



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 025 085.5

(51) Int Cl.: G11B 5/706 (2006.01)

(22) Anmelddatum: 21.05.2004

(43) Offenlegungstag: 09.12.2004

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11.07.2013

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
10/442756 20.05.2003 US

(72) Erfinder:

Bertero, Gerardo, Redwood City, Calif., US;
Wachenschwanz, David, Saratoga, Calif., US;
Malhotra, Sudhir, Fremont, Calif., US; Velu, Emur
M., Fremont, Calif., US

(73) Patentinhaber:
Komag, Inc., San Jose, Calif., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	34 40 386	C2
US	6 469 878	B1
US	2003 / 0 022 023	A1
JP	2001- 155 322	A
JP	2003- 045 015	A

(74) Vertreter:
**Samson & Partner, Patentanwälte, 80538,
München, DE**

(54) Bezeichnung: **Weichmagnetische Beschichtung für eine quermagnetische Aufzeichnungsplatte**

(57) Hauptanspruch: Quermagnetische Aufzeichnungsplatte, umfassend:

ein Substrat (310);

eine magnetische Aufzeichnungsschicht (350); und

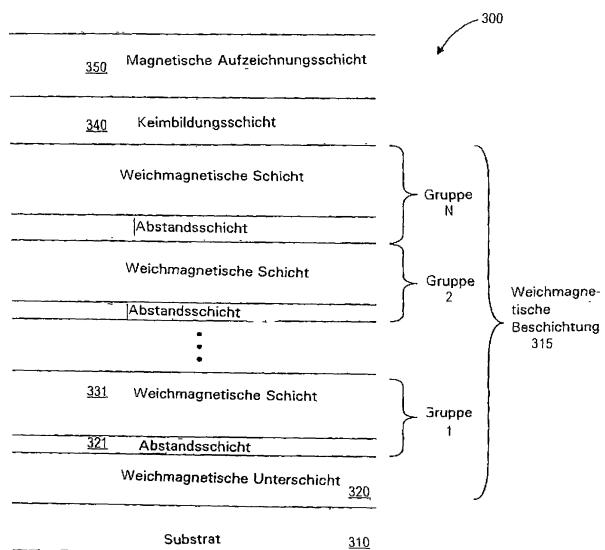
eine weichmagnetische Beschichtung (315), die zwischen dem Substrat (310) und der magnetischen Aufzeichnungsschicht (350) angeordnet ist, wobei die weichmagnetische Beschichtung (315) aufweist:

mehrere Schichtengruppen, wobei jede der mehreren Schichtengruppen eine erste ferromagnetische Schicht (331) und eine nicht-magnetische Abstandsschicht (321) aufweist, wobei die erste ferromagnetische Schicht (331) angrenzend an die nicht-magnetische Abstandsschicht (321) in jeder Schichtengruppe angeordnet ist; und

eine zweite ferromagnetische Schicht (320), wobei eine der nicht-magnetischen Abstandsschichten (321) zwischen einer von den ersten ferromagnetischen Schichten (331) und der zweiten ferromagnetischen Schicht (320) angeordnet ist, um eine anti-ferromagnetische Kopplung zwischen diesen zu bewirken,

dadurch gekennzeichnet, dass

jede erste ferromagnetische Schicht (331) einer Schichtengruppe eine Dicke aufweist, die größer ist als die Dicke der jeweiligen ersten ferromagnetischen Schicht (331) der unmittelbar darüberliegenden Schichtengruppe.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Dieser Film betrifft das Gebiet von Plattenlaufwerken und insbesondere von quermagnetischen Aufzeichnungsplatten, die in Plattenlaufwerken verwendet werden.

Hintergrund

[0002] Es besteht ein Trend beim Design von magnetischen Festplattenlaufwerken, die Aufzeichnungsdichte eines Plattenlaufwerkssystems zu erhöhen. Die Aufzeichnungsdichte ist ein Maß der Menge von Daten, die in einem bestimmten Bereich in einer Platte gespeichert werden können. Aktuelle Plattenlaufwerkprodukte verwenden eine längsmagnetische Aufzeichnungstechnologie. Langsmagnetisches Aufzeichnen kommt an seine Grenzen, da sich die Flächendichte erhöht. Eine solche Grenze besteht in Bezug der Breite der Aufzeichnungsübergänge. Eine weitere solche Grenze besteht in der thermischen Stabilität der aufgezeichneten Magnetisierungsübergänge. Die Breite eines Magnetisierungsübergangs beim längsmagnetischen Aufzeichnen ist proportional zu der Dichte des magnetischen Moments, MrT , (wobei Mr die remanente Magnetisierung ist, die in Einheiten des magnetischen Moments pro Volumeneinheit, z. B. emu/cm^3 gemessen wird, und T die Schichtdicke ist, die in Längeneinheiten z. B. cm gemessen wird) und umgekehrt proportional zur magnetischen Koerzivität, Hc , des Mediums. Die thermische Stabilität des Mediums wird durch das Erhöhen seiner MrT und seiner Hc verbessert. Große Übergangsbreiten begrenzen die Speicherkapazität des Systems, indem die Anzahl der magnetischen Übergänge, die pro Länge der aufgezeichneten Spuren ausgelöst werden können, begrenzt sind. Somit bestand eine Tendenz in der Industrie, Hc zu erhöhen und MrT zu erniedrigen, um eine bessere Auflösung bei steigender Flächendichte zu erreichen. Jedoch ist der größte zulässige Wert von Hc durch die Feldstärke des Schreibmagnetkopfes begrenzt und der kleinste zulässige Wert von MrT durch thermische Stabilitätsanforderungen begrenzt. Eine Möglichkeit, den Übergangsbereich in der magnetischen Aufzeichnungsschicht einer längsmagnetischen Aufzeichnungsplatte zu reduzieren, besteht darin, synthetische anti-ferromagnetische Strukturen (SAF) zu verwenden. SAF Strukturen sehen eine Rhuthenium(Ru)-Zwischenschicht zwischen zwei hartmagnetischen Aufzeichnungsschichten vor. Die Ru-Zwischenschicht bewirkt eine anti-ferromagnetische Kopplung zwischen den hartmagnetischen Aufzeichnungsschichten. Diese antiferromagnetische Kopplung ermöglicht es, niedrigere effektive MrT s zu verwenden und zur gleichen Zeit die Übergänge thermisch stabil zu halten. Diese effektive Reduktion von MrT reduziert die

Länge des Übergangsbereichs und verbessert PW50 (die Pulsbreite, bei der die Ausgangsamplitude des Lesekopfes bei einem isolierten Übergang bei 50% des Spitzenwertes liegt).

[0003] Quermagnetische Aufzeichnungssysteme wurden entwickelt, um höhere Aufzeichnungsdichten zu erreichen, als bei langsmagnetischen Aufzeichnungssystemen möglich sind. [Fig. 1a](#) zeigt Teile eines herkömmlichen Laufwerkssystems mit einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte. Das Plattenlaufwerkssystem umfasst einen Aufzeichnungskopf, der einen hinteren Schreibpol, eine vordere Rückführung (Gegenpol), die magnetisch mit dem Schreibpol gekoppelt ist, und eine elektrisch leitfähige Magnetspule, die das Joch des Schreibpols umgibt. Die Unterseite des Gegenpols weist eine Fläche auf, die die Fläche der Spitze des Schreibpols bei weitem übersteigt. Um das magnetische Aufzeichnungsmedium zu beschreiben, ist der Aufzeichnungskopf von dem magnetischen Aufzeichnungsmedium mit einem bekannten Abstand getrennt, die als Flughöhe bezeichnet wird. Das magnetische Aufzeichnungsmedium wird an dem Aufzeichnungskopf vorbei rotiert, so dass der Aufzeichnungskopf den Spuren des magnetischen Aufzeichnungsmediums folgt, wobei das magnetische Aufzeichnungsmedium zunächst unter dem Gegenpol vorbeiläuft und dann unter dem Schreibpol. Strom wird durch die Spule geleitet, um einen magnetischen Fluss in dem Schreibpol zu erzeugen. Der magnetische Fluss läuft von dem Schreibpol durch die Platte zu dem Gegenpol. Herkömmliche quermagnetische Aufzeichnungsplatten umfassen üblicherweise eine hartmagnetische Aufzeichnungsschicht, in der die Daten aufgezeichnet werden, und eine weichmagnetische Unterschicht. Die weichmagnetische Unterschicht ermöglicht es, dass der magnetische Fluss von dem hinteren Schreibpol zu dem vorderen Gegenpol des Kopfes mit niedriger Impedanz zurückgeführt wird, wie durch die Abbildung des Kopfes der [Fig. 1a](#) dargestellt ist.

[0004] Quermagnetische Aufzeichnungsplatten sollten einen viel kleineren PW50 aufweisen, als gegenwärtig bei längsmagnetischen Aufzeichnungsplatten beobachtet wird, weil in einer quermagnetischen Aufzeichnungsschicht die gesamten magnetischen Achsen in Querrichtung ausgerichtet sind, d. h. der Richtung der Aufzeichnung. Bei diesen quermagnetischen Medienarten dient eine weichmagnetische Unterschicht (SUL) dazu, als ein Flusskonzentrator zu arbeiten, um einen steilen Feldgradienten am Kopf zur Verfügung zu stellen, so dass schmale Übergänge geschrieben werden können. Ein Nachteil bei den heutigen quermagnetischen Aufzeichnungsplatten besteht darin, dass die weichmagnetische Unterschicht magnetische Strukturen enthält, die vollständig austausch-gekoppelt sind. Daher ist jeder in der weichmagnetischen Unterschicht vorhan-

dene magnetische Übergang mindestens so breit, wie eine Breite einer Wand eines Weiss'schen Bezirks (z. B. 100–500 nm), wie in [Fig. 1b](#) dargestellt ist. Auch reduziert das Vorhandensein eines solchen Weiss'schen Bezirks die lokale Permeabilität der SUL und kann die Wirkung der Struktur so beeinflussen, als wenn kein weichmagnetisches Material als Unterschicht in diesem Bereich vorhanden wäre, um einen Flusspfad mit niedriger Impedanz zur Verfügung zu stellen. Eine große Breite der Wände der Weiss'schen Bezirke bewirkt, dass die Schärfe des Kopfgradienten degradiert wird und der Wert des PW50 begrenzt wird. Dies ist von Nachteil, weil steile Feldgradienten am Kopf notwendig sind, um schmale Übergänge in den quermagnetischen Aufzeichnungsbeschichtungen zu schreiben. Ein weiterer Nachteil der Wände der Weiss'schen Bezirke, die in der SUL existieren, betrifft das Feld, das von ihnen ausgeht. Wenn ein Lesekopf direkt über dem Medium vorbeiläuft, in dem ein Übergang in einem Weiss'schen Bezirk in der SUL vorhanden ist, wird er ein entsprechendes niederfrequentes Signal aufnehmen, das dem Rauschen des Systems hinzugeführt wird, so dass sich die Gesamtleistungsfähigkeit verschlechtert.

[0005] Das Ausmaß der magnetostatischen Kopplung kann in der SUL reduziert werden, indem geeignete synthetische antiferromagnetische Strukturen eingebracht werden, die bei der Restmagnetisierung (d. h. bei Abwesenheit eines extern angelegten Feldes) das Nettomoment, das für eine Weitbereichs-Kopplung besteht, minimieren. Quermagnetische Aufzeichnungsplatten, welche solche anti-ferromagnetische Strukturen aufweisen, sind beispielsweise aus den Druckschriften JP 2001-155322 A und JP 2003-45015 A bekannt. Insbesondere offenbart die Druckschrift JP 2003-45015 A eine quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruches 1. Danach umfasst die bekannte quermagnetische Aufzeichnungsplatte mehrere Schichtengruppen, wobei die Schichtengruppen jeweils ferromagnetische Schichten und nicht-magnetische Abstandsschichten enthalten, um eine anti-ferromagnetische Kopplung zwischen den ferromagnetischen Schichten zu bewirken. Die aus den mehreren Schichtengruppen bestehende Sandwichstruktur ist aus ferromagnetischen Teilschichten mit gleicher Schichtdicke aufgebaut.

[0006] Ferner offenbart die Druckschrift DE 34 40 386 C2 einen magnetischen Aufzeichnungsträger mit zwei magnetischen Schichten: eine erste magnetische Schicht aus einem weichmagnetisierten Material auf einer Oberfläche eines Trägerelements und eine zweite magnetische Schicht mit senkrechter Anisotropie; wobei die zweite magnetische Schicht auf der Oberfläche der ersten magnetischen Schicht angeordnet ist. Die Legierung der zweiten

magnetischen Schicht ist aus einer Drei-Element-Legierung hergestellt, wobei ein Element Tantal ist.

[0007] US 2003/0022023 A1 offenbart einen magnetischen Aufzeichnungsträger mit mehreren Schichten, wobei sich magnetische Schichten (FM-Schichten) und Abstandsschichten (AF-Schichten) abwechseln. Die die magnetischen Schichten umfassen jeweils eine obere Schicht, eine untere Schicht und dazwischenliegende Schichten. Die Dicke der zwischenliegenden Schichten ist konstant. Die Dicke der oberen Schichten beträgt $\frac{1}{2}$ der Dicke der zwischenliegenden FM-Schichten.

[0008] US 6 469 878 B1 offenbart einen magnetischen Aufnahmekopf mit einer synthetischen anti-ferromagnetischen Schicht SAF), die zwei magnetische Schichten aufweist, die durch eine Abstandsschicht voneinander getrennt sind.

[0009] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine quermagnetische Aufzeichnungsplatte, ein Verfahren zu deren Herstellung sowie ein Plattenlaufwerk bereitzustellen, bei welchen das Ausmaß der magnetostatischen Kopplung in der weichmagnetischen Unterschied (SUL) weiter reduziert ist.

[0010] Die Erfindung stellt hierzu eine quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach dem Gegenstand des unabhängigen Anspruches 1 bereit. Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist auf ein Verfahren zum Herstellen einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte nach dem Gegenstand des unabhängigen Anspruches 12 sowie auf ein Plattenlaufwerk nach dem Gegenstand des unabhängigen Anspruches 18 gerichtet. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0011] Die vorliegende Erfindung wird beispielhaft und nicht begrenzend in den Figuren der beigefügten Zeichnungen erläutert, in denen gleiche Bezugszeichen ähnliche Elemente angeben und in denen:

[0012] [Fig. 1A](#) ein herkömmliches magnetisches Plattenlaufwerksystem zeigt;

[0013] [Fig. 1B](#) Wandeffekte der Weiss'schen Bezirke in einem herkömmlichen Laufwerksystem mit einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte zeigen;

[0014] [Fig. 2](#) Magnetisierungen von Bereichen in einer quermagnetischen Aufzeichnungsschicht zeigen.

[0015] [Fig. 3A](#) eine Ausführungsform einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte zeigt;

[0016] [Fig. 3B](#) eine weitere Ausführungsform einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte zeigt;

[0017] [Fig. 3C](#) die Dicke der weichmagnetischen Schichten in einer Ausführungsform einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte zeigt;

[0018] [Fig. 4](#) die magnetischen Effekte in einer Ausführungsform einer weichmagnetischen Schicht zeigt;

[0019] [Fig. 5](#) eine Ausführungsform eines Plattenlaufwerksystems mit einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte zeigt; und

[0020] [Fig. 6](#) eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Herstellen einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte zeigt.

Ausführliche Beschreibung

[0021] In der nachfolgenden Beschreibung werden zahlreiche spezifische Details beschrieben, wie Beispiele von spezifischen Materialien, Komponenten, Dimensionen usw., um ein gründliches Verständnis der vorliegenden Erfindung zur Verfügung zu stellen. Es ist jedoch einem Fachmann offensichtlich, dass diese spezifischen Details nicht notwendigerweise angewendet werden müssen, um die vorliegende Erfindung auszuführen. In anderen Beispielen sind wohlbekannte Komponenten oder Verfahren nicht ausführlich beschrieben worden, um zu vermeiden, dass die vorliegende Erfindung unnötigerweise verworren dargestellt wird.

[0022] Die Begriffe „über“, „unter“, und „zwischen“, die hierin benutzt werden, beziehen sich auf eine relative Position einer Schicht mit Bezug auf andere Schichten. Somit kann eine Schicht, die auf oder unter einer anderen Schicht abgeschieden oder aufgebracht wird, in direktem Kontakt mit der anderen Schicht sein, oder es können eine oder mehrere Zwischenschichten vorhanden sein. Weiterhin kann eine Schicht, die zwischen Schichten abgeschieden oder aufgebracht ist, in direktem Kontakt mit den Schichten sein, oder es können eine oder mehrere dazwischen liegende Schichten vorhanden sein. Weiterhin bezieht sich der Begriff „Unterschicht“, der hierin verwendet wird, auf eine Position relativ zu der magnetischen Aufzeichnungsschicht. Somit können eine oder mehrere andere Schichten existieren, die zwischen der Unterschicht und der magnetischen Aufzeichnungsschicht angeordnet sind.

[0023] Die Schichten einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte können ein „hartmagnetisches“ oder „weichmagnetisches“ Medium aufweisen. Eine hartmagnetische Aufzeichnungsschicht, die als die Datenschicht dient, erfordert große angelegte Feldstärken, um permanent in einer bestimmten Richtung

magnetisiert zu werden, und ist sie einmal in einer solchen Weise magnetisiert, sind große Feldstärken notwendig, um die Magnetisierung umzukehren und/oder die aufgezeichnete Information zu löschen. Eine weichmagnetische Schicht erfordert andererseits relativ niedrige Feldstärken, um in einer bestimmten Richtung magnetisiert zu werden. Materialien für eine weichmagnetische Schicht können in Verbindung mit einer hartmagnetischen Schicht verwendet werden, um eine verbesserte Leistungsfähigkeit zu erreichen, wie nachfolgend beschrieben wird.

[0024] Eine quermagnetische Aufzeichnungsplatte wird nachfolgend beschrieben. Die quermagnetische Aufzeichnungsplatte wird in einem Plattenlaufwerkssystem verwendet, das typischerweise einen Schreib-Lese-Kopf aufweist. Der Kopf umfasst einen hinteren Schreibpol, eine vordere Rückführung (Gegenpol), der mit dem Schreibpol magnetisch gekoppelt ist. Eine weichmagnetische Beschichtung unterhalb der hartmagnetischen Aufzeichnungsschicht wird verwendet, um einen magnetischen Kreis mit dem Kopf zu bilden. Die weichmagnetische Beschichtung stellt einen Pfad für den magnetischen Fluss zur Verfügung, der zu oder von dem Kopf fließt. Die weichmagnetische Beschichtung umfasst eine weichmagnetische Unterschicht und eine oder mehrere Schichtengruppen mit einer Abstandsschicht und einer weichmagnetischen Schicht, die in jeder Schichtengruppe über der Abstandsschicht angeordnet ist. Die Abstandsschichten bewirken eine anti-ferromagnetische Kopplung zwischen den umgebenden ferromagnetischen Schichten. Die Abstandsschichten können Ruthenium enthalten. Die weichmagnetischen Schichten können eine granular entkoppelte Struktur aufgrund der Verwendung eines Trennstoffes aufweisen.

[0025] Die [Fig. 2](#) stellt die Magnetisierungen von Bereichen in einer quermagnetischen Aufzeichnungsschicht dar. Der Bereich **210** der quermagnetischen Aufzeichnungsschicht **250** ist in einer ersten Richtung und in dem Bereich **220** in einer zweiten Richtung magnetisiert, die zur ersten Richtung entgegengesetzt ist. Ein Übergangsbereich in der magnetischen Aufzeichnungsschicht (TR_H) **225** existiert zwischen den entgegengesetzt ausgerichteten magnetischen Bereichen **210** und **220** der magnetischen Aufzeichnungsschicht **250**. Dies ist der Bereich, in dem die Magnetisierung die Polarität zwischen den Aufzeichnungsbits umkehrt. Beim magnetischen Aufzeichnen ist es wünschenswert, dass TR_H **225** so klein wie möglich ist, um die Flächenaufzeichnungs-dichte zu maximieren. Die weichmagnetische Beschichtung **215** soll als ein Flusskonzentrator dienen, um einen steilen Feldgradienten am Kopf zu erreichen, so dass schmale Übergänge in der magnetischen Aufzeichnungsschicht **250** geschrieben werden können. Somit ist es entsprechend wünschenswert, dass der Übergangsbereich **230** in der weich-

magnetischen Beschichtung **215** (TR_S) so klein wie möglich ist. Im allgemeinen ist die Breite der TR_S **230** proportional zur Sättigungsmagnetisierung (M_s) multipliziert mit der Dicke (t) **217** der weichmagnetischen Beschichtung **215** (Mst) und umgekehrt proportional zu Koerzivität (H_c) der weichmagnetischen Beschichtung **215** (der Grad, bis zu dem das magnetische Material widersteht, in der entgegengesetzten Richtung magnetisiert zu werden).

[0026] Die Koerzivität bestimmt die Fähigkeit einer Beschichtung Entmagnetisierungsfeldstärken zu widerstehen und somit ist sie wichtig, um höhere Aufzeichnungsdichten zu erreichen. Jedoch beschreibt Koerzivität lediglich das Durchschnittsverhalten aller Kristalle in einer Beschichtung während der Zeitdauer, die eine Entmagnetisierungsfeldstärke an eine Beschichtung angelegt wird. Über das Steuern der durchschnittlichen Feldstärke hinaus, bei der die Magnetisierung umschlagt, kann die Konfiguration, bei der die Körner der Beschichtung magnetisiert werden, auch gesteuert werden. Die Magnetisierungsumkehr in einer Beschichtung kann auf grundsätzlich verschiedenen Arten erfolgen: (1) Individuelle Körner können unabhängig der Ummagnetisierung unterworfen werden; (2) Lokale Körnergruppen, die miteinander magnetostatisch gekoppelt sind, können gemeinsam ummagnetisiert werden; und (3) Körner, die über größere Entfernungen von den magnetischen Weiss'schen Bezirken miteinander gekoppelt sind (und die Ummagnetisierung tritt durch die Bewegung der Wände der Weiss'schen Bezirke auf). Mehr als eine dieser Arten können in einer Schicht vorliegen.

[0027] Zusätzlich zur intergranularen Austauschkopplung, die wahrscheinlich in einer herkömmlichen SUL-Struktur vorhanden ist, sind die individuellen Körner in einer weichmagnetischen Schicht nahe genug beieinander, um einer starken magnetostatischen Kopplung zu unterliegen. Einer dieser Koppelungsmechanismen bewirkt den Effekt, dass Gruppen von benachbarten Körnern sich mehr oder weniger gleichförmig verhalten. Die Körner der weichmagnetischen Beschichtung **215** können durch die Verwendung eines Trennstoffes, wie nachfolgend beschrieben wird, Austausch-entkoppelt sein. Man geht davon aus, dass der Zusatz von einer oder mehreren nicht-magnetischen Abstandsschichten (z. B. aus Ru oder Re) zu der weichmagnetischen Beschichtung **215**, die unterhalb der magnetischen Aufzeichnungsschicht **250** angeordnet ist (wie in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) dargestellt ist) so arbeitet, dass die magnetostatische Kopplung durch das effektive Reduzieren von Mst aufgrund der starken anti-ferromagnetischen Kopplung, die in der weichmagnetischen Beschichtung **215** vorliegt, zerstört wird. Der Zusatz einer oder mehrerer solcher nicht-magnetischer Abstandsschichten, die in der weichmagnetischen Beschichtung **215** eingestreut sind, können

die magnetischen Weiss'schen Bezirke in der weichmagnetischen Beschichtung **215** neutralisieren. Die intergranulare Austausch-Entkopplung der weichmagnetischen Schichten in Kombination mit den Abstandsschichten können weiterhin die magnetischen Weiss'schen Bezirke in der weichmagnetischen Beschichtung **215** neutralisieren. Zuvor wurde der magnetische Übergang in einer weichmagnetischen Beschichtung auf die typische Wandflächenbreite der Weiss'schen Bezirke innerhalb der Schicht begrenzt. Bei neutralisierten magnetischen Weiss'schen Bezirken in der weichmagnetischen Beschichtung **215** können die magnetischen Übergänge (z. B. **230**) enger sein. Dies führt umgekehrt zu schärferen Feldverläufen und Feldgradienten am Kopf, um engere Übergänge in der quermagnetischen, hartmagnetischen Aufzeichnungsschicht **250** zu schreiben.

[0028] Die [Fig. 3A](#) zeigt eine Ausführungsform einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte. Bei einer Ausführungsform umfasst die quermagnetische Aufzeichnungsplatte **300** ein Substrat **310**, eine weichmagnetische Beschichtung **315** und eine hartmagnetische Schicht **350**. Die oben erwähnten Schichten (und die anderen hierin beschriebenen Schichten) können auf beiden Seiten des Substrates **310** gebildet sein, um eine doppelseitige magnetische Aufzeichnungsplatte zu bilden. Jedoch sind nur die Schichten auf einer Seite des Substrates **310** für eine einfache Darstellung gezeigt. Alternativ kann eine einseitig quermagnetische Aufzeichnungsplatte gebildet werden.

[0029] Das Substrat **310** kann z. B. aus einem Glasmaterial oder Metall-/Metall-Legierungs-Material zusammengesetzt sein. Glassubstrate, die verwendet werden können, umfassen z. B. ein Silika enthaltendes Glas, z. B. ein Borosilikat-Glas bzw. ein Aluminosilikat-Glas. Metall und Metall-Legierungs-Substrate, die verwendet werden können, umfassen z. B. Aluminium (Al) bzw. Aluminium-Magnesium-Substrate (AlMg). Bei einer alternativen Ausführungsform können andere Substratmaterialien wie Polymere und Keramiken verwendet werden. Das Substrat **310** kann auch mit einer Nickel-Phosphor (NiP) Schicht beschichtet sein (nicht gezeigt). Die Substratoberfläche (oder die beschichtete NiP-Oberfläche) kann poliert und/oder strukturiert sein.

[0030] Die weichmagnetische Beschichtung **315** umfasst eine weichmagnetische Unterschicht **320** und eine Schichtengruppe, die darauf abgeschieden ist, und eine Abstandsschicht **321** und eine weitere weichmagnetische Schicht **331**. Bei einer Ausführungsform kann die Abstandsschicht **321** aus Ru oder einer Ru-Legierung (die z. B. im Wesentlichen aus Ru besteht) zusammengesetzt sein. Ru ist ein nicht-magnetisches Element. Alternativ können andere Materialien, die eine antiferromagnetische Kopplung zwischen der weichmagnetischen Schicht **331** und der

weichmagnetischen Unterschicht **320** bewirken, für die Abstandsschicht **321** verwendet werden, z. B. Rhenium (Re).

[0031] Die Abstandsschicht **321** kann eine Dicke **322** im Bereich von ungefähr 4–10 Angstrom und bei einer besonderen Ausführungsform ungefähr 8 Angstrom aufweisen. Alternativ kann die Abstandsschicht **321** eine Dicke **322** außerhalb des oben angegebenen Bereichs aufweisen. Die Abstandsschicht **321** kann auch helfen, um die getrennten säulenartigen Körner in den weichmagnetischen Unterschichten magnetisch zu entkoppeln.

[0032] Die weichmagnetischen Schichten **320** und **331** können z. B. aus einer Eisen-Kobalt-Nickel-Legierung (FeCoNi) zusammengesetzt sein. Andere Materialien, die für die weichmagnetischen Unterschichten verwendet werden können, umfassen z. B. Kobalt-Eisen (CoFe), Nickel-Eisen (NiFe) und Legierungen davon. Die weichmagnetischen Unterschichten und Materialien, die zum Herstellen einer weichmagnetischen Unterschicht verwendet werden können, sind im Gebiet der magnetischen Aufzeichnungsplatten wohl bekannt; demgemäß ist weiterhin eine ausführliche Beschreibung nicht vorgesehen. Bei einer Ausführungsform liegt die Dicke der weichmagnetischen Unterschicht **320** ungefähr im Bereich von 1000 bis 1800 Angstrom und die Dicke der weichmagnetischen Schicht **331** ungefähr im Bereich von 50 bis 100 Angstrom. Alternativ können die weichmagnetischen Schichten **320** und **331** andere Dicken aufweisen. Man schätzt, dass bei quermagnetischen Aufzeichnungssystemen die Dicke der SUL mit der Dicke des Schreibpols des Kopfes skaliert wird, um einer einfachen Flusskonservierungsanforderung zu genügen.

[0033] Die Körner der weichmagnetischen Schicht **315** können durch die Verwendung eines Trennstoffes, z. B. Siliziumdioxid (SiO_2) oder Bor, in den weichmagnetischen Unterschichten austauschentkoppelt sein. Der Trennstoff sollte mit dem Material der weichmagnetischen Unterschicht kompatibel sein und sollte die intrinsischen Eigenschaften des weichmagnetischen Materials im Wesentlichen nicht beeinflussen. Die weichmagnetische Beschichtung **315** mit einer solchen entkoppelten Struktur kann eine geringere Permeabilität und einen höheren H_c aufweisen, als bei einer herkömmlichen weichmagnetischen Beschichtung typisch ist. Solange jedoch die Permeabilität H_c hoch genug (z. B. > 20) und die Koerzivität H_c niedrig genug (z. B. $< 500 \text{ Oe}$) gehalten wird, kann die weichmagnetische Beschichtung **315** immer noch als ein effektiver Rückführungspfad für den Fluss durch den Kopf dienen und somit seinem bestimmten Zweck dienen.

[0034] Die hartmagnetische Aufzeichnungsschicht **350** kann z. B. mit Co-Legierungen, mit Co/Pt-ba-

sierenden metallischen Mehrlagen-Anordnungen zusammengesetzt sein oder auf intermetallischen Verbindungen wie z. B. FePt L10 basieren. Alternativ kann die hartmagnetische Aufzeichnungsschicht **350** aus mehreren magnetischen Aufzeichnungsschichten und nicht-magnetischen Aufzeichnungsschichten zusammengesetzt sein. Magnetische Aufzeichnungsschichten sind aus dem Stand der Technik bekannt; daher ist eine ausführliche Beschreibung nicht vorgesehen.

[0035] Bei einer alternativen Ausführungsform kann die weichmagnetische Beschichtung **315** mehrere (N) Gruppen von weichmagnetischen Schichten und Abstandsschichten umfassen, wie in [Fig. 3b](#) dargestellt ist. Jede Schichtengruppe wirkt den magnetischen Effekten der darüber liegenden Gruppe entgegen, wie es weiter unten in Verbindung mit [Fig. 4](#) beschrieben wird. Die Abstandsschichten können gleichmäßig zwischen den weichmagnetischen Schichten, wie in [Fig. 3B](#) dargestellt ist, verteilt sein. Bei einer besonderen Ausführungsform können die weichmagnetischen Schichten **331** verschiedene Dicken aufweisen, wie nachfolgend mit Bezug auf [Fig. 3C](#) beschrieben wird.

[0036] [Fig. 3C](#) zeigt die Dicke der weichmagnetischen Schichten bei einer Ausführungsform einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte. Eine oder mehrere der weichmagnetischen Schichten können eine unterschiedliche Dicke als andere weichmagnetische Schichten aufweisen. Jede weichmagnetische Schicht kann eine Dicke aufweisen, die größer ist als die Dicke der weichmagnetischen Schicht, die darüber angeordnet ist. Z. B. ist die Dicke t_1 **391** der weichmagnetischen Schicht **331₁** größer als die Dicke t_2 **392** der weichmagnetischen Schicht **334_{N-1}** und die Dicke t_2 **392** der weichmagnetischen Schicht **331_{N-1}** größer als die Dicke t_N **393** der weichmagnetischen Schicht **331_N**. Bei einer besonderen Ausführungsform weist jede weichmagnetische Schicht eine Dicke auf, die im Bereich von ungefähr 10 bis 15% dicker ist als die Dicke der unmittelbar darüber angeordneten weichmagnetischen Schicht. Andere Dickenverhältnisse zwischen den weichmagnetischen Schichten können auch verwendet werden. Die weichmagnetischen Schichten können Dickenverhältnisse aufweisen, die so ausgewählt sind, dass sie das eine Wand eines Weiss'schen Bezirk umgebende Feld bei einem bestimmten Abstand über der magnetischen Aufzeichnungsschicht minimieren, um das Signal des Übergangsbereichs einer weichmagnetischen Beschichtung **315** in einem Kopf zu minimieren, der über der magnetischen Aufzeichnungsplatte schwebt.

[0037] [Fig. 4](#) zeigt die magnetischen Effekte bei einer Ausführungsform einer weichmagnetischen Beschichtung mit einer oder mehreren Abstandsschichten und weichmagnetischen Schichten. In [Fig. 4](#) ge-

ben die Plus-Zeichen (+) positive magnetische Pole und die Minus-Zeichen (-) negative magnetische Pole an, wie sie sich beim Vorhandensein eines Übergangs an einer Wand eines Weiss'schen Bezirks bei dem Magnetisierungszustand der Schicht, die durch die Pfeile in jeder Schicht angegeben sind, ausbilden würden. Wenn die Abstandsschichten 321₁ bis N eine Dicke in einem bestimmten Bereich wie oben beschrieben aufweisen, sind die weichmagnetischen Schichten 331_{1-N} anti-ferromagnetisch miteinander gekoppelt und die Schicht 3311 ist anti-ferromagnetisch mit der Schicht 320 gekoppelt, wodurch eine anti-ferromagnetische weichmagnetische Beschichtung 315 erzeugt wird. Aufgrund der anti-ferromagnetischen Kopplungen zwischen den Schichten 331_(1-N) und der weichmagnetischen Unterschicht 320 ist, wenn ein Bereich in der Schicht 331_(N) in einer Richtung magnetisiert ist (z. B. wie durch den Fall D1 dargestellt ist), die Magnetisierungsrichtung des darunter liegenden Bereichs der Schicht 331_(1-N) in der umgekehrten Richtung (z. B. wie durch den Pfeil D2 gezeigt). Die Magnetisierung der Schichten wird durch eine Hysterese-Schleife charakterisiert. Wenn das angelegte magnetische Feld an das Medium 300 erhöht wird, werden die Schichten 331_(1-N) in der gleichen Richtung wie das angelegte magnetische Feld magnetisiert. Wenn das angelegte magnetische Feld über einen bestimmten Punkt hinaus reduziert wird, beginnt die Magnetisierung einer der Schichten 331 die Richtung in einen anti-ferromagnetischen Zustand mit Bezug auf die benachbarten Schichten 331 zu ändern. Eine starke anti-ferromagnetische Kopplung zwischen den Schichten 331_(1-N) verringert die Zeitspanne, um den Zustand des Mediums 300 zu ändern. Das magnetische Aufzeichnungsmaterial 300 ist teilweise auf thermische Energie angewiesen, um die Magnetisierungsrichtungen der Schichten in Richtung ihrer niedrigeren Energieniveaus zu ändern.

[0038] Die anti-ferromagnetische Struktur in der SUL kann so gestaltet sein, um die Feldstärke, die davon auf den Lesekopf einwirkt, zu minimieren, wodurch effektiv jeder Übergang, der in der SUL vorhanden ist, z. B. durch das Vorhandensein einer Wand eines Weiss'schen Bezirks, effektiv als weiter entfernt erscheint, als er tatsächlich von der Oberfläche des Mediums entfernt ist, so dass seine schädlichen Effekte auf die Rauscheigenschaften des Systems minimiert werden.

[0039] Zusätzlich kann die Granularität der weichmagnetischen Schichten 331_(N) helfen, schärfere magnetische Übergänge zu erhalten und führt zu einer größeren Empfindlichkeit gegenüber den hochdichten magnetischen Polvariationsen an der Unterseite der magnetischen Aufzeichnungsschicht 350 durch die Magnetisierung in der weichmagnetischen Beschichtung 315, die sich selbst ausrichtet, um die Feldstärken, die von einem solchen Magnetisie-

rungsmuster in der Aufzeichnungsschicht auftreten, auszulöschen.

[0040] Mit Bezug auf [Fig. 3B](#) können eine oder mehrere zusätzliche Schichten auch zwischen dem Substrat 310 und der magnetischen Aufzeichnungsschicht 350 angeordnet werden, z. B. eine Keimbildungsschicht 340. Die Keimbildungsschicht 340 kann verwendet werden, um ein bestimmtes Kristallwachstum in der magnetischen Aufzeichnungsschicht 350 zu erleichtern. Durch eine strukturierte Keimbildungsschicht für die eine oder mehreren Unterschichten kann man eine feinere kristalline Struktur der Magnetaufzeichnungsschicht 350 erreichen. Die Struktur der Keimbildungsschicht 350 kann mehrere Zwischenschichten umfassen, die z. B. für das epitaktische Aufwachsen der nachfolgend abgeschiedenen magnetischen Aufzeichnungsschicht 315 dienen. Eine Keimbildungsschicht, entweder als Keimbildungsunderschicht oder als Zwischenschicht ausgebildet, steuert die Formbildung und Kornorientierung der nachfolgenden Schichten. Insbesondere steuert eine Keimbildungsschicht die Korngröße, den Kornabstand, die Kornorientierung und die C-Achse der Körner der nachfolgend abgeschiedenen Schichten und der magnetischen Aufzeichnungsschicht 350. Das Material der Keimbildungsschicht 340 kann abhängig von seiner kristallinen Struktur ausgewählt werden und eine relativ gute Gitterübereinstimmung für bestimmte Gitterebenen des ausgewählten Materials für die magnetische Schicht aufweisen. Um am besten als quermagnetischen Aufzeichnungsschicht zu dienen, sollte das Material der magnetischen Aufzeichnungsschicht 350 (z. B. Kobalt oder eine Kobalt-Legierung) die C-Achse der granularen Strukturen aufweisen, die rechtwinklig zur Substratebene angeordnet ist. Somit kann die Keimbildungsschicht 340 verwendet werden, um eine Kristallrichtung in der magnetischen Aufzeichnungsschicht 350 vorzugeben, die rechtwinklig zum Beschichtungsverlauf ist. Keimbildungsschichten sind im Stand der Technik bekannt, so dass auf eine ausführliche Beschreibung verzichtet wird. Zusätzliche Schichten für andere Beispiele können auch eine oder mehrere weitere Zwischenschichten zwischen der weichmagnetischen Beschichtung 315 und der magnetischen Aufzeichnungsschicht 350 und eine oder mehrere Keimschichten unter der weichmagnetischen Unterschicht 320 umfassen.

[0041] Die Platte 300 kann auch eine oder mehrere Schichten (nicht gezeigt) auf der magnetischen Aufzeichnungsschicht 350 aufweisen. Z. B. kann eine Schutzschicht auf der magnetischen Aufzeichnungsschicht 350 abgeschieden sein, um den Reibungsanforderungen ausreichend zu genügen, wie beispielsweise das Kontakt-Start-Stop-Verhalten und den Korrosionsschutz. Vorherrschende Materialien für die Schutzschicht sind Karbon-basierte Materialien wie hydrogeniertes oder nitrogeniertes Karbon.

Ein Gleitmittel kann (z. B. durch Tauchbeschichtung, Rotationsbeschichtung usw.) auf die Schutzschicht aufgebracht sein, um die Reibungseigenschaft weiter zu verbessern, z. B. ein Per-Flour-Polyäther oder Phosphazene-Gleitmittel. Schutz- und Gleitschichten sind aus dem Stand der Technik bekannt, daher ist eine ausführliche Beschreibung nicht vorgesehen.

[0042] [Fig. 6](#) zeigt eine Ausführungsform eines Herstellungsverfahrens zur Herstellung einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte **300**. Ein Substrat **310** wird in Schritt **610** erzeugt. Die Erzeugung eines Substrats für eine magnetische Aufzeichnungsplatte ist aus dem Stand der Technik bekannt, daher ist eine ausführliche Beschreibung nicht vorgesehen. Bei allen Ausführungsformen kann das Substrat **310** beschichtet werden (z. B. mit NiP) und kann vor der nachfolgenden Abscheidung von Schichten auch poliert und/oder strukturiert werden. In Schritt **620** wird eine weichmagnetische Unterschicht **320** auf dem Substrat **310** abgeschieden. Anschließend wird eine Abstandsschicht (z. B. aus Ruthenium) **321** auf der weichmagnetischen Unterschicht **320** in Schritt **630** abgeschieden, die von einer weichmagnetischen Schicht **231** in Schritt **640** gefolgt ist. Die Schritte **630** und **640** können nach Bedarf wiederholt werden, um die N Gruppen der weichmagnetischen Schichten **331** und der Abstandsschichten **321**, wie oben beschrieben wurde, zu erzeugen.

[0043] Bei einer Ausführungsform wird eine Keimbildungsschicht auf den N Gruppen der weichmagnetischen Schichten **331** und der Abstandsschichten **321** in Schritt **650** abgeschieden. Eine magnetische Aufzeichnungsschicht **350** wird auf die Keimbildungsschicht **340** oder alternativ, wenn keine Keimbildungsschicht **340** vorhanden ist, auf die N Gruppen der weichmagnetischen Schichten **331** und der Abstandsschichten **321** in Schritt **660** abgeschieden. Zusätzliche Schichten können auf der magnetischen Aufzeichnungsschicht **350**, wie oben beschrieben, abgeschieden werden.

[0044] Das Abscheiden der einen oder mehreren Abstandsschichten, der weichmagnetischen Unterschichten, bzw. weichmagnetischen Schichten, der Keimbildungsschicht, der magnetischen Aufzeichnungsschicht und der Schutzschicht auf dem Substrat kann durch eine Vielzahl von aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren wie beispielsweise Sputtern, chemisches Aufdampfen (CVD), Ionenstrahlauscheidung (IBD) usw. durchgeführt werden.

[0045] [Fig. 5](#) zeigt ein Plattenlaufwerk mit einer Platte **300**. Das Plattenlaufwerk **500** kann eine oder mehrere Platten **300** umfassen, um Daten zu speichern. Die Platte **300** ist auf einer Spindelanordnung **560** angebracht, die in dem Plattengehäuse **580** befestigt ist. Daten können entlang von Spuren in der magnetischen Aufzeichnungsschicht **350** der Platte **300**

gespeichert werden. Das Schreiben und Lesen von Daten wird mit dem Kopf **550** durchgeführt, der sowohl Lese- als auch Schreibelemente aufweist. Das Schreibelement wird verwendet, um die Eigenschaften der quermagnetischen Aufzeichnungsschicht **350** der Platte **300** zu ändern. Bei einer Ausführungsform kann der Kopf **550** ein magnetoresistives (MR) bzw. insbesondere ein Riesen-magnetoresistives (GMR) Leseelement und ein induktives Schreibelement aufweisen. Bei einer alternativen Ausführungsform kann der Kopf **550** eine andere Art von Kopf sein z. B. ein induktiver Lese-/Schreibkopf oder ein Hall-Effektkopf. Ein Spindel-Motor (nicht gezeigt) dreht die Spindelanordnung **560** und dadurch die Platte **300**, um den Kopf **550** an eine bestimmte Stelle entlang der gewünschten Plattenspur zu positionieren. Die Position des Kopfes **550** relativ zur Platte **300** kann durch einen Positionsteuerschaltkreis **570** gesteuert werden. Die Verwendung der Platte **300**, die auf die beschriebene Weise hergestellt ist, kann die quermagnetische Aufzeichnungsschicht **350** der Platte **300** weniger anfällig gegenüber Rauschen der weichmagnetischen Beschichtung **315** machen. Die weichmagnetische Beschichtung **315** ist so gestaltet, um das Signal der Übergänge der Weiss'schen Bezirke der weichmagnetischen Schicht in Leseabschnitt des Kopfs **550** zu minimieren. Die Übergänge der Weiss'schen Bezirke erscheinen effektiv weit von dem Kopf **550** entfernt, so dass das magnetische Feld, das von der weichmagnetischen Beschichtung **315** ausgeht und auf den Kopf **550** einwirkt, minimiert ist.

[0046] In der vorangehenden Beschreibung wurde die Erfindung mit Bezug auf bestimmte beispielhafte Ausführungsformen beschrieben. Es ist jedoch offensichtlich, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich der Erfindung, wie er in den beigefügten Ansprüchen festgelegt ist, abzuweichen.

Patentansprüche

- Quermagnetische Aufzeichnungsplatte, umfassend:
ein Substrat (**310**);
eine magnetische Aufzeichnungsschicht (**350**); und
eine weichmagnetische Beschichtung (**315**), die zwischen dem Substrat (**310**) und der magnetischen Aufzeichnungsschicht (**350**) angeordnet ist, wobei die weichmagnetische Beschichtung (**315**) aufweist:
mehrere Schichtengruppen, wobei jede der mehreren Schichtengruppen eine erste ferromagnetische Schicht (**331**) und eine nicht-magnetische Abstandsschicht (**321**) aufweist, wobei die erste ferromagnetische Schicht (**331**) angrenzend an die nicht-magnetische Abstandsschicht (**321**) in jeder Schichtengruppe angeordnet ist; und
eine zweite ferromagnetische Schicht (**320**), wobei eine der nicht-magnetischen Abstandsschichten (**321**) zwischen einer von den ersten ferromagnetischen

Schichten (331) und der zweiten ferromagnetischen Schicht (320) angeordnet ist, um eine anti-ferromagnetische Kopplung zwischen diesen zu bewirken, **dadurch gekennzeichnet**, dass

jede erste ferromagnetische Schicht (331) einer Schichtengruppe eine Dicke aufweist, die größer ist als die Dicke der jeweiligen ersten ferromagnetischen Schicht (331) der unmittelbar darüberliegenden Schichtengruppe.

2. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 1, bei welcher die nicht-magnetische Abstandsschicht (321) in wenigstens einer der mehreren Schichtengruppen Ruthenium aufweist.

3. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 1, bei welcher die nicht-magnetische Abstandsschicht (321) in wenigstens einer der mehreren Schichtengruppen eine Dicke zwischen 4 bis 15 Angstrom aufweist.

4. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 1, bei welcher die Dicke der nicht-magnetischen Abstandsschicht (321) in wenigstens einer der mehreren Schichtengruppen ungefähr 8 Angstrom beträgt.

5. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 1, bei welcher die erste ferromagnetische Schicht (331) in wenigstens einer der mehreren Schichtengruppen einen Trennstoff aufweist.

6. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 1, bei welchem die nicht-magnetische Abstandsschicht (321) in jeder der mehreren Schichtengruppen Ruthenium aufweist.

7. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 1, bei welcher die nicht-magnetische Abstandsschicht (321) in jeder der mehreren Schichtengruppen eine Dicke von zwischen 4 bis 15 Angstrom aufweist.

8. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 1, bei welcher die erste ferromagnetische Schicht (331) von jeder Schichtengruppe eine Dicke aufweist, die um 10–15% dicker ist als die erste ferromagnetische Schicht (331) der Schichtengruppen, die unmittelbar darüber angeordnet ist.

9. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 1, bei welcher eine Dicke von wenigstens einer der ersten ferromagnetischen Schichten (331) im Bereich von 20–100 Angstrom liegt.

10. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 1, bei welcher die zweite ferromagnetische Schicht (320) einen Trennstoff aufweist.

11. Quermagnetische Aufzeichnungsplatte nach Anspruch 10, bei welcher der Trennstoff SiO₂ ist.

12. Verfahren zum Herstellen einer quermagnetischen Aufzeichnungsplatte nach einem der vorstehenden Ansprüchen, mit folgenden Schritten:
Abscheiden einer ersten weichmagnetischen Schicht (320) auf einem Substrat (310);
Abscheiden einer ersten Abstandsschicht (321(1)) auf der ersten weichmagnetischen Schicht (320);
Abscheiden einer zweiten weichmagnetischen Schicht (331(1)) auf der ersten Abstandsschicht (321);
Abscheiden einer zweiten Abstandsschicht (321(2)) auf der zweiten weichmagnetischen Schicht (331(1));
Abscheiden einer dritten weichmagnetischen Schicht (331(2)) auf der zweiten Abstandsschicht (321(2)), wobei jede der abgeschiedenen weichmagnetischen Schichten eine Dicke aufweist, die größer ist als die Dicke der jeweils darüber abgeschiedenen weichmagnetischen Schicht; und
Abscheiden einer magnetischen Aufzeichnungsschicht (350) auf der dritten weichmagnetischen Schicht.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei welchem ferner ein Trennstoff wenigstens einer der ersten, zweiten und dritten weichmagnetischen Schicht zugefügt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12, bei welchem die erste Abstandsschicht (321) Ruthenium aufweist.

15. Verfahren nach Anspruch 12, bei welchem die erste und zweite Abstandsschicht (321) Ruthenium aufweisen.

16. Verfahren nach Anspruch 13, bei welchem der Trennstoff SiO₂ ist.

17. Verfahren nach Anspruch 12, bei welchem ferner ein Mittel zum granularen Entkoppeln von jeder der weichmagnetischen Schichten vorgesehen ist.

18. Plattenlaufwerk, umfassend:
einen Kopf mit einem magnetoresistiven Leseelement; und
eine magnetische Aufzeichnungsplatte, die operativ mit dem Kopf gekoppelt ist, wobei die magnetische Aufzeichnungsplatte aufweist:
ein Substrat (310);
eine magnetische Aufzeichnungsschicht (350); und
eine weichmagnetische Beschichtung (315), die zwischen dem Substrat (310) und der magnetischen Aufzeichnungsschicht (350) angeordnet ist, wobei die weichmagnetische Beschichtung (315) aufweist:
mehrere Schichtengruppen, wobei jede der mehreren Schichtengruppen eine erste ferromagnetische Schicht (331) und eine nicht-magnetische Abstandsschicht (321) aufweist, wobei die erste ferromagneti-

sche Schicht (**331**) angrenzend an die nicht-magnetische Abstandsschicht (**321**) in jeder Schichtengruppe angeordnet ist; und eine zweite ferromagnetische Schicht (**320**), wobei eine der nicht-magnetischen Abstandsschichten (**321**) zwischen einer von den ersten ferromagnetischen Schichten (**331**) und der zweiten ferromagnetischen Schicht (**320**) angeordnet ist, um eine anti-ferromagnetische Kopplung zwischen diesen zu bewirken, und wobei jede erste ferromagnetische Schicht (**331**) einer Schichtengruppe eine Dicke aufweist, die größer ist als die Dicke der jeweiligen ersten ferromagnetischen Schicht (**331**) der unmittelbar darüberliegenden Schichtengruppe.

19. Plattenlaufwerk nach Anspruch 18, bei welchem die Abstandsschicht (**321**) in wenigstens einer der mehreren Schichtengruppen Ruthenium aufweist.

20. Plattenlaufwerk nach Anspruch 18, bei welchem eine Dicke von wenigstens einer der Abstandsschichten (**321**) im Bereich 4 bis 15 Angstrom liegt.

21. Plattenlaufwerk nach Anspruch 18, bei welchem die erste ferromagnetische Schicht (**331**) in wenigstens einer der mehreren Schichtengruppen aus einem Material zusammengesetzt ist, das einen Trennstoff aufweist.

22. Plattenlaufwerk nach Anspruch **21**, wobei der Trennstoff SiO_2 ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

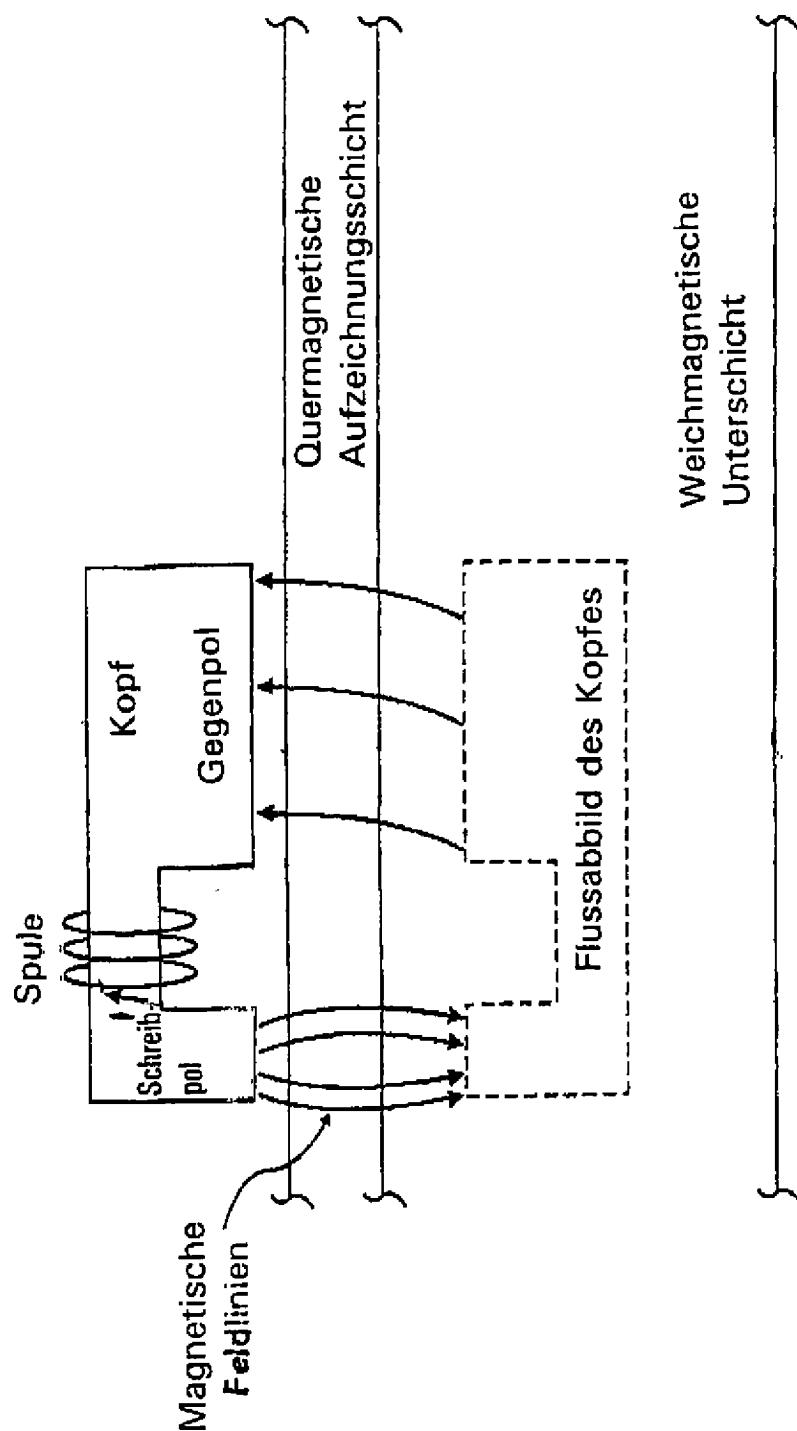


FIG. 1A

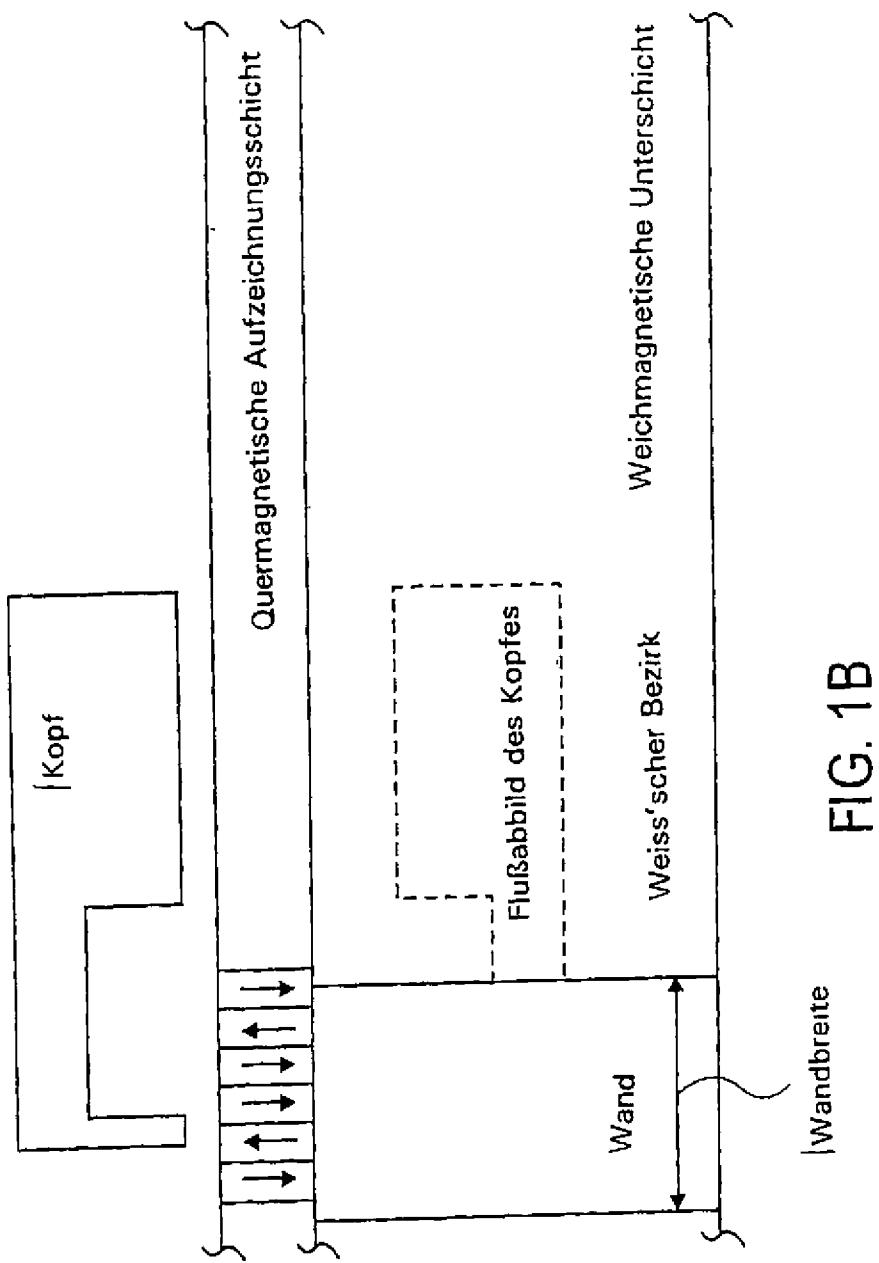


FIG. 1B

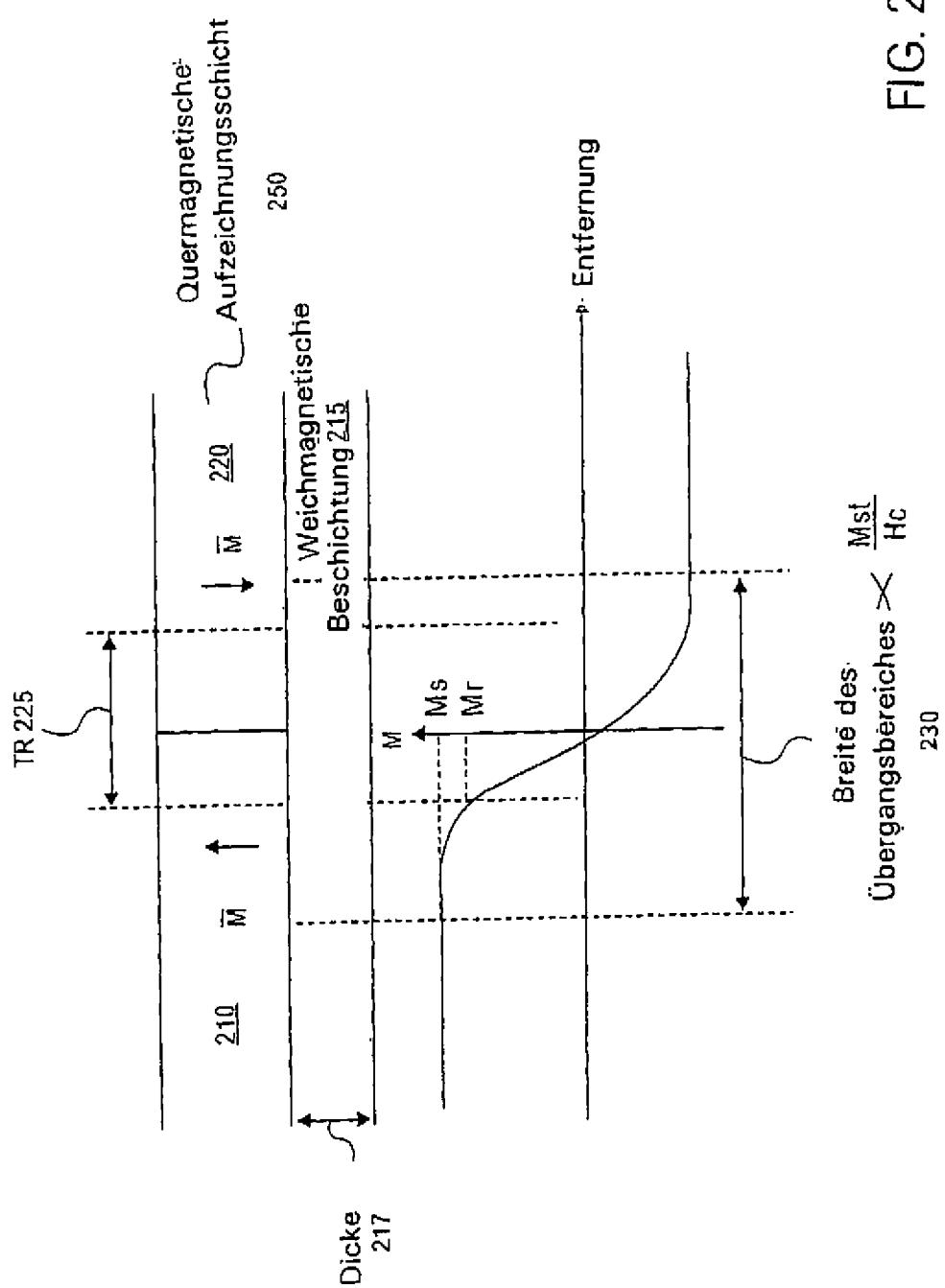


FIG. 2

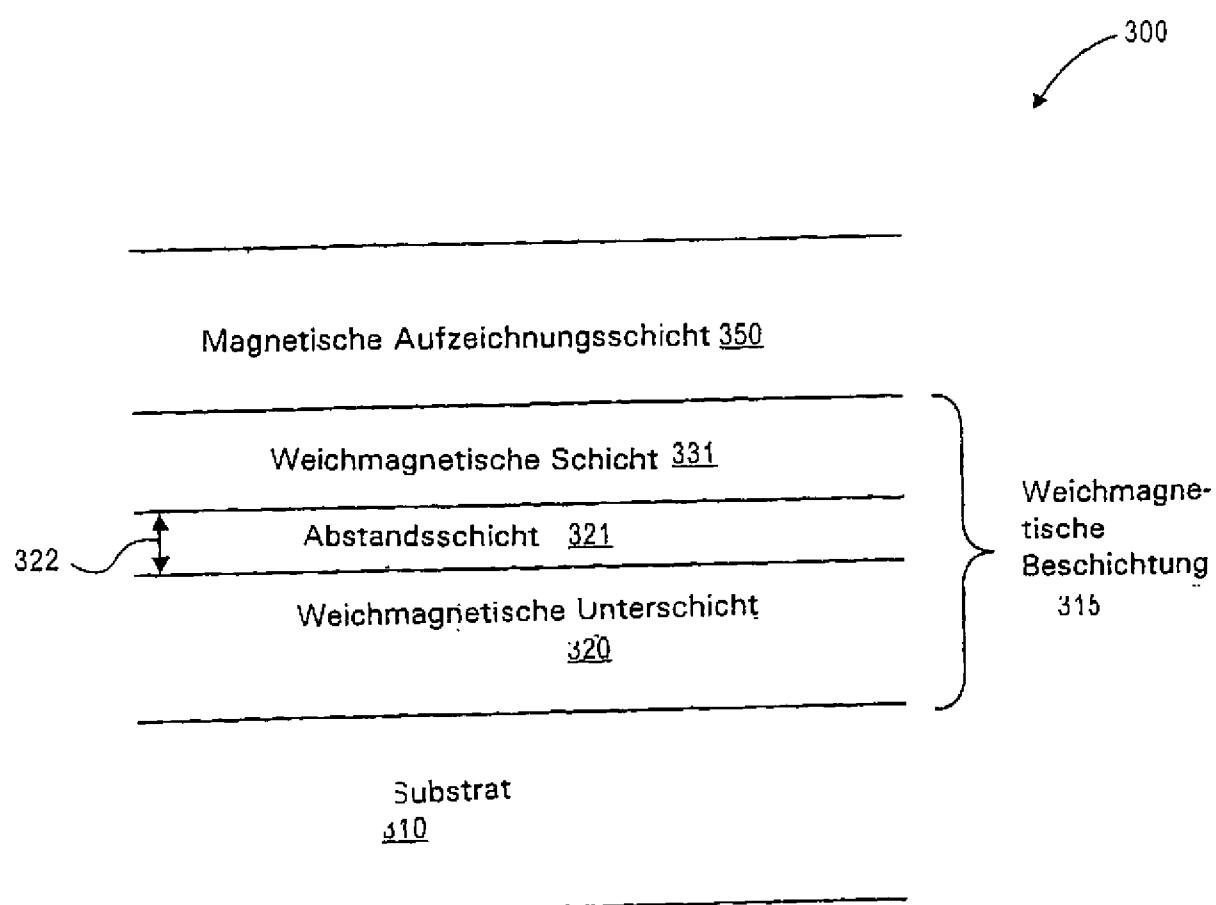


FIG. 3A

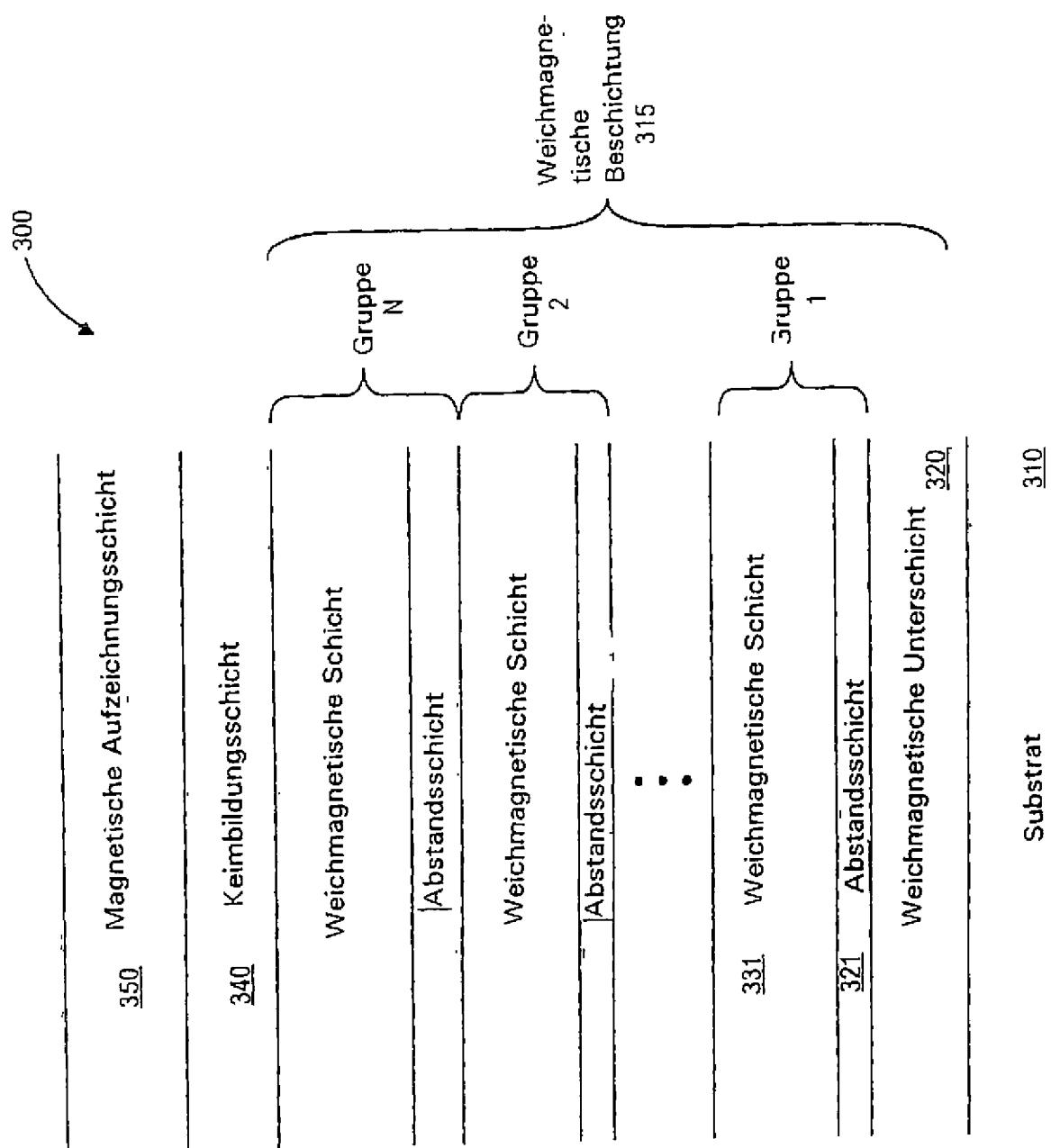


FIG. 3B

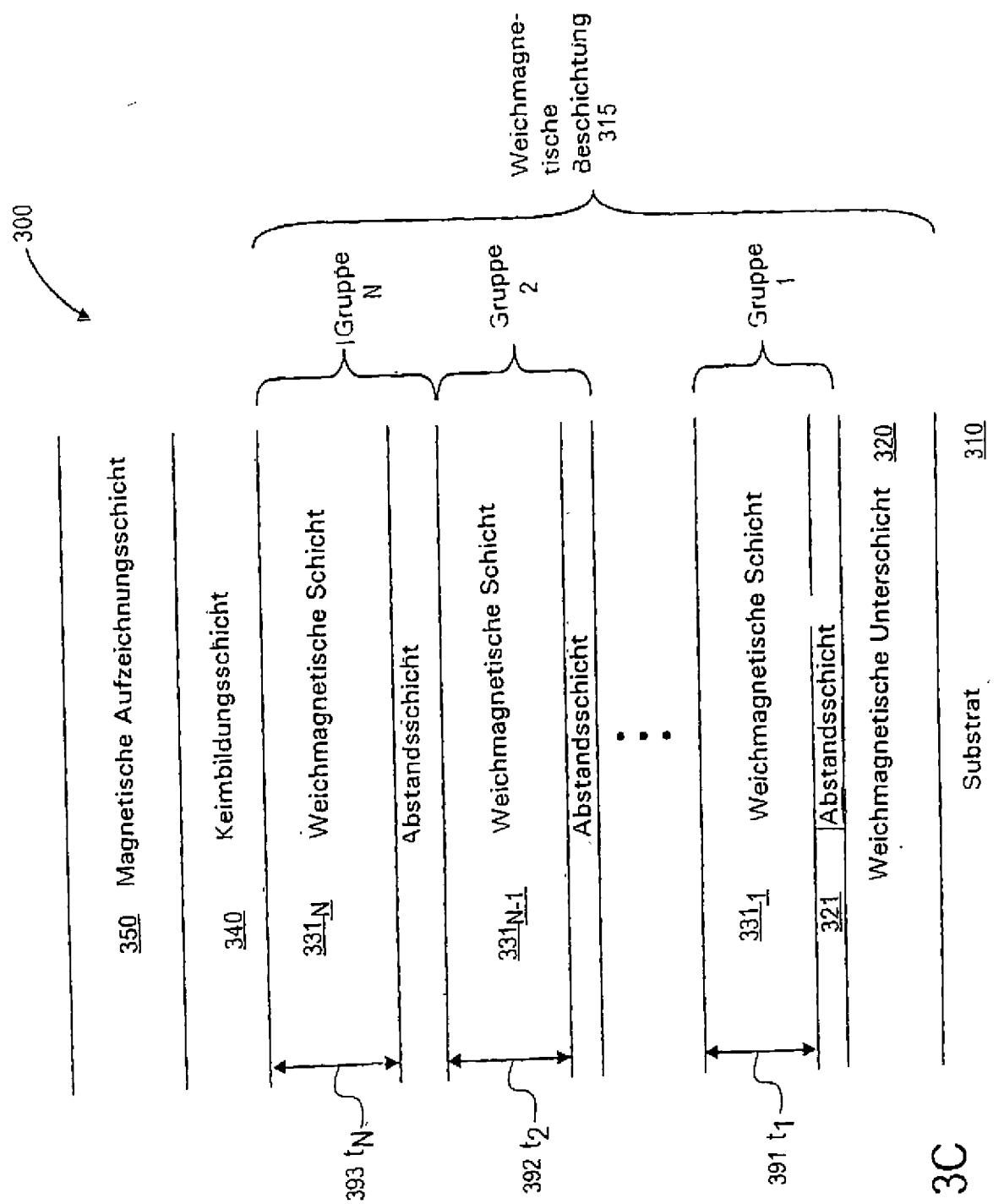


FIG. 3C

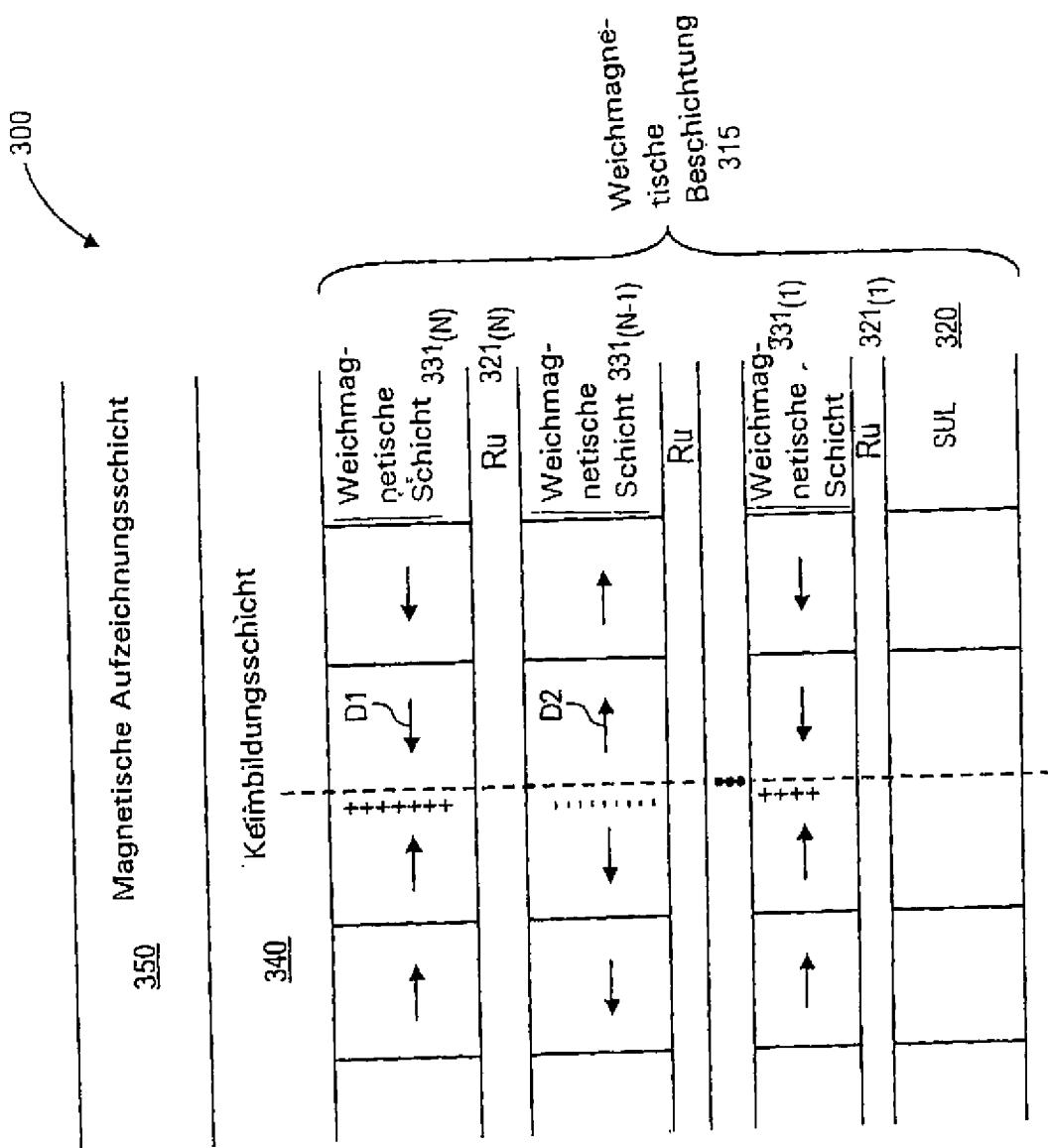


FIG. 4

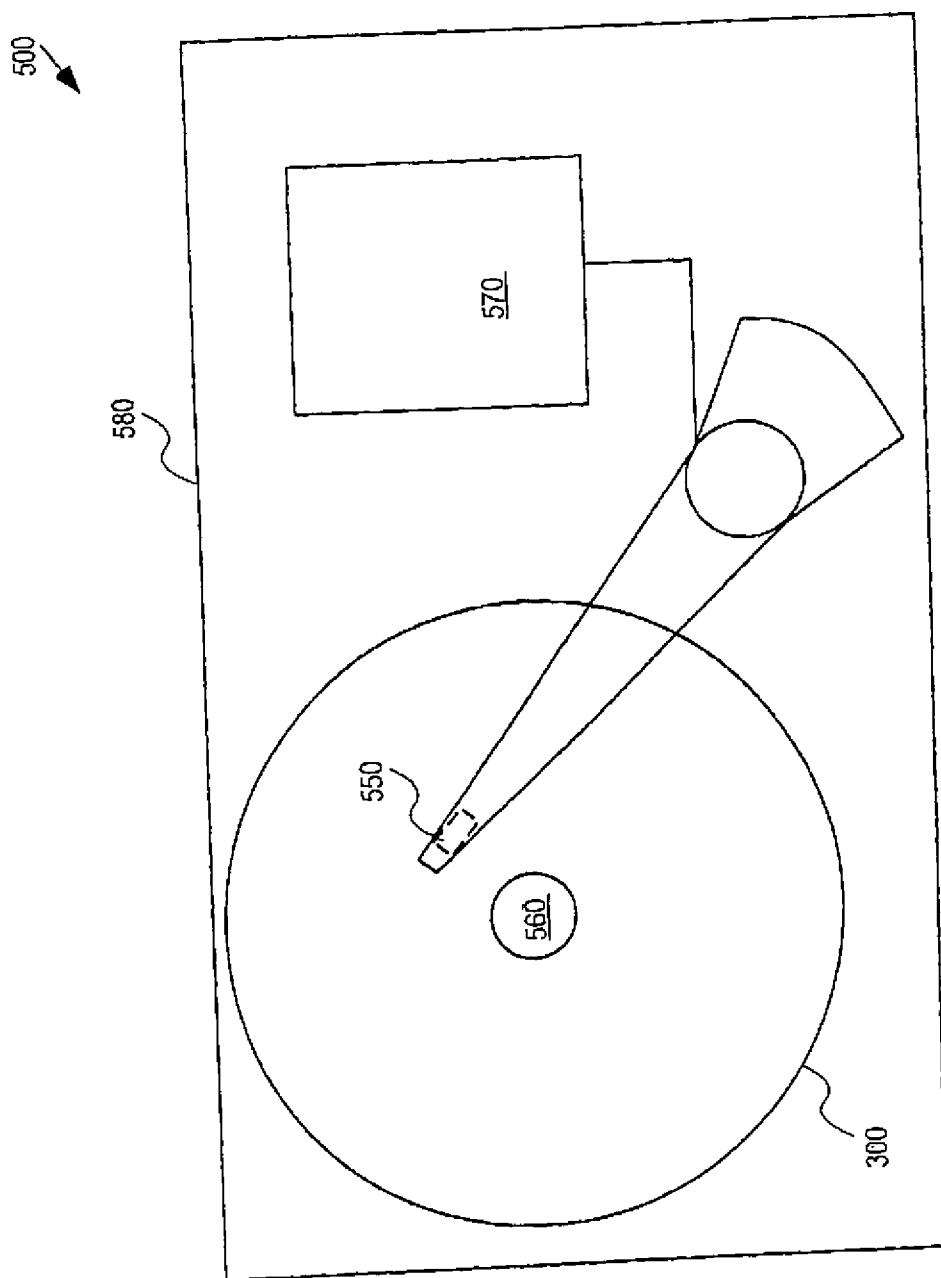


FIG. 5

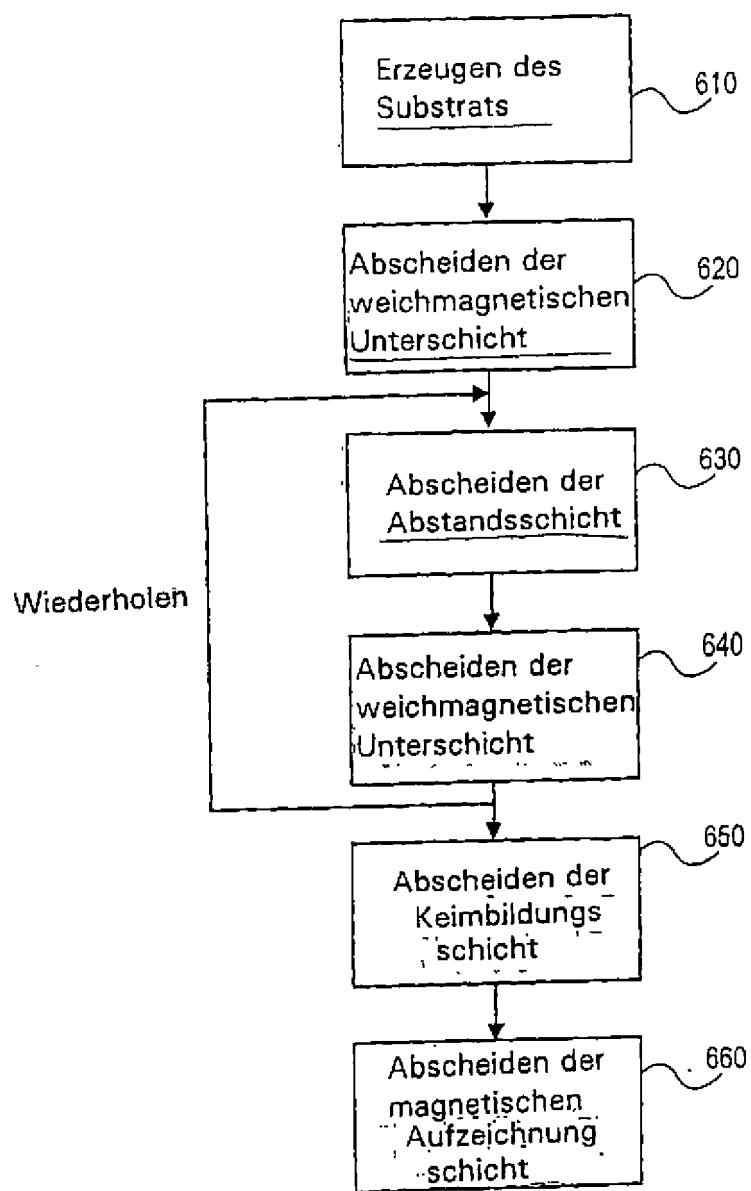


FIG. 6