



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 20 618 T2** 2009.06.10

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 376 543 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 20 618.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 253 992.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.06.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.01.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **30.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.06.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G11B 5/39** (2006.01)

G11B 5/31 (2006.01)

H01L 43/00 (2006.01)

H01F 10/32 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

183329 25.06.2002 US

(73) Patentinhaber:

Quantum Corp., Milpitas, Calif., US

(74) Vertreter:

Henkel, Feiler & Hänzel, 80333 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB

(72) Erfinder:

**Wu, Andrew L., Shrewsbury, Massachussets
01545, US**

(54) Bezeichnung: **Flussleiter in der Lauffläche eines Magnetowiderstandkopfes**

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

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

Beschreibung**Hintergrund**

[0001] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf Datenspeichersysteme, und insbesondere auf Datenspeichersysteme mit Leseköpfen, die magnetoresistive Sensoren anwenden.

[0002] Bei zunehmender Speicherdichte wird das Magnetfeld, das beim Lesen durch einen magnetoresistiven Sensor in einem Lesekopf eines Datenspeichersystems abgetastet wird, kleiner. Somit besteht ein permanenter Bedarf, die Sensibilität von Lesevorgängen zu verbessern.

[0003] Eine Art und Weise, die Performance eines Lesekopfs zu verbessern, besteht darin, herkömmliche anisotrope magnetoresistive Sensoren (AMR = Anisotropic Magnetoresistive) durch GMR-Sensoren (GMR = Giant Magnetoresistive) zu ersetzen, da GMR-Sensoren eine stärkere Reaktion auf ein Magnetfeld im Vergleich zu AMR-Sensoren bieten. Der GMR- oder "Spin Valve"-Sensor ist durch einen magnetoresistiven Koeffizienten (MR) gekennzeichnet, der wesentlich höher ist als der MR-Koeffizient eines AMR-Sensors. Beim GMR-Sensor ist typischerweise eine Sandwich-Struktur, die aus zwei ferromagnetischen Schichten besteht, welche durch eine dünne, nicht-ferromagnetische Schicht getrennt sind. Eine der ferromagnetischen Schichten wird als "Pinned Layer" bezeichnet, da sie magnetisch in einer feststehenden und unveränderten Richtung durch eine benachbarte anti-ferromagnetische Schicht, die üblicherweise als "Pinning Layer" bezeichnet wird, über eine antiferromagnetische Austausch-Koppelung festgelegt oder ausgerichtet ist. Die andere ferromagnetische Schicht wird als die "freie" oder "unpinned" Schicht bezeichnet, da sich die Magnetisierung in Reaktion auf das Vorhandensein externer Magnetfelder drehen kann. Wenn ein Abtaststrom an den Sensor bei Vorhandensein eines Magnetfelds wie dem von einem magnetischen Speichermedium bereitgestellten angelegt wird, ändert sich der Widerstand des GMR-Sensors und ergibt eine Spannungsänderung aufgrund des angelegten Abtaststroms. Diese Spannungsänderung kann zum Messen und zum Zurücklesen von Information verwendet werden. Ein aus den geeigneten Materialien hergestellter GMR-Sensor bietet eine verbesserte Sensibilität und eine größere Widerstandsänderung als die bei AMR-Sensoren zu beobachtende. Somit wurden GMR-Sensoren zu der bevorzugten Art eines magnetoresistiven Sensors für Datenspeichersysteme, wie z. B. magnetische Platten- und Bandlaufwerke.

[0004] Bestimmte Materialien in dem GMR-Sensor, die an der Kopf-Oberfläche freiliegen (auch als Luftlagerfläche oder "ABS" in Hinblick auf Plattenlaufwerkköpfe und als Bandlagerfläche oder "TBS" in

Hinblick auf Bandlaufwerkköpfe bekannt) sind sehr korrosionsanfällig, was Köpfe, welche GMR-Sensoren einsetzen, gegenüber einer Korrosion in den Umgebungen, in denen sie arbeiten sollen, extrem empfindlich macht. Plattenlaufwerkköpfe, die in einer abgedichteten Umgebung unter Reinraumbedingungen in der Fabrik betrieben werden, sind gegenüber einer Korrosion weniger anfällig als Bandlaufwerkköpfe, die betrieben werden müssen, während sie einer oft sehr rauen umgebenden Atmosphäre ausgesetzt sind. Ferner ist typischerweise die ABS des Plattenlaufwerkkopfs mit einer dünnen Schutzschicht, die hart und verschleißfest ist, an der Luftlagerfläche eines Plattenlaufwerkkopfs beschichtet. Unglücklicherweise lässt die Natur von Bandaufzeichnungen die Schutzüberschicht zu einer ungenügenden Lösung für Bandlaufwerkköpfe werden. Die Bandaufzeichnung beinhaltet immer einen Kontakt zwischen dem Band und dem Kopf, und die Oberfläche des Bandes ist abrasiver als die einer Platte. Infolgedessen trägt sich die Schutzschicht in einer unakzeptablen Zeitspanne ab.

[0005] Die europäische Patentanmeldung Nr. 1176585A2 offenbart einen magnetischen Wiedergabekopf und einen magnetischen Aufzeichnungskopf. Der magnetische Wiedergabekopf ist durch einen GMR-Sensor (Giant Magnetoresistive) oder einen tunneltmagnetoresistiven Sensor (TMR = Tunneling Magnetoresistive) gebildet, sowie einen Flussleiter zum Einleiten eines Magnetflusses in den magnetischen Sensor. Der Flussleiter ist durch ein Material gebildet, welches das Passieren eines Magnetflusses durch dieses bei einer Temperatur von nicht weniger als einer vorbestimmten Temperatur zulässt.

Abriss

[0006] Nach einem Aspekt der Erfindung umfasst ein magnetoresistiver Sensor in einem Bandlaufwerk-Lesekopf mit einer Bandlagerfläche ein magnetoresistives Abtastelement und einen Flussleiter, die auf einer Oberfläche des magnetoresistiven Abtastelements angeordnet sind, um einen Teil der Bandlagerfläche zu bilden.

[0007] Ausführungsformen der Erfindung können eines oder mehrere der folgenden Merkmale aufweisen:

das magnetoresistive Abtastelement kann ein GMR-Element oder ein AMR-Element sein. Das GMR-Element kann eine Zwischen- bzw. Abstandsschicht, eine anti-ferromagnetische Austauschschicht und eine Pinned-Schicht aufweisen, und der Flussleiter kann die Oberfläche des GMR-Elements bis zu dem Ausmaß bedecken, dass der Flussleiter ein Freiliegen der Zwischen- bzw. Abstandsschicht der anti-ferromagnetischen Austausch- und Pinned-Schichten auf der Bandlagerfläche verhindert.

[0008] Der Flussleiter kann aus einem durchlässigen Material sein, und das durchlässige Material kann eine Nickel-Eisen-Legierung sein. Nach einem anderen Aspekt der Erfindung umfasst ein Bandlaufwerk einen Schreibabschnitt und einen Leseabschnitt, wobei der Lesekopfabschnitt einen magnetoresistiven Sensor mit einer Bandlagerfläche aufweist. Der magnetoresistive Sensor umfasst ein magnetoresistives Abtastelement und einen an einer Oberfläche des magnetoresistiven Abtastelements zur Bildung eines Abschnitts der Bandlagerfläche des magnetoresistiven Sensors angeordneten Flussleiter.

[0009] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst ein Bandlaufwerk ein Magnetband, einen Lesekopf zum Lesen von auf dem Magnetband aufgezeichnete Leseinformation sowie einen magnetoresistiven Sensor in dem Lesekopf. Der magnetoresistive Sensor hat eine Bandlagerfläche und umfasst ein magnetoresistives Abtastelement sowie einen Flussleiter, der auf einer Oberfläche des magnetoresistiven Abtastelements angeordnet ist, um einen Abschnitt der Bandlagerfläche des magnetoresistiven Sensors zu bilden.

[0010] Nach einem noch anderen Aspekt der Erfindung umfasst ein Verfahren zum Herstellen eines Dünnschicht-Lesekopfs die Bereitstellung einer GMR-Schicht auf einer Oberfläche einer Lese-spalt-Isolierschicht und die Behandlung der GMR-Schicht, um ein GMR-Abtastelement mit einem darauf angeordneten Flussleiter herzustellen, wobei der Flussleiter einen Teil einer Bandlagerfläche des Dünnschicht-Lesekopfs bildet.

[0011] Spezielle Implementierungen der Erfindung können einen oder mehrere der folgenden Vorteile bieten. Der Flussleiter gestattet es, GMR-Sensoren in Bandlaufwerkköpfen zu verwenden, und zwar ohne die korrosionsanfälligen Materialien wie Cu und in geringerem Grad CoFe, und die AFM-Austauschmaterialien, die an der TBS freiliegen. Sie gestattet auch, dass die GMR-Elementstreifenhöhe durch hochpräzise photolithographische Techniken im Gegensatz zu einem weniger steuerbaren mechanischen L äpp-Vorgang definiert werden können, der typischerweise bei der Herstellung von GMR-Sensoren verwendet wird. Der Flussleiter kann aus hochpermeablem Material, wie z. B. einem Nickel-Eisen-Flussmaterial (NiFe), hergestellt sein, womit die einfache Flussleitung zu den GMR-Sensoren bereitgestellt wird. Da der Flussleiter in einer einzelnen bzw. einzigen Domäne gehalten wird (das heißt, es gibt keine Domäne-Wandbewegungen), kann außerdem der Fluss freier geleitet werden.

[0012] Andere Merkmale und Vorteile der Erfindung gehen aus der folgenden detaillierten Beschreibung und aus den Ansprüchen hervor.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0013] Es zeigen:

[0014] [Fig. 1](#) ein vereinfachtes Diagramm eines Magnetband-Laufwerksystems mit einem Dünnschicht-Lese-/Schreibkopf,

[0015] [Fig. 2](#) eine im Schnitt gehaltene Seitenansicht des Lese-/Schreibkopfs gemäß [Fig. 1](#),

[0016] [Fig. 3](#) eine Ansicht einer Bandlagerfläche eines magnetoresistiven Sensors (MR) in einem Leseabschnitt des Lese-/Schreibkopfs,

[0017] [Fig. 4](#) eine Ansicht der Bandlagerfläche des MR-Sensors (von [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)), mit einem Flussleiter zum Schutz eines (nicht-dargestellten) MR-Elements sowie mit Permanentmagneten,

[0018] [Fig. 5](#) eine Ansicht einer Bandlagerfläche einer exemplarischen GMR-Schichtung,

[0019] [Fig. 6](#) ein Ablaufdiagramm eines Herstellungsprozesses eines GMR-Sensors mit Flussleitern,

[0020] [Fig. 7A–Fig. 7D](#) Schnittansichten, welche die Struktur des GMR-Elements auf verschiedenen Stufen des Prozesses von [Fig. 6](#) darstellen,

[0021] [Fig. 8](#) eine Draufsicht auf den GMR-Sensor nach Ausbildung des Flussleiters und der Permanentmagnete, und

[0022] [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) eine Schnittansicht längs einer Linie B-B' gemäß [Fig. 8](#) eines Top-Spin-Valve-GMR-Sensors mit Flussleiter bzw. eines Bottom-Spin-Valve-GMR-Sensors mit Flussleiter.

Detaillierte Beschreibung

[0023] Gemäß [Fig. 1](#) umfasst ein Magnetband-Laufwerk **10** einen Lese-/Schreibkopf **12**, der auf einem Träger **14** angebracht ist. Ein Magnetband **16** wird linear an einer planaren "Bandlagerfläche" (oder "TBS") **18** des Trägers **14** und an einem Kopf **12** entweder in der Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung durch ein Paar Spulen **20** und **22** vorbeibewegt. Ein Laufwerk-Controller **24** steuert die Drehung der Spulen **20** und **22** in der Vorwärts- und Rückwärtsrichtung.

[0024] Der Träger **14** ist an einer beweglichen Halterung **26** angebracht, welche sich quer zu dem Magnetband **16** bewegt, so dass der Kopf **12** magnetische Informationssignale auf das/von dem sich in Längsrichtung bewegendes Band **16** lesen bzw. schreiben kann. Der Kopf **12** kann Servo-Information auf dem Band lesen, so dass der Kopf **12** innerhalb

einer gewünschten Spur gehalten wird. Der Kopf **12** liefert die Servoinformation an einen Positions-Controller **28**, der die Servoinformation verarbeitet und Kopfbewegungssignale an die bewegliche Halterung **26** liefert. Ferner ist der Kopf **12** mit einem Lese-/Schreib-Controller **30** verbunden, der von dem Band durch den Kopf **12** gelesene Daten verarbeitet, und der dem Kopf **12** zum Aufzeichnen auf dem Band **16** Schreibdaten liefert.

[0025] [Fig. 2](#) ist eine im Schnitt gehaltene Seitenansicht des Kopfs **12**, der einen Schreibkopfabschnitt **40** und einen Lesekopfabschnitt **42** aufweist. Der Lesekopfabschnitt **42** wendet einen magnetoresistiven Sensor bzw. MR-Sensor **44** an. Nach einer Ausführungsform ist der MR-Sensor ein GMR-Sensor (Giant Magnetoresistive Sensor). Der Sensor **44** umfasst einen Flussleiter **45**, der an einer Seitenfläche eines GMR-Elements **46** zwischen dem GMR-Element **46** und der Bandlagerfläche **18** angeordnet ist, womit ein Teil der Bandlagerfläche **18** nach der Darstellung gebildet wird. Der Flussleiter **45** hilft dabei, den Magnetfluss vom Band **16** während Lesevorgängen zu leiten, und bietet im Fall von MR-Sensorelementen, wie z. B. dem GMR-Element **46**, die hoch korrosionsanfällig sind, einen Korrosionsschutz für die Elemente, wie in näheren Einzelheiten nachstehend unter Bezugnahme auf die [Fig. 6](#) bis 9 beschrieben ist.

[0026] [Fig. 3](#) ist eine Ansicht einer Bandlagerfläche von [Fig. 2](#). Gemäß den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) ist der MR-Sensor zwischen unteren und oberen Lesespaltschichten **47** und **48** eingebettet, und die Lesespaltschichten sind zwischen oberen und unteren Abschirmungsschichten **50** und **52** eingebettet. Auf der anderen Seite der unteren Abschirmungsschicht **50** befindet sich eine untere Überzugsschicht **53** (die auf einem nicht-gezeigten Substrat ausgebildet ist). In Reaktion auf externe Magnetfelder ändert sich der Widerstand des MR-Sensors **44**. Ein durch den MR-Sensor geleiteter Abtaststrom bewirkt, dass sich diese Widerstandsänderungen als Spannungsänderungen manifestieren. Die Spannungsänderungen werden dann von der in [Fig. 1](#) gezeigten Datensteuerung **30** bearbeitet.

[0027] Der Schreibkopfabschnitt **40** umfasst eine Spulenschicht **54**, die zwischen ersten und zweiten Isolierschichten **56** und **58** eingebettet ist. Eine dritte Isolierschicht **60** kann zum planar Gestalten des Lese-/Schreibkopfs **12** verwendet werden, um von der Spulenschicht **54** verursachte Kräuselungen in der zweiten Isolierschicht **58** zu eliminieren. Die ersten, zweiten und dritten Isolierschichten werden im Stand der Technik als "Isolierstapel" ("insulation stack") bezeichnet. Die Spulenschicht **54** und die ersten, zweiten und dritten Isolierschichten **56**, **58** und **60** sind zwischen oberen und unteren Polstückschichten **62** und **64** eingebettet. Die unteren und oberen Polstückschichten **62** und **64** sind magnetisch mit einem

Rückspalt **66** gekoppelt. Die obere Polstückschicht **64** hat eine obere Polspitze **70**, die von der unteren Polstückschicht **62** durch eine Schreibspaltschicht **72** an der Kopf-Bandlagerfläche **18** getrennt ist. Über der oberen Polstückschicht **64** befindet sich eine Überzugsschicht **76**.

[0028] Es ist anzumerken, dass die dargestellte Ausführungsform zwar ein Mischkopf (Merged Head) ist, bei dem eine einzelne ferromagnetische Schicht als zweite Schutzschicht des Lesekopfs und als erste Polstückschicht des Schreibkopfs dient, die zweite Schutzschicht und die erste Polstückschicht könnten aber auch getrennte Schichten sein.

[0029] In [Fig. 4](#) ist der GMR-Sensor **44**, wiederum von der Bandlagerfläche aus gesehen, in näheren Einzelheiten dargestellt. Er umfasst den Flussleiter **45** und das GMR-Element **46** (das von dem Flussleiter **45** bedeckt ist und daher in dieser Ansicht nicht sichtbar ist). Der GMR-Sensor **44** weist auch Permanentmagnete **82a** und **82b** sowie Leiter **84a** und **84b** auf. Typischerweise werden Permanentmagnete, die aneinanderliegende Verbindungsstellen mit den Abtastelementen **46** bilden, zum Unterdrücken von Barkhausen-Rauschen und zum Aufrechterhalten eines Einzeldomäne-Zustands (das heißt, zur Verhinderung einer Bildung von Domänenwänden) in dem Abtastelement **46** verwendet. Die Permanentmagnete **82a**, **82b** bilden auch aneinanderliegende Verbindungsstellen mit dem Flussleiter **45**, um in dem Flussleiter einen Einzeldomäne-Zustand bereitzustellen, was es gestattet, dass der Magnetfluss von dem Medium durch den Flussleiter frei ohne Domänenwandbewegungen geleitet wird.

[0030] Der Lesekopfabschnitt der Kopfstruktur der [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) kann auf folgende Weise hergestellt werden. Die untere Abschirmungsschicht **50** ist aus einem magnetischen Material hergestellt und ist auf der Isolierschicht **53** ausgebildet, die aus Tonerde hergestellt ist und auf einem Träger (nicht gezeigt) aufgebracht ist. An der unteren Abschirmungsschicht **50** ist beispielsweise Alumina oder Aluminiumnitrid aufgebracht, um die untere Lesespaltschicht **47** als Isolierschicht zu bilden. An der unteren Lesespaltschicht **47** ist eine GMR-Schicht aufgebracht, um das GMR-Element herzustellen. Das GMR-Element **46** ist über eine Sequenz von Photoresist-Strukturierung, Ätzvorgang, Sputtervorgang und Abhebevorgängen gebildet, wie später beschrieben wird. Die obere Lesespaltschicht **48** ist als Isolierschicht an der unteren Lesespaltschicht **47** und dem GMR-Element **46** ausgebildet. Die obere Spaltschicht **52**/der untere Pol **62** ist an der oberen Lesespaltschicht **48** ausgebildet. Die obere Abschirmungsschicht ist aus magnetischem Material hergestellt und wird sowohl für die Lese- als auch die Schreibkopfabschnitte des Kopfs **12** verwendet.

[0031] [Fig. 5](#) zeigt eine repräsentative GMR-Mehrschicht-Schichtung **90** des GMR-Elements **46**. Die Struktur umfasst eine Abdeckschicht **92**, die typischerweise aus Tantal (Ta) hergestellt ist, eine Pinning- oder antiferromagnetische (AFM) Austauschschicht **94** aus einem geeigneten leitenden Material, wie Ir, Mn, das dazu dient, eine ferromagnetische Schicht bzw. "Pinned"-Schicht **95** magnetisch festzulegen. Eine Zwischen- bzw. Abstandsschicht **96**, die typischerweise aus einem geeigneten Übergangsmetall, wie Kupfer (Cu) hergestellt ist, befindet sich angrenzend an die Pinned-Schicht **95**. Eine freie magnetische Schicht ist angrenzend an die andere Seite der Abstandsschicht **96** positioniert. Die freie Schicht kann aus einer aus NiFe gefertigten Einzelschicht oder aus Mehrfachschichten bestehen, mit einer freien Schicht **98**, die typischerweise aus NiFe gefertigt ist, und einer sog. Dusting Schicht **100** (typischerweise aus Kobalt-Eisen hergestellt) zwischen der freien Schicht **98** und der Zwischenschicht **96**, wie gezeigt ist. Angrenzend an die andere Seite der freien Schicht **98** befindet sich ein Puffer oder eine Unterschicht **102**, die typischerweise aus Ta wie die Abdeckschicht **92** hergestellt ist. Optional kann, wie gezeigt ist, die Pinned-Schicht **95** als synthetische antiferromagnetische Pinned-Schicht (SAF = Synthetic Anti-Ferromagnetic) implementiert sein, und umfasst zwei gegenüberliegende Pinned-Schichten von Co-Fe, die als Pinned-Schicht **104** und als Bezugsschicht **106** gezeigt sind, die durch eine Ruthenium-Schicht (Ru) voneinander beabstandet sind. Ein von einer Bandlaufwerk-Stromquelle gelieferter Abtaststrom, der in einem Stromweg über den Leiter **84a** und den Permanent-Magneten **82a** transportiert wird, fließt in der Ebene der GMR-Schichtungselemente und verlässt die Schichtung über einen Stromweg durch den Permanentmagneten **82b** und den Leiter **84b**, um einen Arbeitsgang in einem Current-in-the-Plane-Modus bzw. CIP-Modus auszuführen.

[0032] Es ist anzumerken, dass das Spin-Ventil entweder ein oberes oder unteres Spin-Ventil sein kann, wie später in [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) dargestellt wird. Bei einem Boden-Spin wird die Austauschschicht vor dem Aufbau der restlichen Schichten des Spin-Ventils gestaltet. Bei einem oberen Spin-Ventil werden zuerst die freie Schicht, die Zwischenschicht und die Pinned-Schicht aufgebaut, und die Pinning-Schicht wird auf der Pinned-Schicht zum Festlegen von dessen magnetischem Moment aufgebracht.

[0033] Der MR-Sensor **44** wurde als GMR-Sensor dargestellt, es kann aber auch irgendeiner von mehreren MR-Sensoren sein, einschließlich oberen oder unteren Spin-Ventil-GMR, AMR, SAF, GMR und Spin-Tunnelung, ist aber nicht hierauf beschränkt. Obwohl die beschriebene Ausführungsform ein GMR-Sensor ist, der eine Spin-Ventil-Struktur verwendet, welche in einem CIP-Modus arbeitet, ist an-

zumerken, dass auch ein Spin-Ventil-GMR-Sensor benutzt werden könnte, der in einem Current-Perpendicular-to-the-Plane (CPP)-Modus arbeitet.

[0034] Gemäß [Fig. 6](#) beginnt ein exemplarischer Herstellungsprozess **110** des Sensors **44** nach [Fig. 4](#) (Schritt **112**), nachdem eine Schicht der GMR-Schichtung (von der ein Beispiel in [Fig. 5](#) gezeigt) auf die untere Lesespaltschicht aufgebracht wurde. Der Prozess **110** umfasst eine Strukturierung oder ein Definieren des durch Flussleiter geschützten GMR-Elements **46** auf der GMR-Dünnschicht durch Aufbringen eines geeigneten Photoresists auf die Schicht (Schritt **114**), so dass sie alle Bereiche abdeckt, in denen kein Flussleitermaterial erwünscht ist, und Entfernen des freiliegenden, nicht von dem Photoresist bedeckten Schichtungsmaterials mittels eines Ätzprozesses, vorzugsweise eines Ionenfräsvorgangs (Schritt **116**). In einer alternativen Ausführungsform kann der Prozess **110** eine Endpunkt-Erfassung anwenden, um den Ätzvorgang an einem Punkt zu beenden, der teilweise (auf halbem Weg) durch die Unterschicht **102** geht. Der Prozess **110** umfasst ferner das Aufbringen von Flussleitermaterial, vorzugsweise NiFe oder anderen Materialien, welche eine gute Flussleitung bieten können (Schritt **118**), und das Ausbilden des Flussleiters durch Abheben des Photoresists (Schritt **120**). Nach dem Abhebevorgang wird die Struktur in bekannter Weise weiter bearbeitet, um die Permanentmagnete und die Leiter zu bilden (Schritt **122**). Wie schon festgestellt wurde, bilden die Permanentmagnete Einzeldomänen-Zustände im GMR-Element sowie im Flussleiter. Der Einzeldomänen-Zustand im Flussleiter gestattet es, dass der Magnetfluss aus dem Medium über den Flussleiter frei ohne Domänenwand-Bewegungen geführt wird, wodurch sich eine hohe Permeabilität ergibt.

[0035] Die [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7D](#) veranschaulichen den GMR-Sensor auf verschiedenen Stufen des Herstellungsprozesses. Gemäß [Fig. 7A](#) zeigt eine Struktur **130** (in Teilansicht) entsprechend dem Herstellungsschritt **114** ein Photoresist **132** zum Strukturieren des an der oberen Oberfläche des GMR-Schicht **134** positionierten GMR-Elements. Gemäß [Fig. 7B](#) zeigt eine Struktur **140** (in Teilansicht) entsprechend dem Schritt **116** eine GMR-Elementstruktur **142**, die sich aus dem Ätzen der Schicht **134** ergibt. Die GMR-Elementstruktur **142** wird durch Ionenfräsen gebildet, um die unerwünschten Abschnitte der Schichtung wegzuzäten. Ionenfräsen ist ein im Stand der Technik gut bekannter Prozess. Während des IonenfräSENS werden Abschnitte des Schichtstapels, die außerhalb des Photoresists **132** gelegen sind, weggeätzt. Der Ionenstrahl wird unter einem Winkel (typischerweise etwa 5° von der Vertikalen) relativ zur Normalen der Ebene des Schichtstapels gerichtet. Auf diese Weise fallen Abschnitte des Schichtstapels in den Schatten des Photoresists, und der Schicht-

stapel wird mit einer schräg fallenden Seite **143** geätzt, wie gezeigt ist.

[0036] Bei der Herstellung von herkömmlichen GMR-Sensoren wird die Bandlagerfläche der GMR-Schicht nicht geätzt, sondern stattdessen geläppt, um eine gewünschte GMR-Element-Streifenhöhe zu erzielen. Es ist entscheidend, die Größe des GMR-Elements beim Läpp-Prozess genau zu steuern, da die Leistung eines GMR-Sensors von der Streifenhöhe seines Abtastelements abhängt. Da mechanische Läpp-Prozesse strikte damit verbundene Herstellungstoleranzen haben, ist es jedoch extrem schwierig, die Streifenhöhe beim Läpp-Prozess genau zu steuern. Demgegenüber ermöglicht der Prozess **114** durch Anwendung eines geeignet dimensionierten Photoresists eine Steuerung der Streifendimension mit größerer Präzision als es bei Läpp-Prozessen möglich ist.

[0037] In **Fig. 7C** zeigt eine Teilansicht einer einem Prozessschritt **118** entsprechenden Struktur **150** Flussleitermaterial, das auf die oberen und seitlichen Oberflächen des Photoresists **132** aufgebracht ist, Flussleitermaterial **152a**, sowie an der Bandlagerflächenseite **143** das Flussleitermaterial **152b**. Das Flussleitermaterial wird bis zu einer Dicke **154** aufgebracht.

[0038] Ein dünnerer Flussleiter ist bevorzugt, da ein dickerer Flussleiter wahrscheinlich mehr Stromkurzschlüsse hat, was in weniger Strom durch das Ni-Fe-Sensormaterial resultiert und daher in schwächeren Ausgangssignalen.

[0039] In **Fig. 7D** ist eine Struktur **170** (in Teilansicht gezeigt), die sich aus dem Prozessschritt **120** ergibt und die in **Fig. 7C** dargestellte Aufbringungsstärke anwendet, gezeigt. Das Photoresist und überschüssiges auf dem Photoresist abgelagertes Material sind entfernt worden, wobei nur eine Flussleiterstruktur und die GMR-Elementstruktur **142** übrig gelassen werden. Es ist anzumerken, dass die Struktur **170** weiter bearbeitet wird, z. B. wird die Flussleiterstruktur **172** geläppt (in der Richtung des Pfeils "A") bis zu der Bandlagerfläche **18**, womit der Flussleiter **45** gebildet wird, und die GMR-Elementstruktur **142** wird weiter bearbeitet, um das GMR-Element **44** zu erzeugen.

[0040] **Fig. 8** ist eine Draufsicht auf den GMR-Sensor **44**, und damit eine Draufsicht auf das GMR-Element **46** und die Flussleiterstruktur **172**, das heißt, den Flussleiter **45** vor dem Läpp-Vorgang. Ebenfalls gezeigt sind die Permanentmagnete **82a** und **82b**. Die Leiterschichten **84a**, **84b**, die in **Fig. 4** gezeigt sind, entfallen in dieser Ansicht.

[0041] Die **Fig. 9A** und **Fig. 9B** zeigen einen Top-Spin-Ventil-GMR-Sensor **44** und einen Bo-

den-Spin-Ventil-Sensor **44'** in einer im Schnitt gehaltenen Seitenansicht entlang der Linien B-B' von **Fig. 8**. Der Flussleiter **45** bildet einen Teil der Bandlagerfläche **18** und isoliert somit die korrosionsanfälligen Materialien, wie Cu, CoFe und die AFM-Austauschschichtmaterialien des GMR-Elements **46** vor korrosiven Materialien, die sich typischerweise auf der Bandlagerfläche in Kontakt mit dem Magnetband vorfinden. Die GMR-Elementstreifenhöhe, die durch die Bezugsziffer **180** angegeben ist, ist die NiFe-Höhe, die von der Rückseite des Flussleiters **45** festgelegt wird (die Seiten, welche die Vorderseite des GMR-Elements **46** begrenzt), sowie die Rückseite des GMR-Elements, das an dem Alumina-Isolator **48** anliegt.

[0042] Weitere Ausführungsformen liegen im Schutzzumfang der folgenden Ansprüche.

Patentansprüche

1. Ein magnetoresistiver Sensor (**44**) für einen Bandlaufwerk-Lesekopf (**12**) mit einer Band-Laufläche (**18**) mit:
einem magnetoresistiven Abtastelement (**46**) mit einer Schichtstruktur (**90**) enthaltend eine freie magnetische Schicht (**98**), und
einem Flussleiter (**45**) mit erheblich hoher Permeabilität, der auf einer Oberfläche der Schichtstruktur (**90**) angeordnet ist, um einen Abschnitt der Band-Laufläche (**18**) zu bilden,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Abschnitt des Flussleiters (**45**) in physischem Kontakt mit einem Abschnitt der freien magnetischen Schicht (**98**) ist und dadurch eine direkte Kopplung von Magnetfluss zwischen dem Flussleiter (**45**) und dem magnetoresistiven Abtastelement (**46**) zulässt.
2. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 1, wobei die Oberfläche der Schichtstruktur (**90**) bezüglich der Senkrechten auf die freie magnetische Schicht (**98**) geneigt ist.
3. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 2, wobei der Flussleiter (**45**) in physischem Kontakt mit jeder Schicht (**92–106**) der Schichtstruktur (**90**) an der geneigten Oberfläche der Schichtstruktur (**90**) ist.
4. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 2 oder Anspruch 3, wobei die Streifenhöhe (**180**) der freien magnetischen Schicht (**98**) eine Funktion der Position der freien magnetischen Schicht (**98**) in der Schichtstruktur (**90**) sowie der Neigung der Oberfläche der Schichtstruktur (**90**) ist.
5. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 1, ferner mit einem magnetischen Anlagemittel einschließlich magnetischer und leitender Elemente (**82a**, **82b**, **84a**, **84b**), die in anliegender An-

ordnung zu dem Abtastelement (46) und dem Flussleiter (45) angeordnet sind, um einen einzelnen Domänenzustand sowohl in dem Abtastelement (46) als auch dem Flussleiter (45) zu erhalten.

6. Der magnetoresistive Sensor gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das magnetoresistive Abtastelement (46) ein Riesen-Magnetowiderstandselement (GMR) umfasst.

7. Der magnetoresistive Sensor gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Flussleiter (45) ein permeables Material umfasst.

8. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 7, wobei das permeable Material eine Nickel-Eisen-Legierung umfasst.

9. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 1, wobei das magnetoresistive Abtastelement (46) ein anisotropes Magnetowiderstandselement (AMR) umfasst.

10. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 6, wobei das GMR-Element ein Boden-Spinventil-GMR-Element ("bottom spin valve GMR element") umfasst.

11. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 6, wobei das GMR-Element ein oberes Spinventil-GMR-Element ("top spin valve GMR element") umfasst.

12. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 6, wobei das GMR-Element eine synthetische anti-ferromagnetische Schicht (95) umfasst.

13. Der magnetoresistive Sensor gemäß Anspruch 6, wobei das GMR-Element eine Zwischen- bzw. Spacer-Schicht (96), eine anti-ferromagnetische Austauschschicht bzw. Exchange-Schicht (94) und eine Pinned-Schicht (95) aufweist, und wobei der Flussleiter (45) die Oberfläche des GMR-Elements in einem Maß abdeckt, dass der Flussleiter (45) ein Freiliegen der Spacer-, der anti-ferromagnetischen Exchange- und der Pinned-Schichten (96, 94, 95) auf der Band-Laufläche (18) verhindert.

14. Ein Kopf (12) zur Verwendung in einem Bandlaufwerk (10) mit:
einem Lese-Kopfabschnitt (42) einschließlich einem magnetoresistiven Sensor (44) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13.

15. Der Kopf gemäß Anspruch 14, ferner mit einem Schreib-Kopfabschnitt (40).

16. Ein Bandlaufwerk (10) mit:
einem Magnetband (16), und
einem Kopf (12) gemäß Anspruch 14 oder Anspruch

15.

17. Ein Verfahren zur Herstellung eines Dünn-schicht-Lesekopfes (12) mit:
Vorsehen (14) einer GMR-Schicht auf einer Oberfläche einer Lesespalt-Isolierschicht,
Bearbeiten (116-122) der GMR-Schicht zur Erzeugung eines GMR-Abtastelements (46) mit einer Schichtstruktur (90) und mit einer freien magnetischen Schicht (98), wobei das Abtastelement (46) einen Flussleiter (45) von erheblich hoher Permeabilität aufweist, der auf einer Oberfläche der Schichtstruktur (90) angeordnet ist, und der Flussleiter (45) einen Abschnitt einer Band-Laufläche (18) des Dünn-schicht-Lesekopfes (12) bildet, wobei ein Abschnitt des Flussleiters (45) in physischem Kontakt mit einem Abschnitt der freien magnetischen Schicht (98) ist und dadurch eine direkte Kopplung von Magnetfluss zwischen dem Flussleiter (45) und dem GMR-Abtastelement (46) zulässt.

18. Das Verfahren gemäß Anspruch 17, wobei der Flussleiter (45) ein Nickel-Eisen-Legierungsmaterial umfasst.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

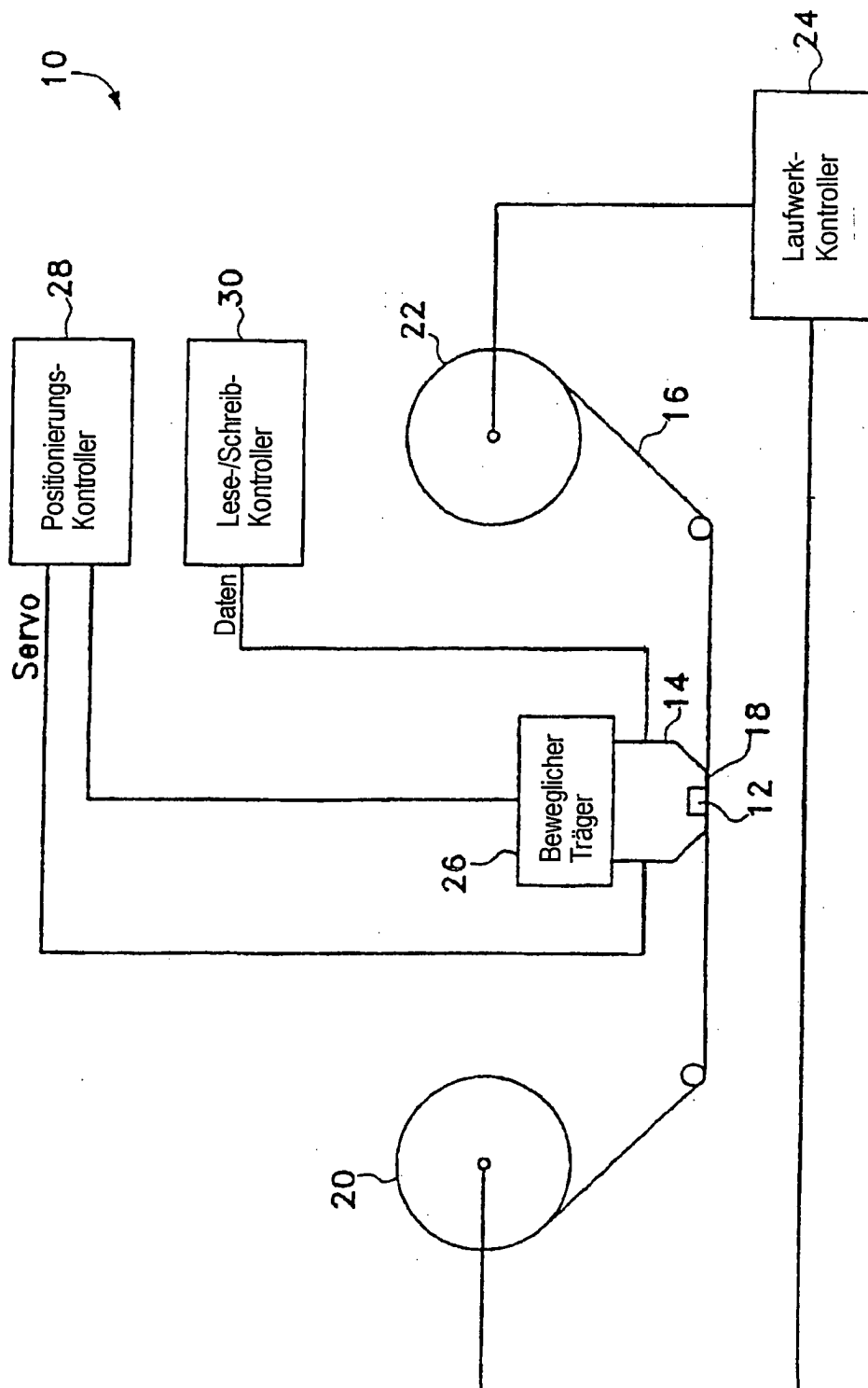


FIG. 1

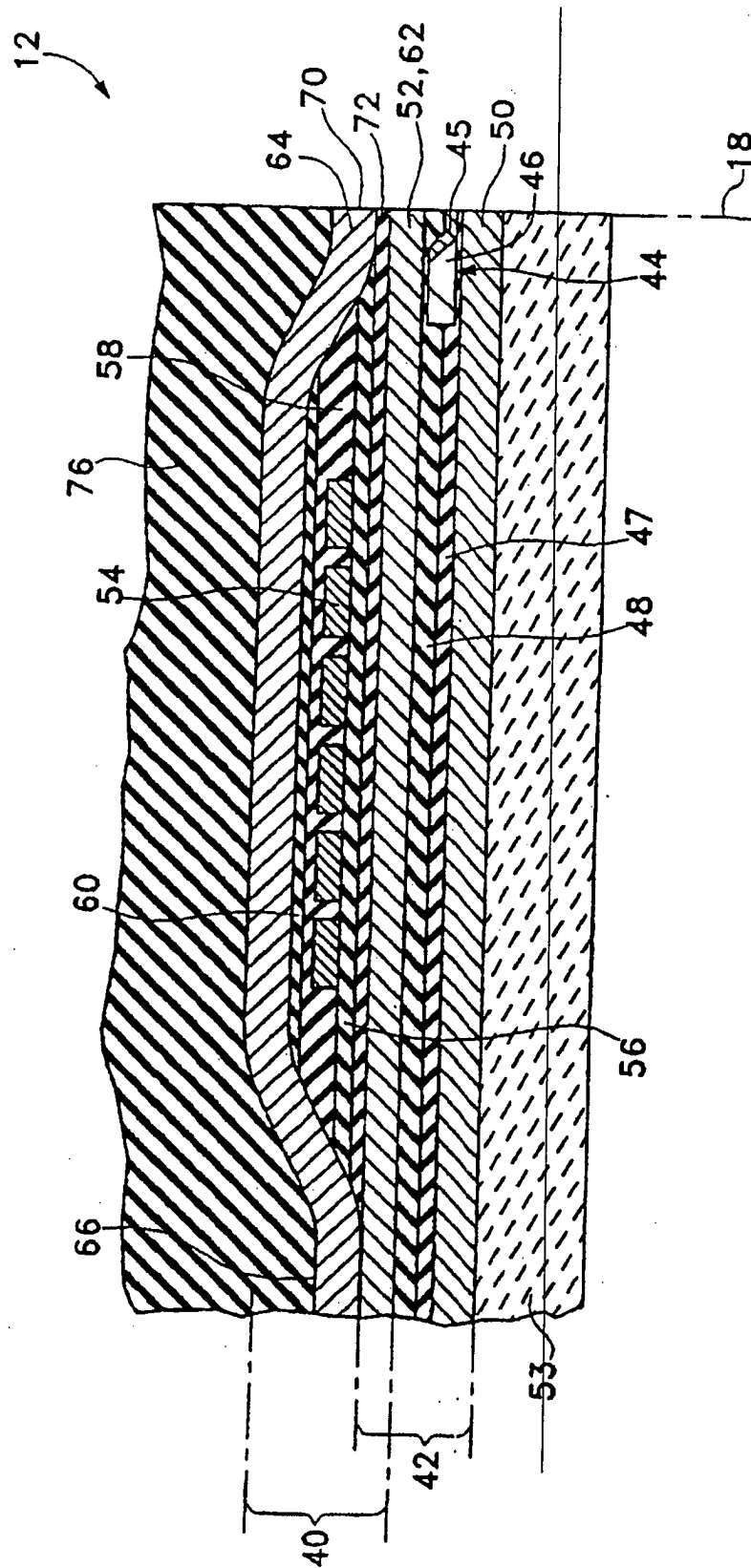


FIG. 2

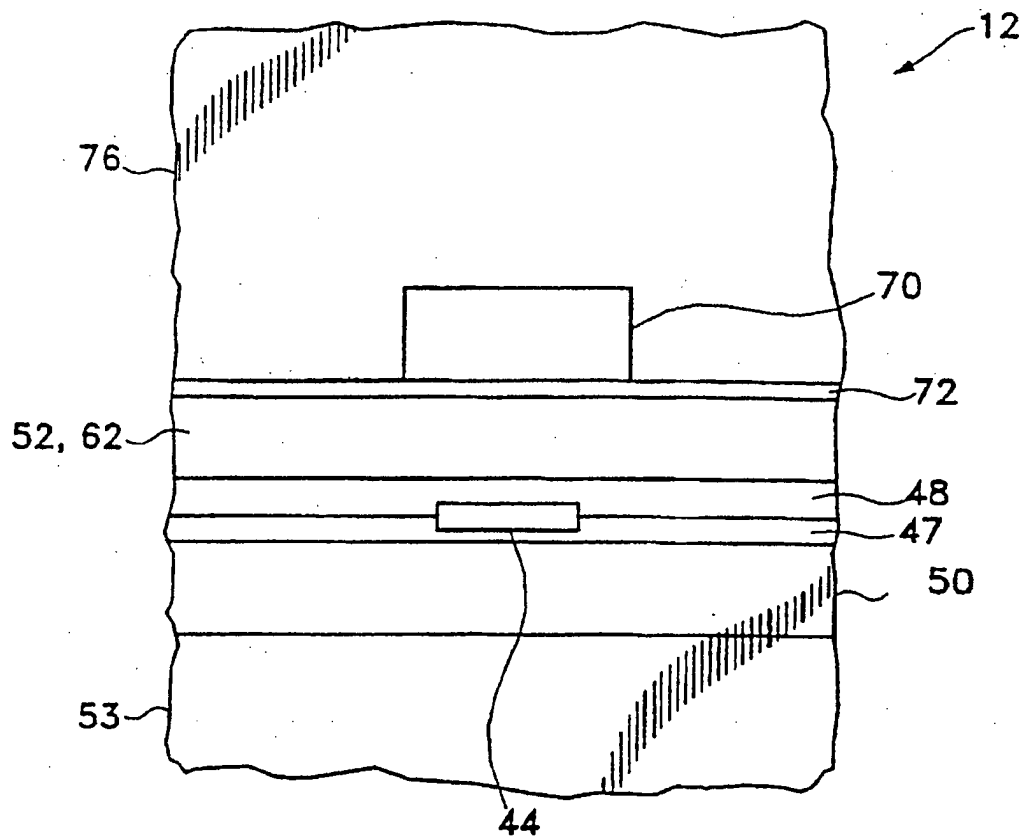


FIG. 3

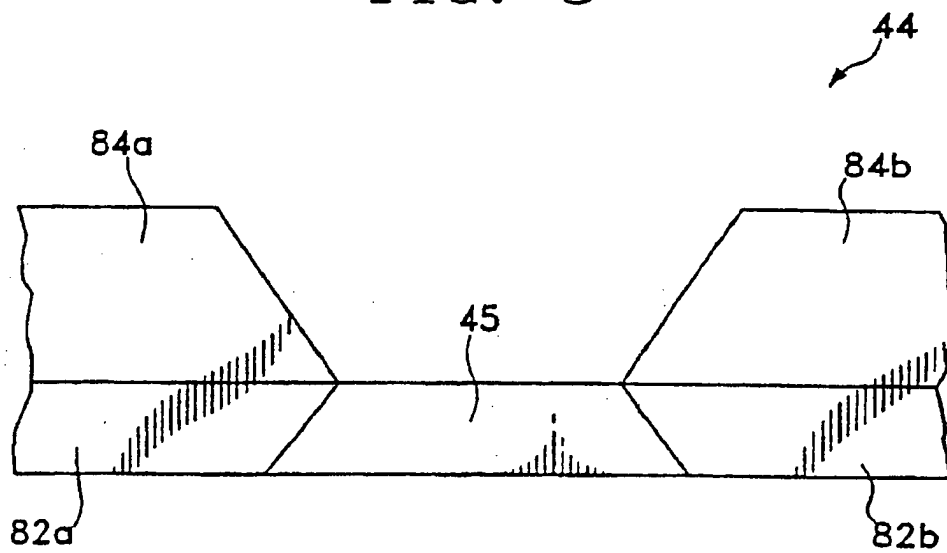


FIG. 4

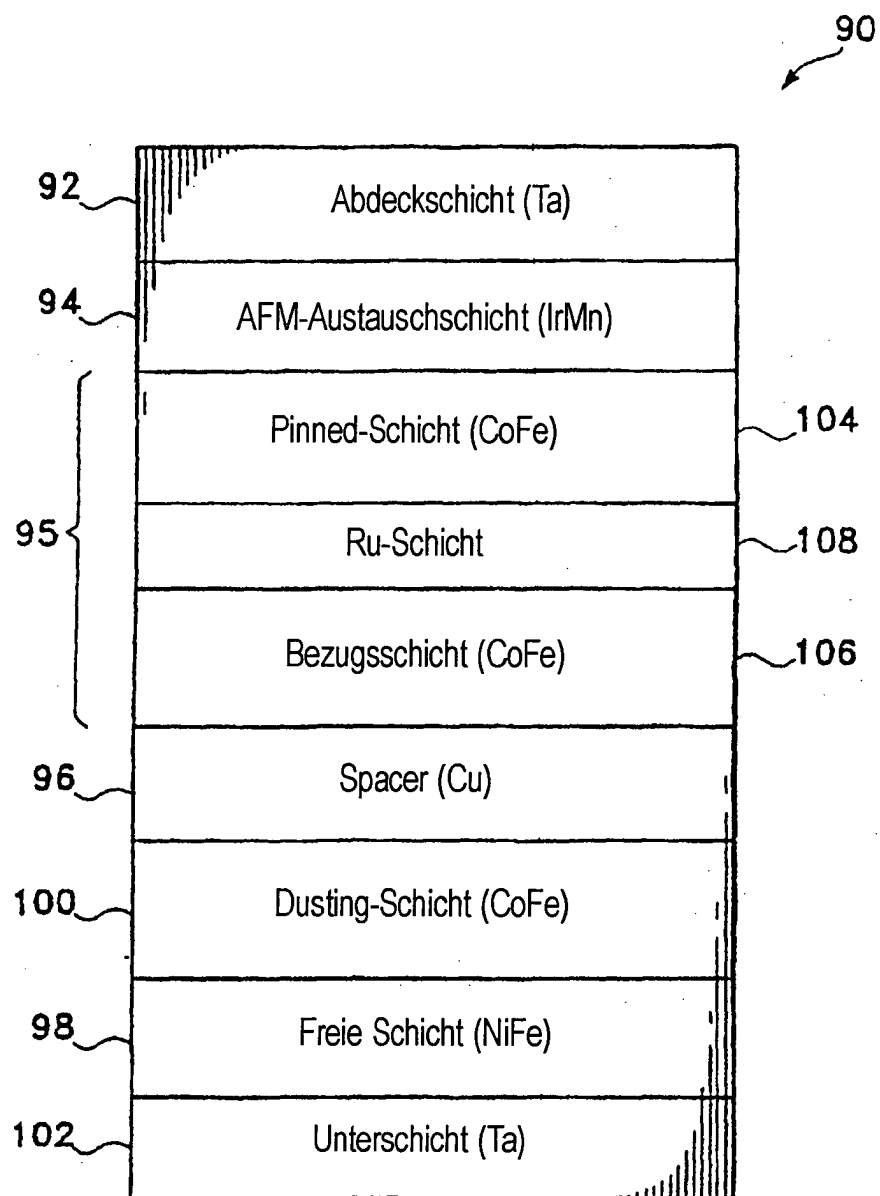


FIG. 5

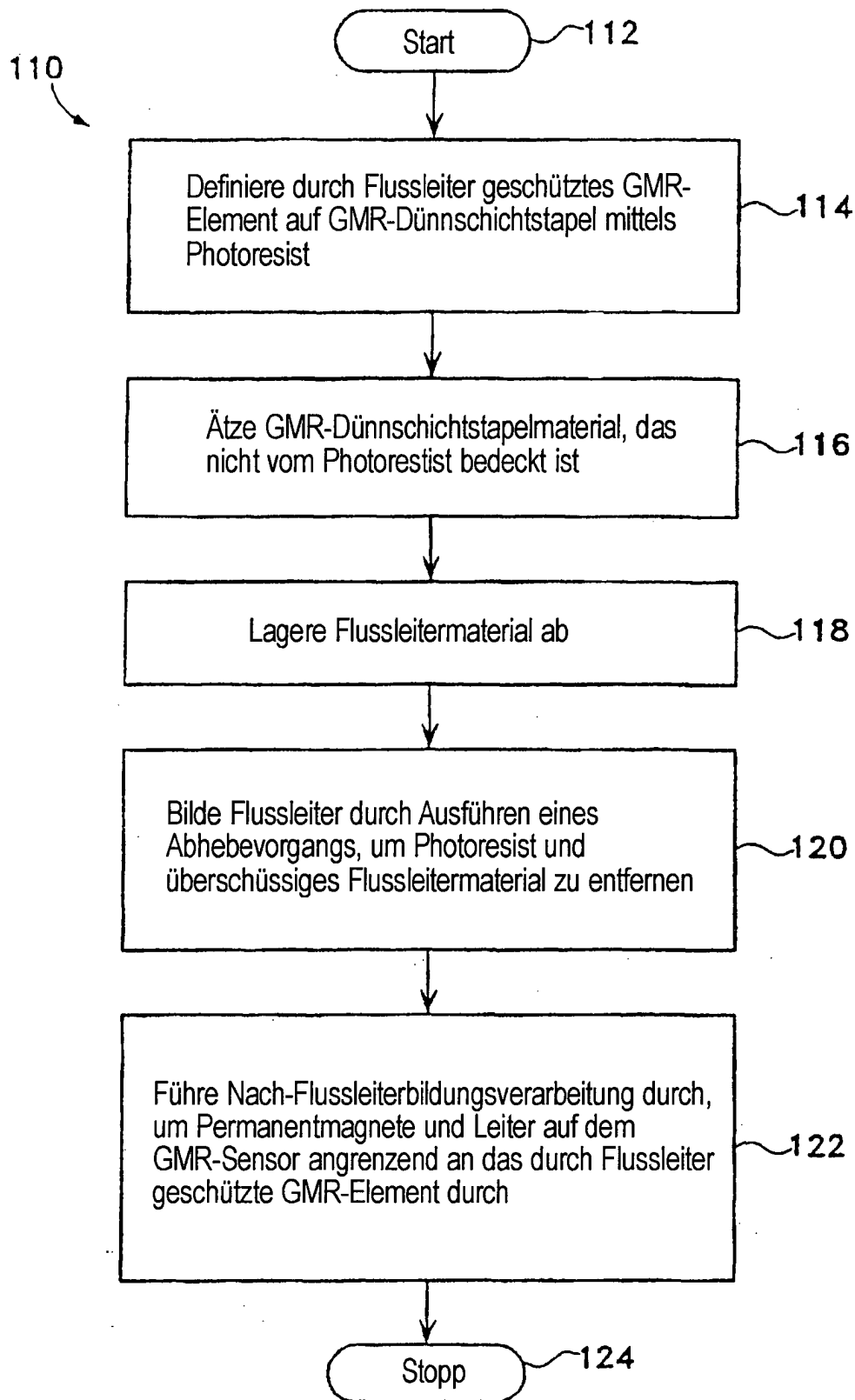


FIG. 6

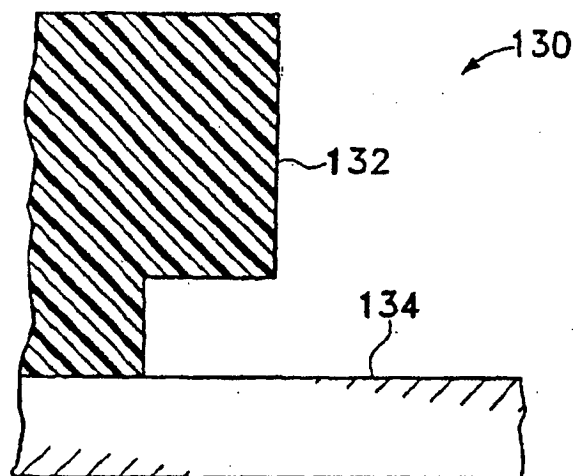


Fig. 7A

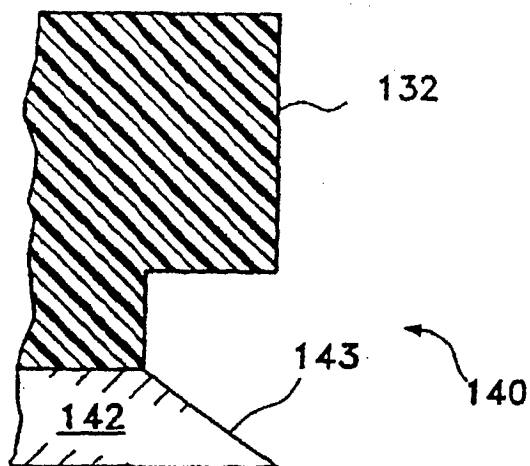


Fig. 7B

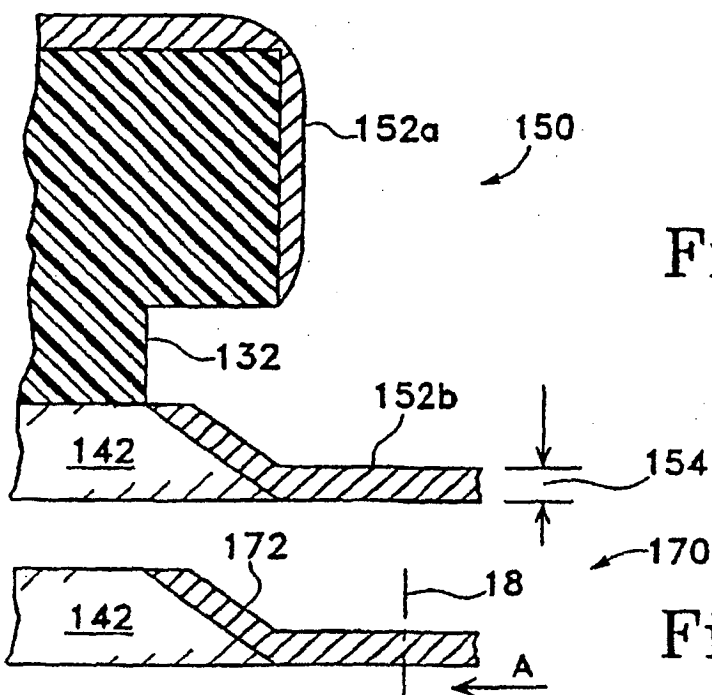


Fig. 7C

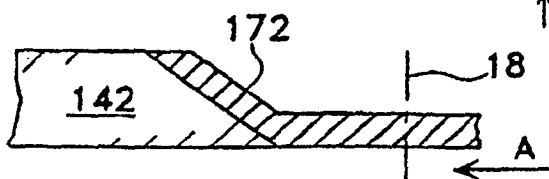


Fig. 7D

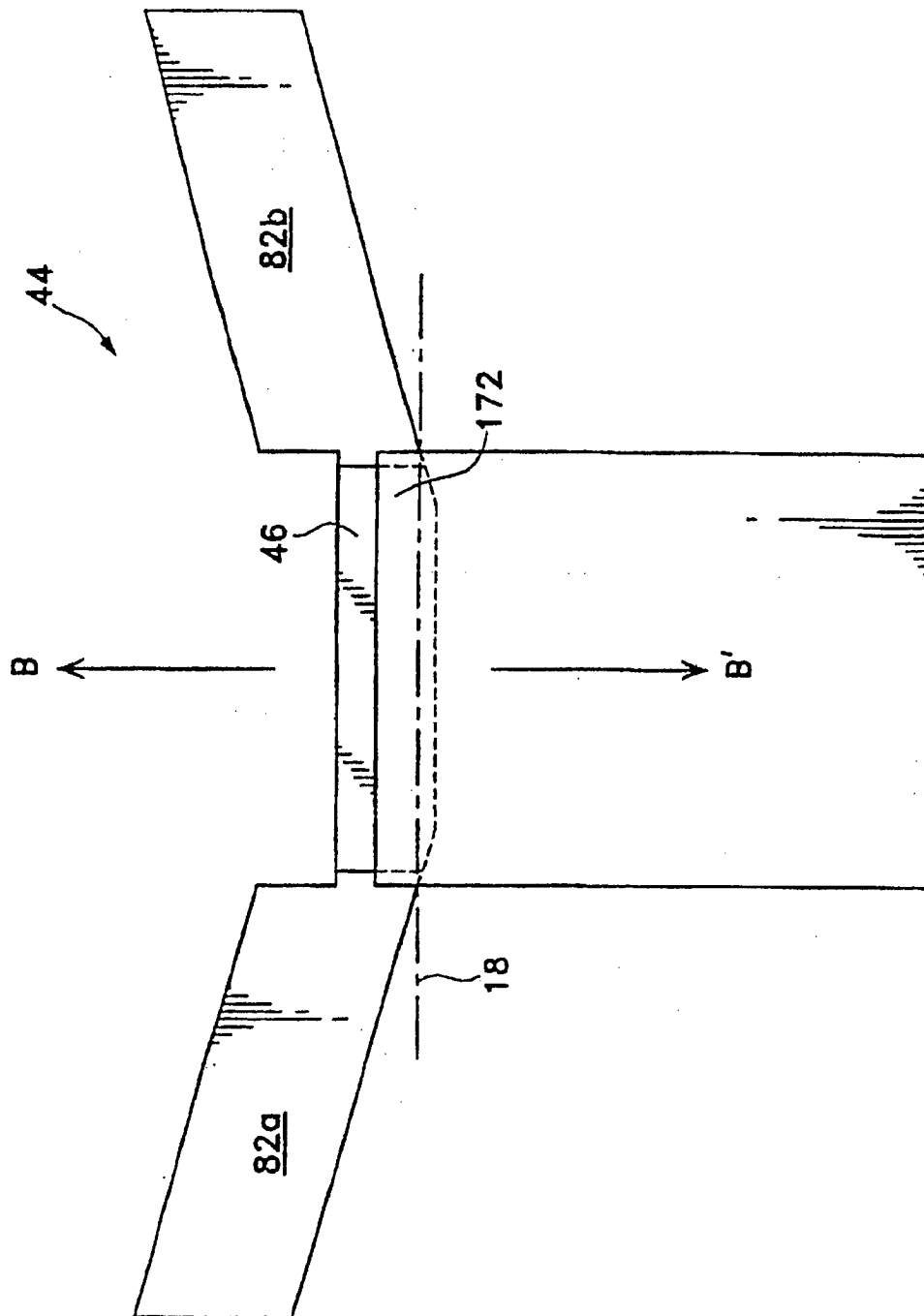


FIG. 8

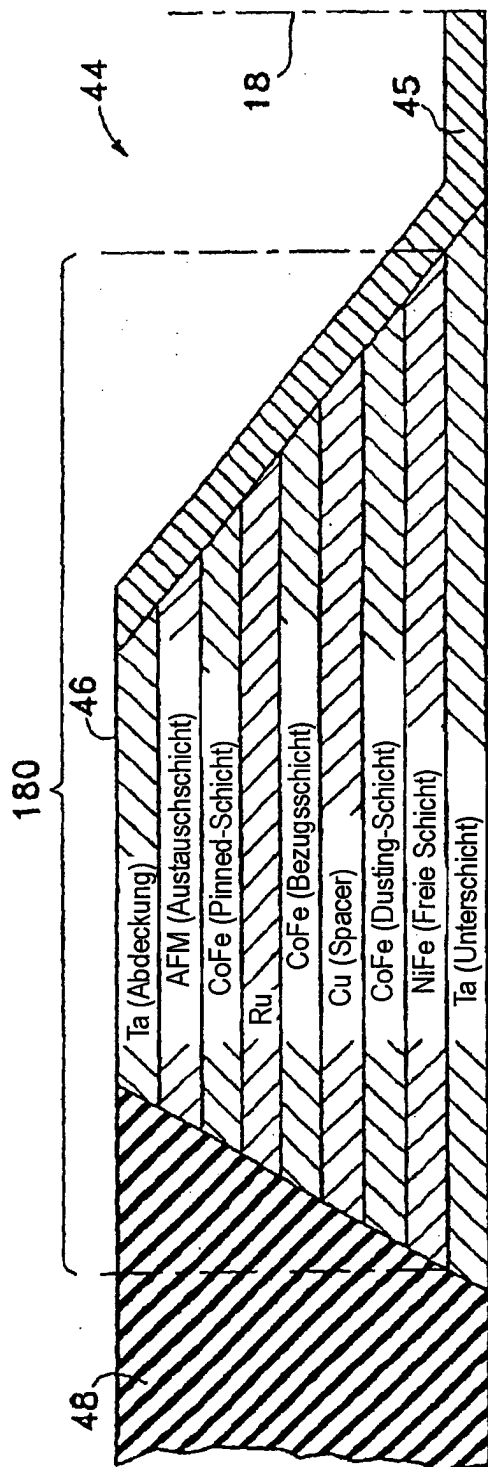


FIG. 9A

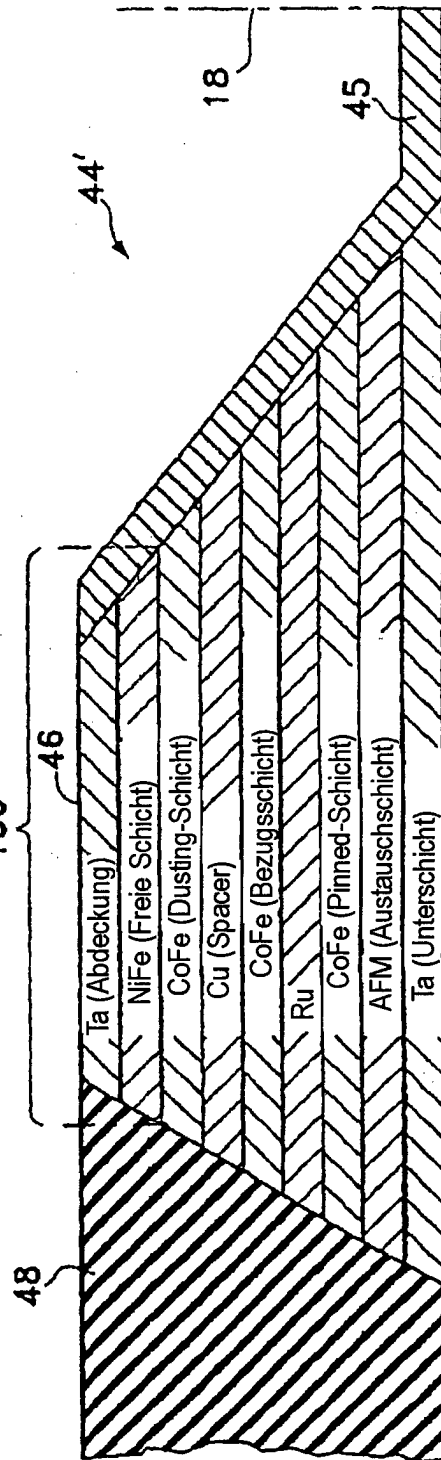


FIG. 9B