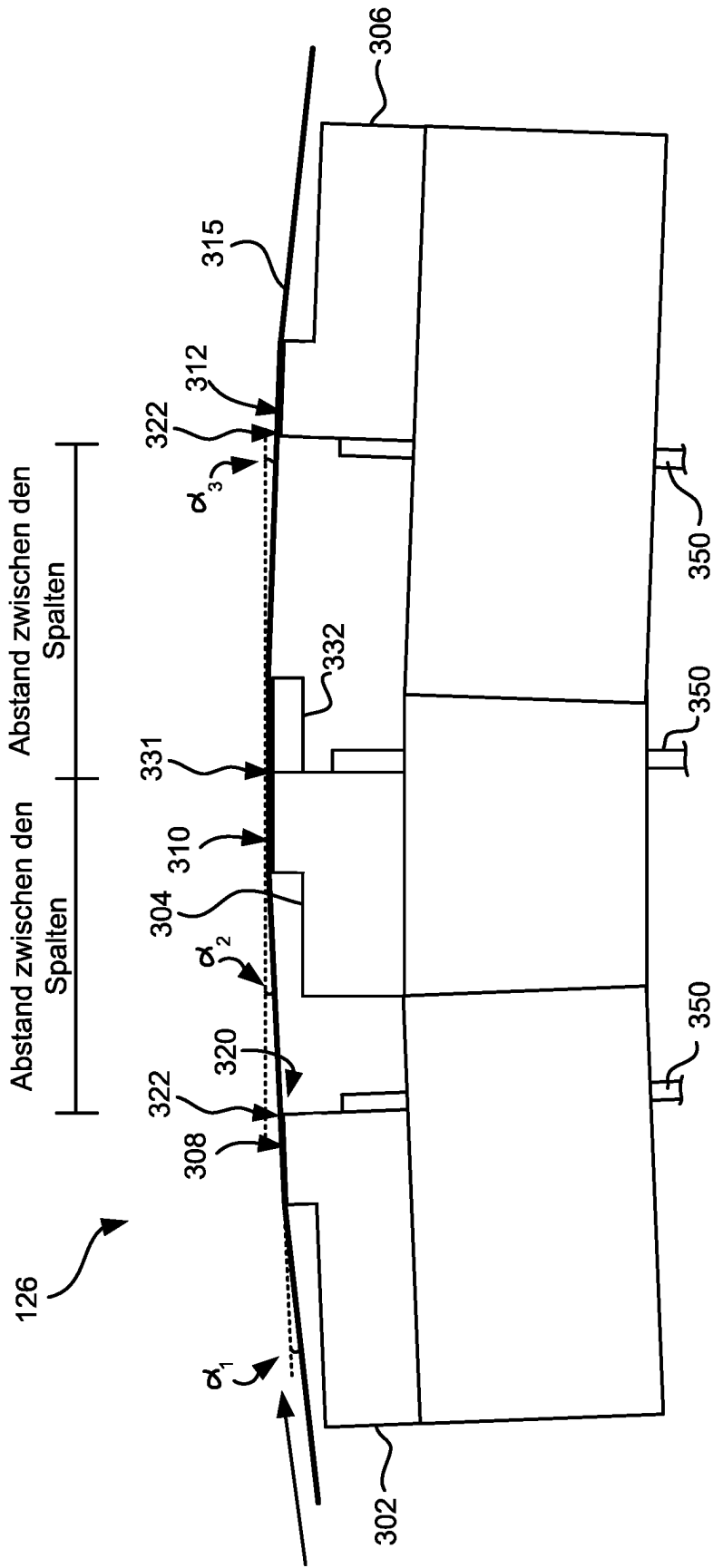


FIG. 6

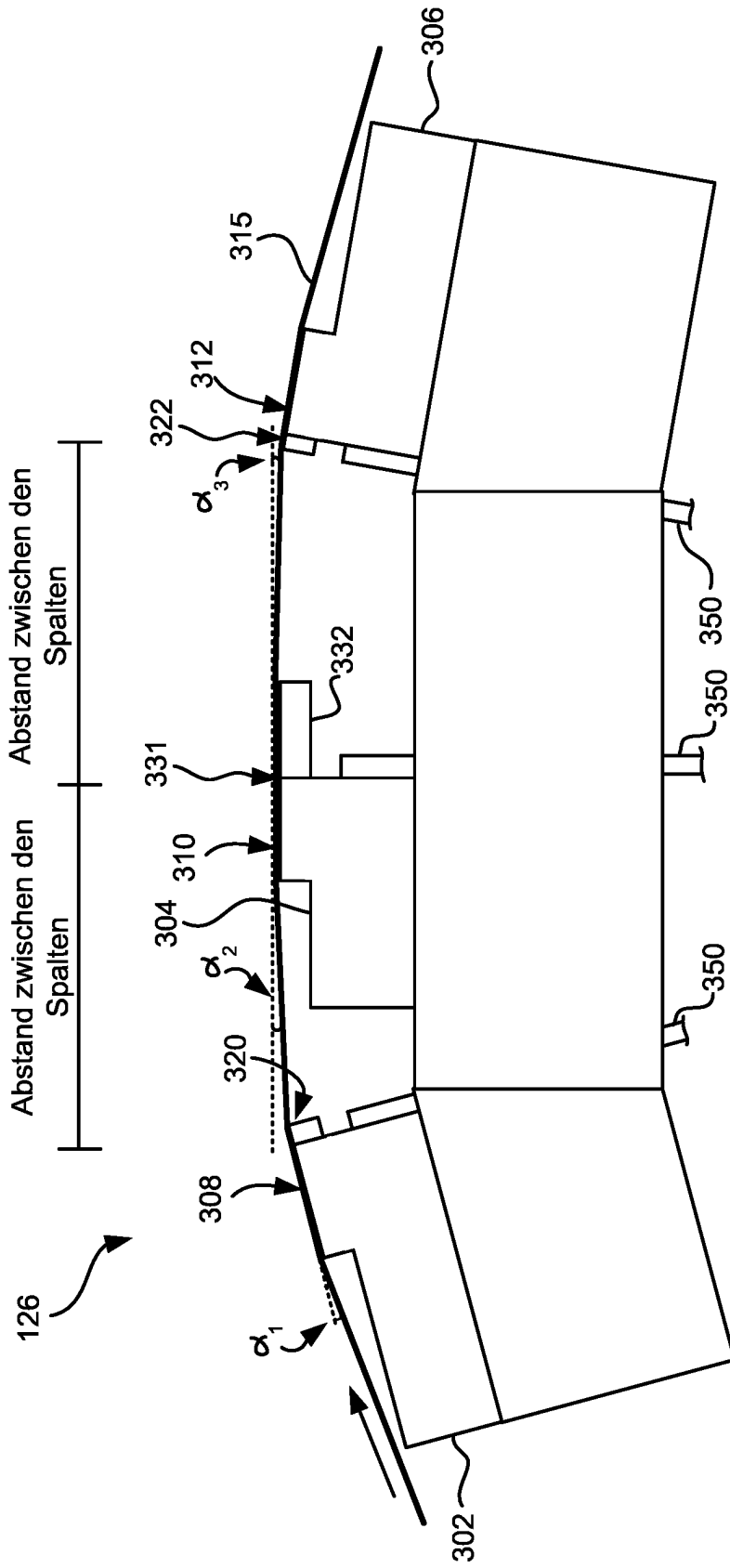
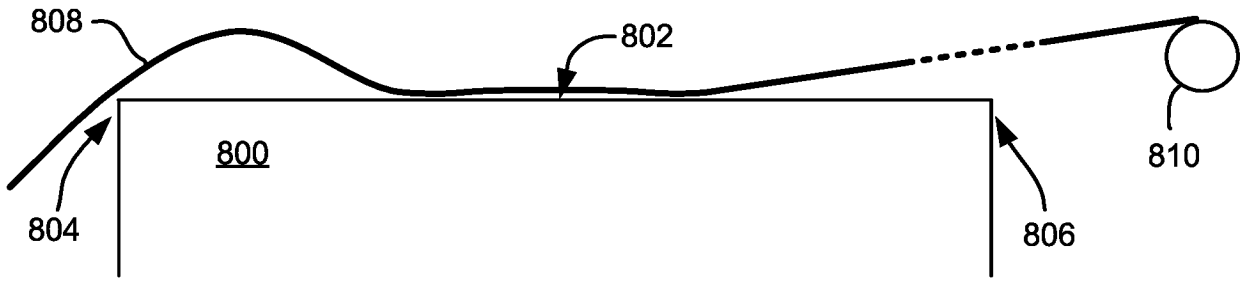
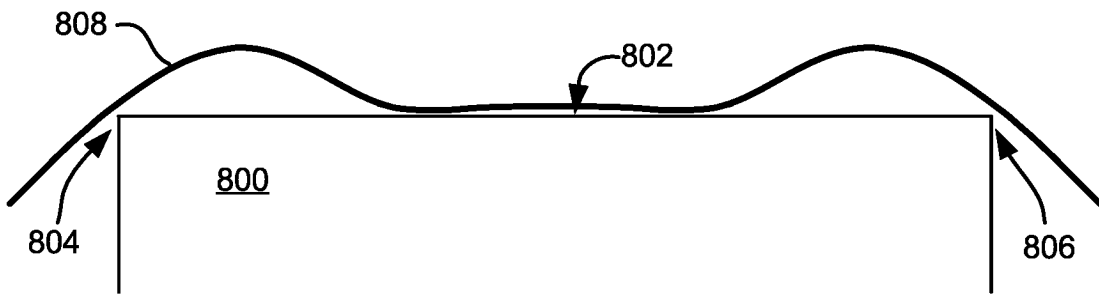
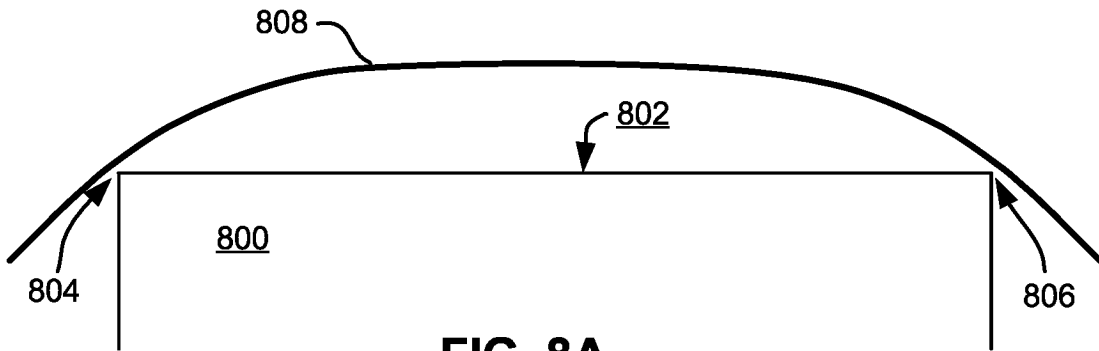


FIG. 7



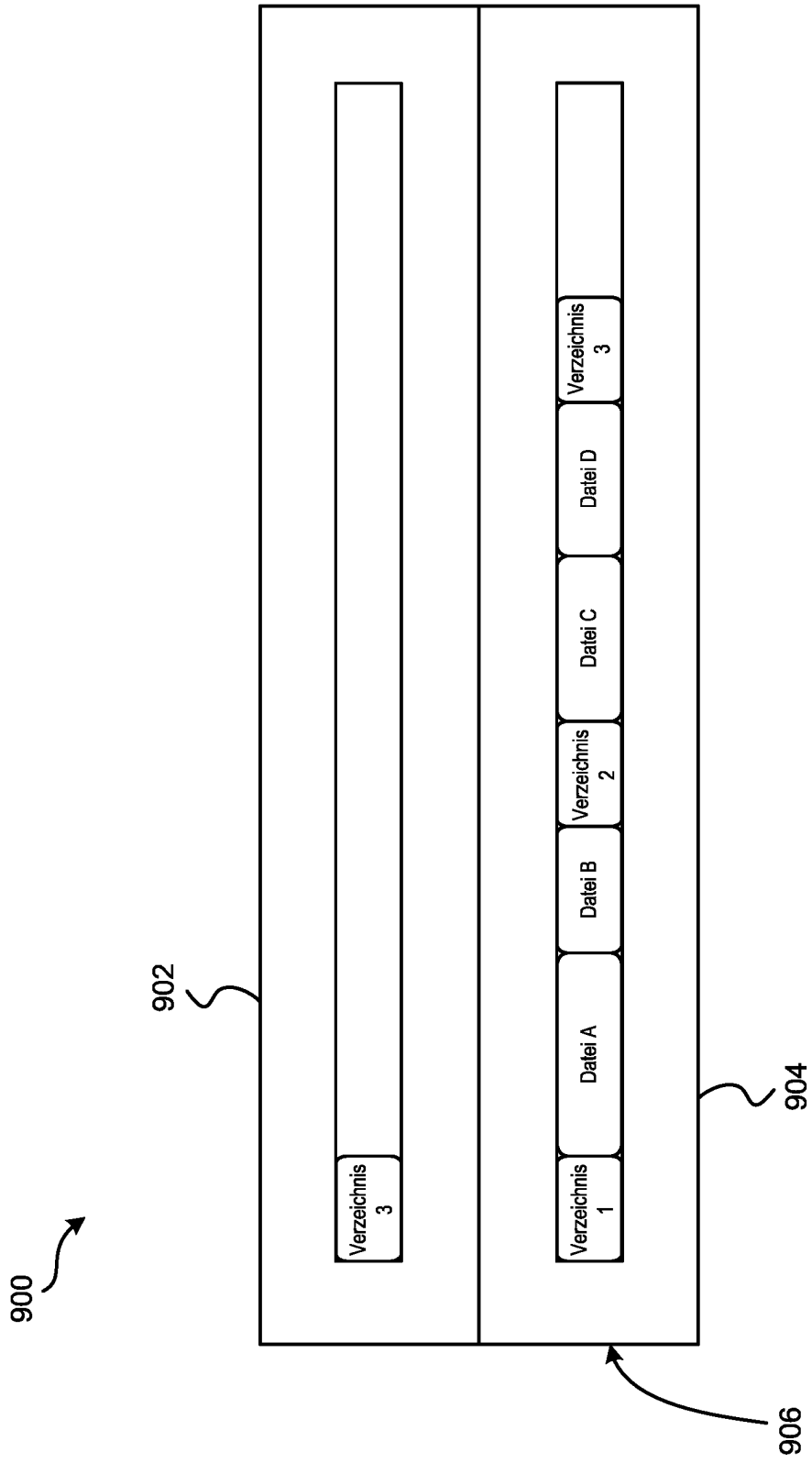


FIG. 9

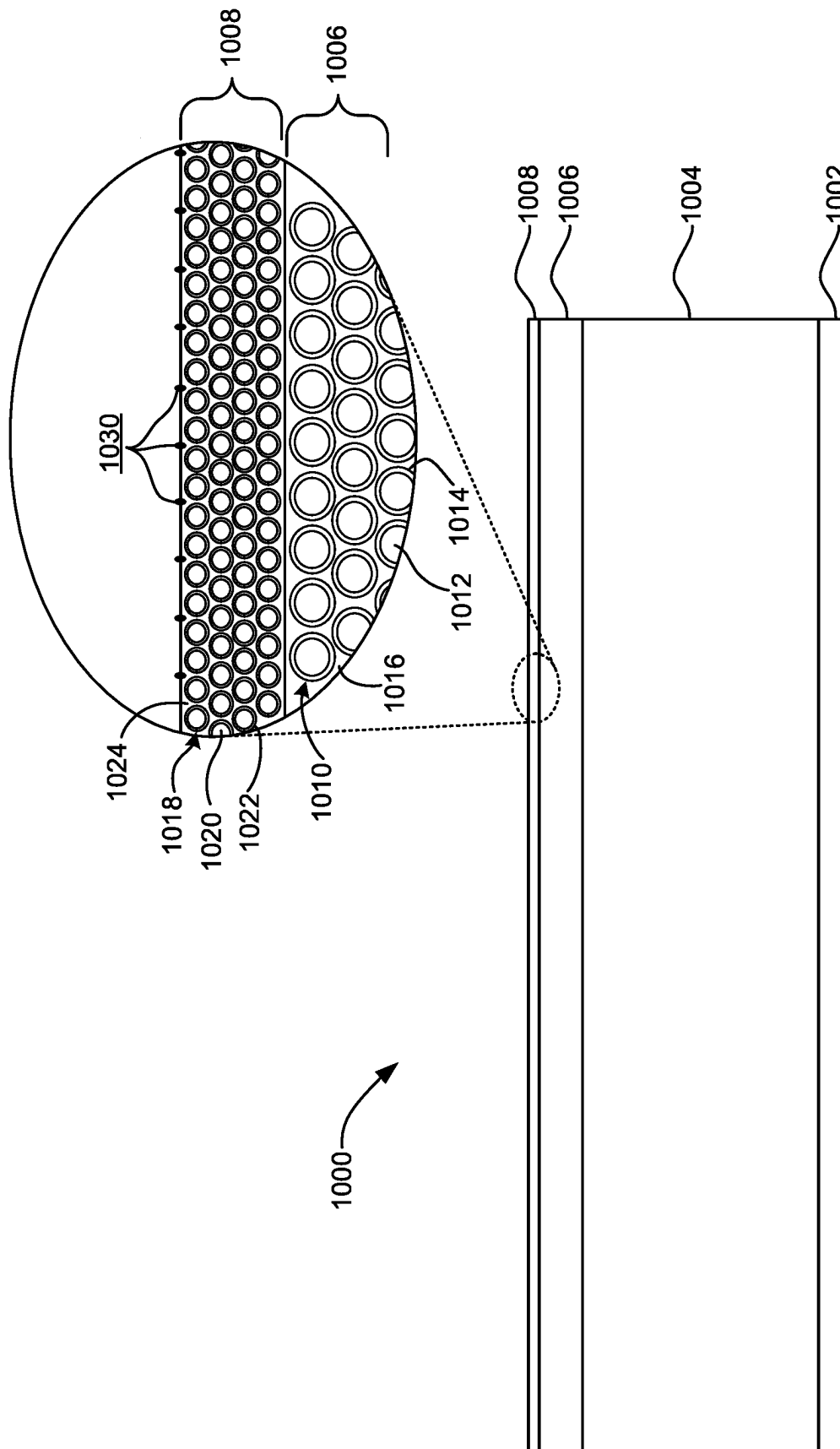


FIG. 10

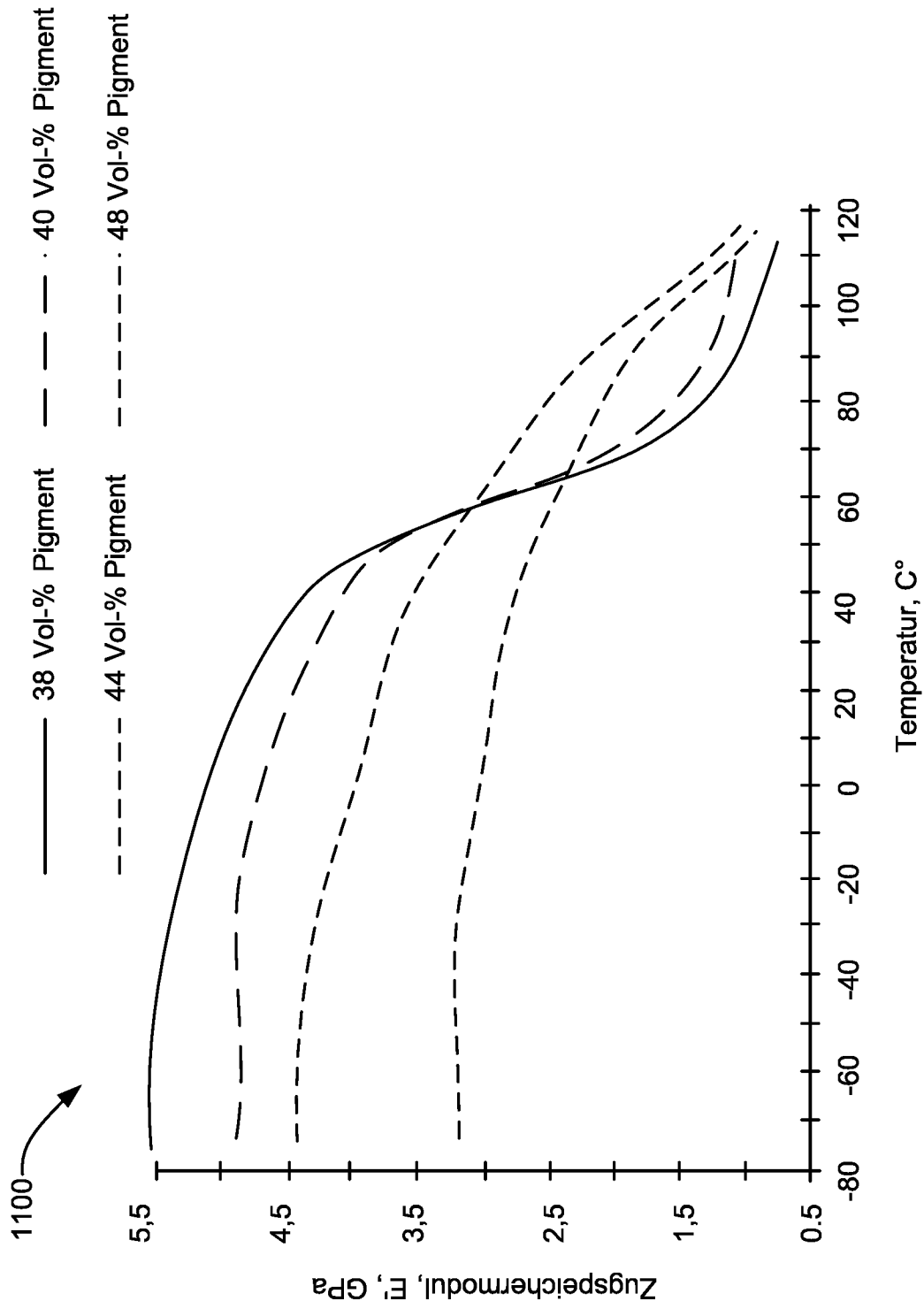


FIG. 11

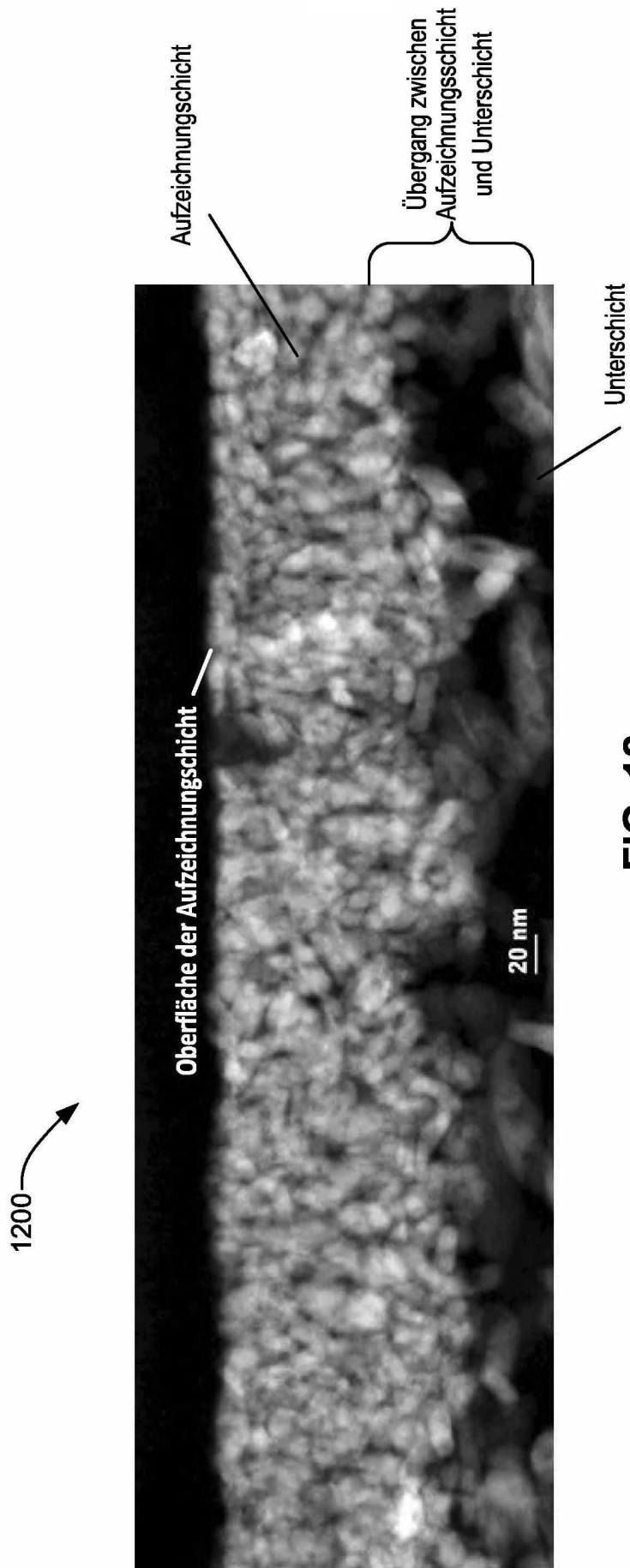


FIG. 12