(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 48 776 B4** 2013.02.28

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 48 776.2**
(22) Anmeldetag: **22.10.1998**
(43) Offenlegungstag: **29.04.1999**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **28.02.2013**

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

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:

9-309406	**22.10.1997**	**JP**
10-236801	**24.08.1998**	**JP**

(73) Patentinhaber:
ALPS Electric Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80796, München, DE

(72) Erfinder:
Hasegawa, Naoa, Nagaoka, Niigata, JP; Saito, Masamichi, Nagaoka, Niigata, JP; Oominato, Kazuya, Mitsuke, Niigata, JP; Ymamoto, Yutaka, Nagaoka, Niigata, JP; Makino, Akihiro, Nagaoka, Niigata, JP

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

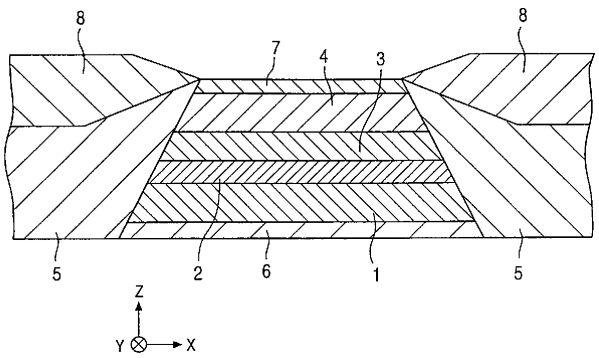
US	**5 552 949**	**A**
EP	**0 717 422**	**A1**
JP	**9 035 212**	**A**

Wong, B.Y. et al.: "Structural origin of magnetic biased field in NiMn/NiFe exchange coupled films". In: Journal of Applied Physics, Vol. 79, No. 10, 15. Mai 1996, S. 7896-7904

Wong, B.Y. et al.: "The Interplay between NiMn/NiFe Epitaxial Growth and NiMn Atomic Ordering in NiMn/NiFe Exchange Biased Layers: A Structural Perspective". In: IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 32, No. 5, Sept. 1996, S. 3425-3427

(54) Bezeichnung: **Austauschkopplungsschicht, diese Austauschkopplungsschicht verwendendes Element vom Magnetowiderstandseffekt-Typ und das Element vom Magnetowiderstandseffekt-Typ verwendender Dünnschicht-Magnetkopf**

(57) Hauptanspruch: Austauschkopplungsschicht, bei der eine antiferromagnetische Schicht (4) in direktem Kontakt mit einer ferromagnetischen Schicht (3) ausgebildet ist, ein anisotropes Austauschmagnetfeld an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht (4) und der ferromagnetischen Schicht (3) erzeugt wird und die Magnetisierungsrichtung der antiferromagnetischen Schicht in einer vorgeschriebenen Richtung festgelegt ist, wobei die antiferromagnetische Schicht (4) aus einem antiferromagnetischen Material ausgebildet ist, das mindestens die Elemente X (wobei X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) und Mn enthält, mindestens ein Teil der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht (4) nach einer Wärmebehandlung an der Grenzfläche ein tetragonal-flächenzentriert geordnetes Gitter vom $L1_0$-Typ annimmt, die Kristallausrichtung der antiferromagne-tischen Schicht (4) verschieden ist von der Kristallausrichtung der ferromagnetischen Schicht an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht, und wobei die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht nicht-kohärent ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Austauschkopplungsschicht, die aus einer antiferromagnetischen Schicht und einer ferromagnetischen Schicht besteht, wobei die Magnetisierungsrichtung der antiferromagnetischen Schicht wegen eines an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht erzeugten anisotropen Austauschmagnetfelds in einer vorgeschriebenen Richtung fixiert ist. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Austauschkopplungsschicht, die ein größeres anisotropes Austauschmagnetfeld erhalten kann, wenn die antiferromagnetische Schicht aus einem antiferromagnetischen Material gebildet ist, das ein Element X (beispielsweise Pt oder Pd) und Mn enthält, und ein diese Austauschkopplungsschicht verwendendes Magnetowiderstandselement (Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ; AMR (anisotropic magnetoresistive(anisotroper Magnetowiderstand)-Element).

[0002] Das Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ gehört zu den GMR(giant magnetoresistive; sehr großer Magnetowiderstand)-Elementen, die zum Fühlen oder Abtasten eines Aufzeichnungsmagnetfelds aus einem Aufzeichnungsmedium wie einer Festplatten-Einheit von einem sehr großen Magnetowiderstandseffekt Gebrauch machen.

[0003] Dieses Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ besitzt unter den GMR-Elementen einen relativ einfachen Aufbau, wobei es auch einige Merkmale hat, daß sein Widerstand unter einem schwachen Magnetfeld variiert werden kann.

[0004] Das vorstehend beschriebene Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ ist in seiner einfachsten Bauart aus einer antiferromagnetischen Schicht, einer festgelegten Magnetschicht, einer nichtmagnetischen leitfähigen Schicht und einer freien Magnetschicht zusammengesetzt.

[0005] Die antiferromagnetische Schicht ist in direktem Kontakt mit der festgelegten Magnetschicht ausgebildet, und die Magnetisierungsrichtung der festgelegten Magnetschicht ist entlang einer vorgeschriebenen Richtung fixiert, wobei wegen des an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der festgelegten Magnetschicht erzeugten anisotropen Austauschmagnetfelds eine einzige magnetische Domäne gebildet wird.

[0006] Die Magnetisierung der freien Magnetschicht wird durch Beeinflußung durch Vormagnetisierschichten, die an beiden Seiten der freien Magnetschicht ausgebildet sind, entlang einer Richtung so ausgerichtet, daß sie die Magnetisierungsrichtung der festgelegten Magnetschicht kreuzt.

[0007] Üblicherweise wird eine Schicht aus einer Fe-Mn(Eisen-Mangan)-Legierung oder einer Ni-Mn(Nickel-Mangan)-Legierung für die antiferromagnetische Schicht verwendet, eine Schicht aus einer Ni-Fe(Nickel-Eisen)-Legierung für die festgelegte Magnetschicht und die freie Magnetschicht verwendet, eine Cu(Kupfer)-Schicht für die nichtmagnetische leitfähige Schicht verwendet und eine Schicht aus einer Co-Pt(Kobalt-Platin)-Legierung für die Vormagnetisierschicht verwendet.

[0008] Bei diesem Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ ändert sich der elektrische Widerstand in Abhängigkeit von der Richtung des festgelegten Magnetfelds der festgelegten Magnetschicht in Beziehung zu der Variierung der Magnetisierungsrichtung des freien Magnetfelds, die durch ein Austrittsmagnetfeld von dem Magnetmedium wie einer Festplatten-Einheit verursacht wird. Das Austrittsmagnetfeld kann so erfühlt werden aus Spannungsänderungen, die diesen elektrischen Widerstandsänderungen zuzuschreiben sind.

[0009] Die Schichten aus der Fe-Mn-Legierung oder der Ni-Mn-Legierung werden zwar für die antiferromagnetische Schicht verwendet, wie vorstehend beschrieben, die Schicht aus der Fe-Mn-Legierung besitzt aber die Nachteile einer geringen Korrosionsbeständigkeit, eines kleinen anisotropen Austauschmagnetfelds und einer Sperrtemperatur von nur etwa 150°C. Die niedrige Sperrtemperatur verursacht das Problem, daß das anisotrope Austauschmagnetfeld durch das Ansteigen der Temperatur des Elements während des Herstellungsverfahrens des Kopfes oder des in Betrieb befindlichen Kopfes gelöscht wird.

[0010] Im Gegensatz dazu hat die Schicht aus der Ni-Mn-Legierung ein relativ großes anisostropes Austauschmagnetfeld sowie eine Sperrtemperatur von bis hin zu etwa 300°C. Daher ist es bevorzugt, für die antiferromagnetische Schicht die Schicht aus der Ni-Mn-Legierung zu verwenden statt der Schicht aus der Fe-Mn-Legierung.

[0011] JP 09-035212 A offenbart eine Austauschkopplungsschicht, bei der eine antiferromagnetische Schicht in direktem Kontakt mit einer ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, ein anisotropes Austauschmagnetfeld an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht erzeugt wird, und die antiferromagnetische Schicht aus einem antiferromagnetischen Material ausgebildet ist, das Mangan sowie mindestens eines der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh und Ru enthält. Die Manganlegierung der antiferromagnetischen Schicht wird aufgesputtert und entweder so verwendet, wie sie nach dem Sputtern erhalten wird, oder einer üblichen Wärmebehandlung unterzogen, um Spannungen zu beseitigen. In jedem Fall besitzt die Manganlegierung der antiferromagnetischen Schicht eine unregelmäßige Kristallstruktur.

[0012] EP 0 717 422 A1 offenbart ein Magnetowiderstandselement mit einer Austauschkopplungsschicht, bei der eine antiferromagnetische Schicht in direktem Kontakt mit einer ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, wobei an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht ein anisotropes Austauschmagnetfeld erzeugt wird und die Magnetisierungsrichtung der antiferromagnetischen Schicht in einer vorgeschriebenen Richtung festgelegt wird. Die antiferromagnetische Schicht besteht aus einer Iridium-Mangan-Legierung, die weitere Elemente enthalten kann, beispielsweise mindestens eines der Elemente Ni, Cu, Ta, Hf, Pd, Ti, Nb, Cr, Si, Al, W, Zr, Ga, Be, In, Sn, V, Mo, Re, Co, Ru, Rh, Pt, Ge, Os, Ag, Cd, Zn, Au und N. Um ein möglichst großes Austauschkopplungsmagnetfeld zu erhalten wird angestrebt, eine Gitterangleichung zwischen der Iridium-Mangan-Legierung und dem Material der ferromagnetischen Schicht zu erzielen, indem man die Iridium-Mangan-Legierung veranlasst, eine kubisch-flächenzentrierte Kristallstruktur anzunehmen.

[0013] US 5 552 949 A offenbart eine Austauschkopplungsschicht, die eine antiferromagnetische Schicht und eine zumindest teilweise auf die antiferromagnetische Schicht auflaminierte ferromagnetische Schicht aufweist. Die antiferromagnetische Schicht besteht aus einer Manganlegierung, die mindestens eines der Elemente Cu, Ru, Rh, Re, Pd, Pt, Ag, Au, Os und Ir enthält, oder aus einer Chromlegierung, die mindestens ein Element aus der Gruppe 3b des Periodensystems, Cu, Ru, Rh, Re, Pt, Pd, Ag, Au, Os, Ir, Mn, Fe, Co und V enthält. Die Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht soll kohärent sein, um ein Ablösen der antiferromagnetischen Schicht von der ferromagnetischen Schicht zu vermeiden.

[0014] Aus Wong, B. Y. et al: ”The Interplay between NiMn/NiFe Epitaxial Growth and NiMn Atomic Ordering in NiMn/NiFe Exchange Biased Layers; A Structural Perspective”, In: IEEE Transactions on Magnetics, Vol32, No. 5, September 1996, Seiten 3425 bis 3427 sind Austauschkopplungsschichten auf NiMn/NiFe-Basis mit semi-kohärenter Grenzflächenstruktur bekannt, wobei darauf hingewiesen ist, dass der Ordnungszustand an der Grenzfläche die Stärke des Austauschkopplungsmagnetfelds wesentlich beeinflusst.

[0015] B. Y. Wong, C. Mitsumata, S. Prakash, D. E. Laughlin und T. Kobayashi (Journal of Applied Physics, vol. 79, Nr. 10, S. 7896–7904 (1996)) berichteten die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der festgelegten Magnetschicht (der Schicht aus der Ni-Fe-Legierung), wenn die Schicht aus der Ni-Mn-Legierung für die antiferromagnetische Schicht verwendet wird.

[0016] In dem Bericht heißt es ”Die Schicht wächst unter Beibehaltung einer Kristallkohärenz an der NiFe/NiMn-Grenzfläche, so daß beide {111} Ebenen von NiFe und NiMn zu der Schichtoberfläche parallel sind. Die Kohärenzspannung an der Grenzfläche wird relaxiert durch Einführen einer großen Anzahl von Zwillingen mit Zwillingsebenen parallel zu der Schichtoberfläche. Ein Ordnen des NiMn in der Nähe der Grenzfläche wird wegen verbleibender Grenzflächenspannung unterdrückt, was den Ordnungsgrad an einer von der Grenzfläche beabstandeten Stelle hoch macht.”

[0017] Der Begriff ”kohärent” bezeichnet einen Zustand, in dem Atome in der anitferromagnetischen Schicht und der festgelegten Magnetschicht an der Oberfläche in einer 1:1-Übereinstimmung miteinander vorliegen, und im Gegensatz dazu bezeichnet der Begriff ”inkohärent” einen Zustand, in dem Atome in der antiferromagnetischen Schicht und der festgelegten Magnetschicht an der Grenzfläche nicht so angeordnet sind, daß sie zwischen den Schichten jeweils Paare bilden.

[0018] Eine Wärmebehandlung erlaubt die Erzeugung eines anisotropen Austauschmagnetfelds an der Grenzfläche zwischen der NiMn-Legierung und der festgelegten Magnetschicht, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der NiMn-Legierung ausgebildet ist, weil die NiFe-Legierung durch Anwenden einer Wärmebehandlung von einem ungeordneten Gitter in ein geordnetes Gitter umgewandelt wird.

[0019] Während die Kristallstruktur der NiMn-Legierung ein kubisch flächenzentriertes Gitter annimmt, in dem Ni- und Mn-Atome vor dem Unterziehen der Wärmebehandlung statistisch verteilt sind, wird die Kristallstruktur

nach der Wärmebehandlung unter Ordnen der Atomplätze (im folgenden als geordnetes Gitter bezeichnet) von dem kubisch flächenzentrierten Gitter in das tetragonal flächenzentrierte Gitter umgewandelt. Das Verhältnis (c/a) der Gitterkonstante a zu der Gitterkonstanten c der Schicht aus der Ni-Mn-Legierung beträgt 0,942, wenn die Kristallstruktur in ein perfekt geordnetes Gitter umgewandelt wird.

[0020] Da das Gitterkonstanten-Verhältnis c/a in der Schicht aus der NiMn-Legierung mit einem perfekt geordneten Gitter relativ nahe 1 liegt, wird die an der Grenzfläche während der Modifizierung vom ungeordeten Gitter zum geordneten Gitter erzeugte Gitterspannung relativ klein. Dementsprechend wird die NiMn-Legierung von dem ungeordneten Gitter in das geordnete Gitter umgewandelt, indem man die Legierung einer Wärmebehandlung unterzieht, selbst wenn die Grenzflächenstruktur zwischen der Schicht aus der NiMn-Legierung und der festgelegten Magnetschicht einen kohärenten Zustand annimmt, wodurch ein anisotropes Austauschmagnetfeld erzeugt wird.

[0021] Wie in der vorstehenden Schrift beschrieben wurde, wird die Gitterspannung an der Grenzfläche durch Ausbilden von Zwillingen etwas relaxiert.

[0022] Wie bisher beschrieben wurde, besitzt die NiMn-Legierung ein relativ großes anisotropes Austauschmagnetfeld sowie eine hohe Sperrtemperatur von 300°C, wodurch sie gegenüber den konventionellen FeMn-Legierungen überlegene Eigenschaften zeigt. Die Legierung ist jedoch nicht hinreichend bezüglich Korrosionsbeständigkeit, wie es bei den FeMn-Legierungen der Fall ist.

[0023] Dementsprechend wurden kürzlich X-Mn-Legierungen (X = Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os), die Elemente der Platingruppe verwenden, für das antiferromagnetische Material bekanntgegeben, das hervorragend ist hinsichtlich Korrosionsbeständigkeit in Verbindung mit der Fähigkeit, höhere anisotrope Austauschmagnetfelder zu erzeugen und eine höhere Sperrtemperatur zu haben.

[0024] Die Verwendung der Platingruppenelemente enthaltenden X-Mn-Legierung als die antiferromagnetische Schicht ermöglicht es, die konventionelle Wiedergabe-Ausgabe zu verbessern, und daneben die Nachteile, daß die Wiedergabe-Eigenschaften durch Löschen des anisotropen Austauschmagnetfelds wegen eines Temperaturanstiegs des Elements in dem Magnetkopf bei Betrieb verschlechtert werden, im wesentlichen zu beseitigen.

[0025] Unterdessen ist nach der Abscheidung eine Wärmebehandlung erforderlich, wenn die Elemente der Platingruppe enthaltende X-Mn-Legierung für die antiferromagnetische Schicht verwendet wird, wie in dem Fall, wenn die NiMn-Legierung für die antiferromagnetische Schicht verwendet wird, um zu erlauben, daß das anisotrope Magnetfeld erzeugt wird.

[0026] Obwohl der vorstehende Bericht beschreibt, daß die Grenzflächenstruktur zwischen der NiMn-Legierung und der festgelegten Magnetschicht (NiFe-Legierung) kohärent bleibt, wurde klargestellt, daß das anisotrope Austauschmagnetfeld nach der Wärmebehandlung kaum erzeugt wurde, wenn die Grenzflächenstruktur mit der festgelegten Magnetschicht kohärent gemacht wird wie im Falle der X-Mn-Legierung (X ist ein Platin-Element).

[0027] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Austauschkopplungsschicht mit den Merkmalen, wie sie im unabhängigen Anspruch 1 angegeben sind, Magnetowiderstandselemente mit den Merkmalen, wie sie in den unabhängigen Ansprüchen 25, 28 und 29 angegeben sind, und ein Magnetkopf mit den Merkmalen, wie sie im unabhängigen Anspruch 30 angegeben sind. Ausführungsformen der Erfindung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0028] Die vorliegende Erfindung, die zur Lösung der vorstehenden Probleme des Stands der Technik bereitgestellt wird, betrifft eine Austauschkopplungsschicht, die ein großes anisotropes Austauschmagnetfeld erzeugen kann, wenn ein antiferromagnetisches Material, das die Elemente X (X entspricht Elementen der Platingruppe) und Mn enthält, für die antiferromagnetische Schicht verwendet wird, und sie betrifft auch ein diese Austauschkopplungsschicht verwendendes Magnetowiderstandselement und einen dieses Magnetowiderstandselement verwendenden Magnetkopf.

[0029] Die vorliegende Erfindung stellt einen Austauschkopplungsfilm oder eine Austauschkopplungsschicht bereit, worin eine antiferromagnetische Schicht in unmittelbarem Kontakt mit einer ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, ein anisotropes Austauschmagnetfeld an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht erzeugt wird und die Magnetisierungsrichtung der antiferromagne-

tischen Schicht entlang einer vorgeschriebenen Richtung fixiert ist, wobei die antiferromagnetische Schicht aus einem antiferromagnetischen Material ausgebildet ist, das mindestens die Elemente X (worin X eines, zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) und Mn enthält, wobei die Grenzflächenstruktur zwischen der ferromagnetischen Schicht und der antiferromagnetischen Schicht nicht-kohärent ist.

[0030] Zumindest ein Teil der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht nimmt nach der Wärmebehandlung an der Grenzfläche ein tetragonal-flächenzentriert geordnetes Gitter vom $L1_0$-Typ an, und die Kristallausrichtung der antiferromagnetischen Schicht ist von der Kristallausrichtung der ferromagnetischen Schicht an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht verschieden.

[0031] Der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der antiferromagnetischen Schicht ist niedriger als der Ausrichtungsgrad der ferromagnetischen Schicht oder die Ebene ist nicht ausgerichtet im Gegensatz zu der {111} Ebene der ferromagnetischen Schicht, die bei der vorliegenden Erfindung bevorzugt entlang der Richtung parallel zur Grenzfläche mit der antiferromagnetischen Schicht ausgerichtet ist.

[0032] Alternativ ist der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der ferromagnetischen Schicht geringer als der Ausrichtungsgrad der antiferromagnetischen Schicht oder die Ebene ist nicht ausgerichtet im Gegensatz zu der {111} Ebene der antiferromagnetischen Schicht, die bevorzugt entlang der Richtung parallel zu der Grenzfläche mit der ferromagnetischen Schicht ausgerichtet ist.

[0033] Alternativ ist sowohl der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der antiferromagnetischen Schicht entlang der Richtung parallel zu der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht als auch der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der ferromagnetischen Schicht gering oder beide Ebenen sind nicht ausgerichtet, wobei die Kristallebenen mit Ausnahme der {111} Ebenen bevorzugt entlang der Richtung parallel zu der Grenzfläche mit verschiedenen Kristallausrichtungen zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht ausgerichtet sind.

[0034] Es ist bevorzugt bei der vorliegenden Erfindung, daß die antiferromagnetische Schicht aus einer X-Mn-Legierung gebildet ist und das Element X Pt ist.

[0035] Es ist bevorzugt, daß das Verhältnis (c/a) der Gitterkonstante a zu der Gitterkonstanten c der antiferromagnetischen Schicht nach der Wärmebehandlung innerhalb des Bereichs von 0,93 bis 0,99 liegt, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der PtMn-Legierung hergestellt ist.

[0036] Bei der vorliegenden Erfindung ist die antiferromagnetische Schicht aus einer X-Mn-X'-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet, wobei die X-Mn-X'-Legierung eine feste Lösung vom Einlagerungs-Typ ist, in der das Element X' in Zwischengitterplätze in dem aus den Elementen X und Mn bestehenden Raumgitter eindringt, oder eine feste Lösung vom Substitutions-Typ, in der ein Teil der Gitterplätze des aus den Elementen X und Mn bestehenden Kristallgitters mit dem Element X' substituiert ist. Es ist bei der vorliegenden Erfindung besonders bevorzugt, daß das Element X in der für die antiferromagnetische Schicht zu verwendenden X-Mn-X'-Legierung Pt ist oder die antiferromagnetische Schicht aus einer Pt-Mn-X'-Legierung ausgebildet ist.

[0037] Bei der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, daß das Element X', das für die antiferromagnetische Schicht verwendet wird, eine oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und Seltenerdelemente ist. Es ist besonders bevorzugt, daß das Element X' eines oder zwei oder mehrere der Elemente Ne, Ar, Kr und Xe ist.

[0038] Bei der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil des Elements X' innerhalb des Bereiches von 0,2 bis 10%, besonders bevorzugt innerhalb des Bereiches von 0,5 bis 5%, in Atomprozent, liegt, wenn die antiferromagnetische Schicht aus einer X-Mn-X'-Legierung ausgebildet ist.

[0039] Außerdem ist es bei der vorliegenden Erfindung bevorzugt, daß das Zusammensetzungsverhältnis (X: Mn) zwischen den Elementen X und Mn innerhalb des Bereichs von 4:6 bis 6:4 liegt, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der X-Mn-X'-Legierung ausgebildet ist.

[0040] Die für die antiferromagnetische Schicht zu verwendende X-Mn-X'-Legierung wird bevorzugt mittels des Zerstäubungsverfahrens (Sputtern) abgeschieden.

[0041] Die antiferromagnetische Schicht wird aus einer X-Mn-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet, und es ist bevorzugt, daß die antiferromagnetische Schicht auf der ferromagnetischen Schicht ausgebildet wird mit dem Zusammensetzungsanteil von X in der X-Mn-Legierung innerhalb des Bereichs von 47 bis 57 Atomprozent.

[0042] Die antiferromagnetische Schicht ist bei der vorliegenden Erfindung aus der X-Mn-X'-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist und X' eine oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und Seltenerdelemente ist) ausgebildet, wobei die antiferromagnetische Schicht über der ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, und es ist bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil von X + X' in der X-Mn-X'-Legierung innerhalb des Bereichs von 47 bis 57 Atomprozent liegt.

[0043] Es ist bei der vorliegenden Erfindung besonders bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil von X in der X-Mn-Legierung oder der Zusammensetzungsanteil X + X' in der X-Mn-X'-Legierung innerhalb des Bereiches von 50 bis 56% Atomprozent liegt.

[0044] Es ist bevorzugt bei der vorliegenden Erfindung, daß die antiferromagnetische Schicht aus der X-Mn-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet ist, wobei die antiferromagnetische Schicht unter der ferromagnetischen Schicht mit dem bevorzugten Zusammensetzungsanteil von X in der X-Mn-Legierung innerhalb des Bereichs von 44 bis 57 Atomprozent ausgebildet ist.

[0045] Es ist bevorzugt bei der vorliegenden Erfindung, daß die antiferromagnetische Schicht aus der X-Mn-X'-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist und X' eine oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und Seltenerdelemente ist) ausgebildet ist, wobei die antiferromagnetische Schicht unter der ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, und der Zusammensetzungsanteil von X + X' in der X-Mn-X'-Legierung innerhalb des Bereichs von 44 bis 57 Atomprozent liegt.

[0046] Es ist bevorzugt bei der vorliegenden Erfindung, daß der Zusammensetzungsanteil von X in der X-Mn-Legierung oder der Zusammensetzungsanteil X + X' in der X-Mn-X'-Legierung innerhalb des Bereiches von 46 bis 55% Atomprozent liegt.

[0047] Die nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren hergestellte Austauschkopplungsschicht kann für eine Vielfalt von Magnetowiderstandselementen verwendet werden.

[0048] Erstens, das erfindungsgemäße Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ. Es hat eine antiferromagnetische Schicht, eine in direktem Kontakt mit dieser antiferromagnetischen Schicht ausgebildete festgelegte Magnetschicht, in der die Richtung der Magnetisierung fixiert ist durch ein anistropes Austauschmagnetfeld mit der antiferromagnetischen Schicht, eine freie Magnetschicht, die über oder unter der festgelegten Magnetschicht via eine nichtmagnetische leitfähige Schicht ausgebildet ist, eine Vormagnetisierschicht zum Ausrichten der Richtung der Magnetisierung der freien Magnetschicht entlang der Richtung, die sich mit der Richtung der Magnetisierung der festgelegten Magnetschicht kreuzt, und eine leitfähige Schicht, um der festgelegten Magnetschicht und der nichtmagnetischen leitfähigen Schicht einen Fühl- oder Abtaststrom mitzuteilen, wobei die antiferromagnetische Schicht und die festgelegte Magnetschicht, die in direktem Kontakt mit dieser antiferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, aus der vorstehend beschriebenen Austauschkopplungsschicht hergestellt sind.

[0049] Bei der vorliegenden Erfindung ist die antiferromagnetische Schicht an der oberen oder unteren Seite der freien magnetischen Schicht des Einfach-Dünnschichtelements vom Drehventil-Typ mit einem Abstand einer Spurbreite Tw ausgebildet, und die antiferromagnetische Schicht und die freie Magnetschicht können aus der vorstehend beschriebenen Austauschkopplungsschicht ausgebildet sein.

[0050] Zweitens, das Doppel-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ gemäß der vorliegenden Erfindung. Es hat an der oberen und unteren Seite der freien Magnetschicht ausgebildete nichtmagnetische leitfähige Schichten, festgelegte Magnetschichten, die an der Oberseite einer der nichtmagnetischen leitfähigen Schichten und unter der Unterseite der anderen nichtmagnetischen leitfähigen Schicht gelegen sind, antiferromagnetische Schichten, die an der oberen Seite einer der festgelegten Magnetschichten und an der unteren Seite der anderen festgelegten Magnetschicht gelegen sind, um die Magnetisierungsrichtung der jeweiligen festgelegten Magnetschicht entlang einer vorgeschriebenen Richtung durch ein anisotropes Austauschmagnetfeld zu fixieren, und eine Vormagnetisierschicht zum Ausrichten der Magnetisierungsrichtung der freien Magnet-

schicht entlang der Richtung, die sich mit der Magnetisierungsrichtung der festgelegten Magnetschicht kreuzt, wobei die antiferromagnetische Schicht und die festgelegte Magnetschicht, die in direktem Kontakt mit dieser antiferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, aus der vorstehend beschriebenen Austauschkopplungsschicht ausgebildet sind.

[0051] Das AMR-Element gemäß der vorliegenden Erfindung hat eine Magnetowiderstandsschicht und eine weichmagnetische Schicht, die via eine nichtmagnetische Schicht laminiert ist, wobei eine antiferromagnetische Schicht an der oberen oder unteren Seite der Magnetowiderstandsschicht ausgebildet ist mit einem Abstand einer Spurbreite Tw, wobei die antiferromagnetische Schicht und die Magnetowiderstandsschicht aus der vorstehend beschriebenen Austauschkopplungsschicht ausgebildet sind.

[0052] Bei dem Magnetkopf gemäß der vorliegenden Erfindung sind an der Ober- und Unterseite des vorstehenden Magnetowiderstandselements via Spaltschichten Schutz- oder Abschirmschichten ausgebildet.

[0053] Die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht wird bei der vorliegenden Erfindung nicht-kohärent gemacht, um ein passendes anisotropes Austauschmagnetfeld zu erhalten, wenn ein antiferromagnetisches Material, das mindestens das Element X (wobei X eine oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) und Mn enthält, für die antiferromagnetische Schicht verwendet wird.

[0054] Die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht wird nicht-kohärent gemacht, um die Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht von dem ungeordneten Gitter zu dem geordneten Gitter umzuformen, nachdem die Schichten einer Wärmebehandlung unterzogen wurden, wodurch die Erzeugung eines größeren anisotropen Austauschmagnetfelds erlaubt wird. Die Beziehung zwischen der Nicht-Kohärenz und dem anisotropen Austauschmagnetfeld wird hierin im folgenden genau diskutiert werden.

[0055] Während Nicht-Kohärenz bedeutet, daß Atome an der Seite der antiferromagnetischen Schicht und an der Seite der ferromagnetischen Schicht keine 1 zu 1-Entsprechung an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht zeigen mit verschiedenen Lagebeziehungen der jeweiligen Atome, ist es notwendig, die Gitterkonstante vor der Wärmebehandlung richtig zu kontrollieren, um die Grenzflächenstruktur nicht-kohärent zu machen.

[0056] Die antiferromagnetische Schicht ist beispielsweise ausgebildet aus der X-Mn-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist).

[0057] Der Unterschied zwischen der Gitterkonstante der X-Mn-Legierung und der Gitterkonstante der ferromagnetischen Schicht (beispielsweise der NiFe-Legierung) vor der Wärmebehandlung wird bei der vorliegenden Erfindung durch passende Wahl des Zusammensetzungsanteils von X in der X-Mn-Legierung so eingestellt, daß er groß ist.

[0058] Obwohl bei dem Abscheidungsschritt (vor der Wärmebehandlung) sowohl die Kristallstruktur der X-Mn-Legierung als auch die Kristallstruktur der ferromagnetischen Schicht ein flächenzentriertes tetragonales Gitter (hierin im folgenden als ungeordnetes Gitter bezeichnet) annimmt, in dem X- und Mn-Atome zufällig verteilt sind, neigt bei dem Abscheidungsschritt (vor der Wärmebehandlung) die Grenzflächenstruktur zwischen der X-Mn-Legierung und der ferromagnetischen Schicht dazu, nicht-kohärent zu sein, da der Unterschied zwischen der Gitterkonstante der X-Mn-Legierung und der Gitterkonstante der ferromagnetischen Schicht bei der vorliegenden Erfindung groß eingestellt ist, wie es vorstehend beschrieben wurde.

[0059] Wie bisher beschrieben, wird die Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht nicht-kohärent gemacht durch eine geeignete Auswahl des Zusammensetzungsanteils des Elements X bei der Verwendung der X-Mn-Legierung (X ist beispielsweise Pt oder Pd) als eine antiferromagnetische Schicht. Die Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht kann jedoch vergrößert werden durch Zulassen eines Elements X' wie eines Edelgas-Elements (beispielsweise Ne oder Ar) als Bestandteil in der X-Mn-Legierung bei der vorliegenden Erfindung, was es ermöglicht, die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der antiferromagnetischen Schicht nicht-kohärent zu machen.

[0060] Bei der vorliegenden Erfindung ist die Kristallausrichtung der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung von der der ferromagnetischen Schicht verschieden. Es ist möglich, den Grad der Kristallausrichtung zu verändern in Abhängigkeit von der Anwesenheit von Unterschichten, dem Zusammensetzungsverhältnis, Be-

dingungen wie elektrischer Spannung und Gasdruck während der Zerstäubungs-Abscheidung (Sputtern) oder der Reihenfolge der Laminierung der Schichten.

[0061] Die Kristallausrichtung der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung wird von der Kristallausrichtung der ferromagnetischen Schicht verschieden gemacht, denn wenn z. B. die {111} Ebene der ferromagnetischen Schicht bevorzugt entlang der Richtung parallel zu der Schichtoberfläche ausgerichtet ist und die {111} Ebene der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung ebenfalls bevorzugt in der Richtung parallel zu der Schichtoberfläche ausgerichtet ist, kann die Nicht-Kohärenz der Kristallstruktur nicht wirksam sein.

[0062] Dementsprechend wird der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung geeignet reguliert, daß er kleiner ist als der Ausrichtungsgrad der ferromagnetischen Schicht oder nicht ausgerichtet ist, wenn, beispielsweise, die {111} Ebene der ferromagnetischen Schicht bevorzugt in der Richtung parallel zu der Grenzfläche zwischen der ferromagnetischen Schicht und der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung ausgerichtet ist, wodurch es möglich gemacht wird, die Nicht-Kohärenz der Grenflächenstruktur zu erhalten.

[0063] Wie bisher beschrieben, wird das anisotrope Austauschmagnetfeld an der Grenzfläche zwischen der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung und der antiferromagnetischen Schicht erzeugt durch Anwendung einer Wärmebehandlung nach dem Laminieren der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung mit der ferromagnetischen Schicht, so daß die Grenzflächenstruktur einen nicht-kohärenten Zustand annimmt. Die Erzeugung dieses anisotropen Austauschmagnetfelds wird der Umwandlung der Kristallstruktur der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung von der ungeordneten Phase in das flächenzentrierte tetragonale Gitter, in dem X- und Mn-Atome geordnet ausgerichtet sind, zugeschrieben.

[0064] Das in der vorliegenden Erfindung definierte tetragonal-flächenzentrierte Gitter bezieht sich auf das sogenannte tetragonal-flächenzentrierte Gitter vom $L1_0$-Typ (hierin im folgenden als das geordnete Gitter bezeichnet) bei dem die Zentren von vier Ebenen der sechs Ebenen der Gittereinheit von den X-Atomen besetzt sind, während die Ecken der Gittereinheit und die Zentren der oberen und unteren Ebene von den Mn-Atomen besetzt sind. Es ist erforderlich, daß zumindest ein Teil der Kristallstruktur der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung nach der Wärmebehandlung das vorstehend beschriebene geordnete Gitter annimmt.

[0065] Während das anisotrope Austauschmagnetfeld als ein Ergebnis der Veränderung der Kristallstruktur der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung vom ungeordneten Gitter zum geordneten Gitter durch Anwenden der Wärmebehandlung, wie es bisher beschrieben wurde, erzeugt wird, wird die von dieser Veränderung begleitete Gitterverzerrung in der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung größer als in der NiMn-Legierung.

[0066] Die Grenzflächenstruktur zwischen der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung und der ferromagnetischen Legierung vor der Wärmebehandlung kann bei der vorliegenden Erfindung durch Optimieren des Zusammensetzungsverhältnisses in der X-Mn-Legierung oder durch Zufügen eines Elements X' als ein drittes Element zu der X-Mn-Legierung nicht-kohärent gemacht werden.

[0067] Wenn die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht nicht-kohärent ist, neigt die Kristallstruktur der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung dazu, durch Anwenden einer Wärmebehandlung von dem ungeordneten Gitter in das geordnete Gitter umgewandelt zu werden, wodurch an der Grenzfläche ein großes anisotropes Austauschmagnetfeld erzeugt wird.

[0068] Die X-Mn-Legierung (X = Pt, Pd und dergleichen) oder die X-Mn-X'-Legierung (X = Ne, Ar und dergleichen) hat hervorragende Charakteristika als ein antiferromagnetisches Material hinsichtlich überlegener Korrosionsbeständigkeit gegenüber der FeMn-Legierung oder der NiMn-Legierung, sowie eine höhere Sperrtemperatur und ein größeres anisotropes Austauschmagnetfeld (Hex) als die FeMn-Legierung.

[0069] Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, Pt als das die X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung aufbauende Element X zu wählen.

[0070] Wie bisher genau beschrieben wurde, kann die aus einer antiferromagnetischen Schicht, die aus der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung ausgebildet ist, und einer ferromagnetischen Schicht aufgebaute Austauschkopplungsschicht für ein Magnetwiderstandselement verwendet werden.

[0071] Die antiferromagnetische Schicht und die festgelegte Magnetschicht, die ein Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ und ein Doppel-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ ausmachen, werden von der Austauschkopplungsschicht gebildet wie beispielsweise das Magnetowiderstandselement der vorliegenden Erfindung.

[0072] Der vorstehend beschriebene Aufbau ermöglicht es, die Magnetisierung der festgelegten Magnetschicht in der vorgeschriebenen Richtung fest zu fixieren, was es ermöglicht, im Vergleich zu den konventionellen Elementen gute Wiedergabecharakteristika zu erhalten.

[0073] Bei der Ausrichtung der Magnetisierungsrichtung in der freien Magnetschicht des Einfach-Dünnschichtelements vom Drehventil-Typ oder der Magnetowiderstandselement-Schicht des AMR-Elements können beispielsweise die Austausch-Vormagnetisierschicht und die freie Magnetschicht oder die Austausch-Vormagnetisierschicht und die Magnetowiderstandsschicht aus der vorstehend beschriebenen Austauschkopplungsschicht hergestellt sein.

[0074] Der vorstehende Aufbau ermöglicht es, die Magnetisierung der freien Magnetschicht und der Magnetowiderstandsschicht geeignet auszurichten, so daß es möglich wird, gute Wiedergabe-Charakteristika zu verwirklichen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0075] Fig. 1 ist ein Querschnitt des Aufbaus des Einfach-Dünnschichtelements vom Drehventil-Typ gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, gesehen von der ABS(Air Bearing surface, lufttragende Oberfläche)-Stirnseite her.

[0076] Fig. 2 ist ein Querschnitt des Aufbaus des Einfach-Dünnschichtelements vom Drehventil-Typ gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, gesehen von der ABS-Stirnseite her.

[0077] Fig. 3 ist ein Querschnitt des Aufbaus des Doppel-Dünnschichtelements vom Drehventil-Typ gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, gesehen von der ABS-Stirnseite her.

[0078] Fig. 4 ist ein Querschnitt des Aufbaus des Dünnschichtelements vom AMR(anisotropic magnetoresistive, anisotroper Magnetowiderstand)-Typ gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, gesehen von der ABS-Stirnseite her.

[0079] Fig. 5 ist ein Querschnitt des Dünnschicht-Magnetkopfes gemäß der vorliegenden Erfindung, gesehen von der dem Aufzeichnungsmedium gegenüberliegenden Seite.

[0080] Fig. 6 ist eine grafische Darstellung, welche die Beziehung zwischen dem Pt-Gehalt vor der Wärmebehandlung und der Gitterkonstante des antiferromagnetischen Materials zeigt, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der PtMn-Legierung hergestellt ist.

[0081] Fig. 7 ist eine grafische Darstellung, welche die Beziehung zwischen dem Pt-Gehalt und dem anisotropen Austauschmagnetfeld, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der PtMn-Legierung hergestellt ist, zeigt.

[0082] Fig. 8 ist eine TEM-Fotografie (hochauflösende TEM (Transmissionselektronenmikroskopie)) der viellagigen Schicht in dem in Tabelle 1 gezeigten Beispiel 3.

[0083] Fig. 9 ist eine TEM-Fotografie (hochauflösende TEM) der viellagigen Schicht in dem in Tabelle 1 gezeigten Vergleichsbeispiel.

[0084] Fig. 10 ist eine grafische Darstellung, die den Ordnungsgrad der PtMn-Schicht (antiferromagnetische Schicht) der viellagigen Schicht des in Tabelle 1 gezeigten Beispiels 3 zeigt.

[0085] Fig. 11 ist eine grafische Darstellung, die den Ordnungsgrad der PtMn-Schicht (antiferromagnetische Schicht) der viellagigen Schicht in dem in Tabelle 1 gezeigten Beispiel 5 zeigt.

[0086] Fig. 12 ist eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Gehalt an dem Element X' (X' = Ar) und der Gitterkonstanten der antiferromagnetischen Schicht, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der Pt-Mn-X'(X' = Ar)-Legierung ausgebildet ist, zeigt.

[0087] Fig. 13 ist eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Gehalt an dem Element X' (X' = Ar) und dem Austauschkopplungs-Magnetfeld, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der Pt-Mn-X'(X' = Ar)-Legierung ausgebildet ist, zeigt.

[0088] Fig. 14 ist eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) und der Gitterkonstanten der antiferromagnetischen Schicht, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der Pt-Mn-X'(X' = Mo)-Legierung ausgebildet ist, zeigt.

[0089] Fig. 15 ist eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) und dem Austauschkopplungs-Magnetfeld, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der Pt-Mn-X'(X' = Mo)-Legierung ausgebildet ist, zeigt.

[0090] Fig. 1 ist ein Querschnitt des Aufbaus des Einfach-Dünnschichtelements vom Drehventil-Typ gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, gesehen von der ABS-Stirnseite. Nur der Mittelbereich des sich entlang der X-Richtung erstreckenden Elements ist in Fig. 1 durch eine gewellte Linie angegeben.

[0091] Dieses Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ wird am Mitlaufseiten-Endbereich eines in einer Festplattenvorrichtung vorgesehenen Gleiters vom Schwimm-Typ befestigt, um ein Aufzeichnungsmagnetfeld von der Festplatteneinheit abzutasten. Die Bewegungsrichtung der Festplattenvorrichtung ist entlang der Z-Richtung, während die Richtung des Austrittsmagnetfelds aus dem Aufzeichnungsmedium wie der Festplattenvorrichtung entlang der Y-Richtung ist.

[0092] Eine aus einem nichtmagnetischen Material wie Ta (Tantal) ausgebildete Unterlage **6** ist in Fig. 1 am untersten Bodenteil ausgebildet. Auf diese Unterlage **6** sind vom Boden bis zum Oberende eine freie Magnetschicht **1**, eine nichtmagnetische leitfähige Schicht **2**, eine festgelegte Magnetschicht **3** und eine antiferromagnetische Schicht **4** laminiert. Auf der antiferromagnetischen Schicht **4** ist eine Schutzschicht **7** aus Tantal (Ta) ausgebildet.

[0093] An beide Seiten der sechs Schichten von der Unterlage **6** bis zu der Schutzschicht **7** sind Hart-Vormagnetisierschichten **5**, **5** laminiert, wobei leitfähige Schichten **8**, **8** auf die Hart-Vormagnetisierschichten **5**, **5** laminiert sind.

[0094] Die freie Magnetschicht **1** und die festgelegte Magnetschicht **3** sind bei der vorliegenden Erfindung aus einer NiFe-Legierung, einer CoFe-Legierung, einer Co-Legierung, aus Co oder einer CoNiFe-Legierung ausgebildet.

[0095] Die freie Magnetschicht **1** ist zwar in Fig. 1 als eine Monoschicht gezeigt, aber diese Schicht kann eine Vielfach-Schicht sein. Das bedeutet, daß die freie Magnetschicht **1** einen Laminataufbau aus der NiFe-Legierung und der CoFe-Legierung oder einen Laminataufbau aus der NiFe-Legierung und Co haben kann.

[0096] Die nichtmagnetische leitfähige Schicht **2**, die zwischen der freien Magnetschicht **1** und der festgelegten Magnetschicht **3** liegt, ist aus Cu gebildet. Die Hart-Vormagnetisierschichten **5**, **5** sind beispielsweise aus einer Co-Pt(Kobalt-Platin)-Legierung oder aus einer Co-Cr-Pt(Kobalt-Chrom-Platin)-Legierung ausgebildet, während die leitfähigen Schichten **8**, **8** aus Cu (Kupfer), W (Wolfram) oder Cr (Chrom) ausgebildet sind.

[0097] Die antiferromagnetische Schicht **4**, die auf der festgelegten Magnetschicht **3** ausgebildet ist, ist bei der vorliegenden Erfindung aus einem antiferromagnetischen Material ausgebildet, das mindestens ein Element X (wobei X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) und Mn enthält.

[0098] Die Grenzflächenstruktur zwischen der festgelegten Magnetschicht **3** und der antiferromagnetischen Schicht **4**, die in Fig. 1 gezeigt ist, nimmt bei der vorliegenden Erfindung einen nicht-kohärenten Zustand an, während zumindest ein Teil der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4** an der Grenzfläche ein tetragonales flächenzentriertes Gitter vom $L1_0$-Typ (hierin im folgenden als geordnetes Gitter bezeichnet) annimmt.

[0099] In dem tetragonal-flächenzentrierten Gitter vom $L1_0$-Typ, wie es hierin verwendet wird, sind die Mittelpunkte von vier Seitenflächen der sechs Seitenflächen einer Gittereinheit von den X-Atomen (X = Pt, Pd, Ir, Rh, Ru oder Os) besetzt, und die Ecken der Gittereinheit und die Zentren der oberen und unteren Flächen sind von den Mn-Atomen besetzt.

[0100] Damit die festgelegte Magnetschicht **3** und die antiferromagnetische Schicht **4** leicht einen nicht-kohärenten Zustand annehmen, ist bei der vorliegenden Erfindung die Kristallausrichtung der festgelegten Magnetschicht **3** von der Kristallausrichtung der antiferromagnetischen Schicht **4** an der Grenzfläche zwischen den beiden Schichten verschieden.

[0101] Die {111} Ebenen der freien Magnetschicht **1**, der nichtmagnetischen leitfähigen Schicht **2** und der festgelegten Magnetschicht **3**, die auf der Unterlage **6** ausgebildet sind, sind vorzugsweise in der Richtung parallel zu der Schichtoberfläche ausgerichtet, weil die Unterlage **6** in dem in Fig. 1 gezeigten Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ vorgesehen ist.

[0102] Im Gegensatz dazu hat die auf der festgelegten Magnetschicht **3** ausgebildete {111} Ebene der antiferromagnetischen Schicht **4** einen kleineren Ausrichtungsgrad als derjenige der {111} Ebene der festgelegten Magnetschicht **3**, oder erstere Ebene ist überhaupt nicht ausgerichtet. Mit anderen Worten, die Kristallausrichtungen in der Nachbarschaft der Grenzflächen zwischen der festgelegten Magnetschicht **3** und der antiferromagnetischen Schicht **4** sind voneinander verschieden, was zuläßt, daß die Struktur an der Grenzfläche dazu neigt, nicht-kohärent zu sein.

[0103] Die Grenzflächenstruktur zwischen der festgelegten Magnetschicht **3** und der antiferromagnetischen Schicht **4** wird bei der vorliegenden Erfindung in dem Schritt vor der Wärmbehandlung nicht-kohärent eingestellt, um durch Umwandeln der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4** vom ungeordneten Gitter (tetragonal-flächenzentriertes Gitter) in das geordnete Gitter, wie vorstehend beschrieben, ein passendes anisotropes Austauschmagnetfeld zu erlangen.

[0104] Mit anderen Worten, die Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4** könnte kaum als ein Ergebnis der Anwendung einer Wärmebehandlung von dem ungeordneten Gitter in das geordnete Gitter umgewandelt werden, wenn die Grenzflächenstruktur kohärent ist, was das Problem verursacht, daß kein anisotropes Austauschmagnetfeld erhalten werden kann.

[0105] Die antiferromagnetische Schicht **4** ist bei der vorliegenden Erfindung aus einer X-Mn-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet. Es ist insbesondere bevorzugt bei der vorliegenden Erfindung, daß die antiferromagnetische Schicht **4** aus einer PtMn-Legierung ausgebildet ist.

[0106] Die X-Mn-Legierung, insbesondere die PtMn-Legierung, besitzt gegenüber der FeMn-Legierung oder der NiMn-Legierung, die konventionell für die antiferromagnetische Schicht verwendet wurden, hervorragende Charakteristika als ein antiferromagnetisches Material bezüglich überlegener Korrosionsbeständigkeit sowie eine höhere Sperrtemperatur und ein größeres anisotropes Austauschmagnetfeld (Hex).

[0107] Bei der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, daß das Verhältnis (c/a) zwischen den Gitterkonstanten a und c der antiferromagnetischen Schicht **4** nach der Anwendung einer Wärmebehandlung oder wenn zumindest ein Teil der Kristallstruktur ein geordnetes Gitter annimmt, innerhalb des Bereichs von 0,93 bis 0, 99 liegt, wenn die antiferromagnetische Schicht **4** aus der PtMn-Legierung ausgebildet ist.

[0108] Fast die gesamte Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4** nimmt ein geordnetes Gitter an, wenn das Verhältnis (c/a) zwischen den Gitterkonstanten a und c 0,93 oder weniger beträgt. Derartige Bedingungen sind nicht bevorzugt, weil die Hafteigenschaft zwischen der festgelegten Magnetschicht **3** und der antiferromagnetischen Schicht **4** verschlechtert wird, was ein Abschälen der Schicht bewirkt.

[0109] Es ist nicht bevorzugt, daß das Verhältnis (c/a) zwischen den Gitterkonstanten a und c 0,93 oder mehr beträgt, weil fast die gesamte Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4** ein ungeordnetes Gitter annimmt, was dazu führt, daß an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht **4** und der festgelegten Magnetschicht **3** ein kleines anisotropes Austauschmagnetfeld erzeugt wird.

[0110] Unterdessen ist das Zusammensetzungsverhältnis der X-Mn-Legierung bei der vorliegenden Erfindung auf die hierin im folgenden zu beschreibenden Werte festgelegt, um zu erlauben, daß die Grenzflächenstruktur

zwischen der festgelegten Magnetschicht **3** und der antiferromagnetischen Schicht **4** vor dem Unterziehen einer Wärmebehandlung nicht-kohärent ist, wenn die antiferromagnetische Schicht **4** aus der X-Mn-Legierung (in der X entweder eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet ist.

[0111] Es ist bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil des Elements X in der X-Mn-Legierung innerhalb des Bereichs von 47 bis 57 Atomprozent liegt, wenn die antiferromagnetische Schicht **4** aus der X-Mn-Legierung (in der X entweder eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet ist, wobei die antiferromagnetische Schicht **4** auf der festgelegten Magnetschicht **3** ausgebildet wird. Es ist besonders bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil des Elements X in der X-Mn-Legierung innerhalb des Bereichs von 50 bis 56 Atomprozent liegt.

[0112] Wenn die antiferromagnetische Schicht **4** mit einem Zusammensetzungsanteil innerhalb des vorstehend beschriebenen Bereichs ausgebildet wird, kann der Unterschied zwischen der Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht vor der Wärmebehandlung oder wenn die Kristallstruktur ein ungeordnetes Gitter annimmt und der Gitterkonstante der festgelegten Magnetschicht **3** vergrößert werden, wodurch es möglich wird, Nicht-Kohärenz der Grenzflächenstruktur zwischen der festgelegten Magnetschicht **3** und der antiferromagnetische Schicht **4** vor dem Unterziehen einer Wärmebehandlung aufrechtzuerhalten.

[0113] Das Anwenden einer Wärmebehandlung unter den vorstehend beschriebenen Bedingungen erlaubt, daß das anisotrope Austauschmagnetfeld dank Veränderungen in der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4** erzeugt wird. Wenn der Zusammensetzungsanteil des Elements X in der X-Mn-Legierung innerhalb des Bereichs von 47 bis 57 Atomprozent liegt, wie vorstehend beschrieben, ist es möglich, ein anisotropes Austauschmagnetfeld von 400 Oe (Oersted) oder mehr zu erhalten. Wenn der Zusammensetzungsanteil des Elements X in der X-Mn-Legierung innerhalb des Bereichs von 50 bis 56 Atomprozent liegt, kann ein anisotropes Austauschmagnetfeld von 600 Oe (Oersted) oder mehr erhalten werden.

[0114] Wie bisher beschrieben, ist es für die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht **4** und der festgelegten Magnetschicht **3** möglich, vor der Wärmebehandlung Nicht-Kohärenz beizubehalten durch Einstellen des Zusammensetzungsanteils des Elements X in dem vorstehend beschriebenen Bereich, wenn die X-Mn-Legierung für die antiferromagnetische Schicht **4** verwendet wird.

[0115] Bei der vorliegenden Erfindung kann die Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4** vergrößert werden durch Zugeben eines Elements X' als ein drittes Element in der X-Mn-Legierung, was auch dazu befähigt, Nicht-Kohärenz der Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht **4** und der festgelegten Magnetschicht **3** zu erhalten.

[0116] Die X-Mn-X'-Legierung, bei der das Element X' zu der X-Mn-Legierung hinzugefügt ist, ist eine feste Lösung vom Einlagerungs-Typ, bei der das Element X' in Zwischengitterplätze des aus den Elementen X und Mn bestehenden Raumgitters eindringt, oder eine feste Lösung vom Substitutions-Typ, bei der ein Teil der Gitterplätze des aus den Elementen X und Mn bestehenden Kristallgitters mit dem Element X' substituiert ist. Die feste Lösung, wie sie hierin verwendet wird, bezieht sich auf einen Feststoff, in dem die jeweiligen Bestandteile in einem breiten Bereich gleichmäßig verteilt sind. Bei der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, daß das Element X Pt ist.

[0117] Bei der vorliegenden Erfindung wird die X-Mn-X'-Legierung nach dem Zerstäubungsverfahren (Sputtern) abgeschieden. Die X-Mn-X'-Legierung wird unter Nicht-Gleichgewichts-Bedingungen abgeschieden, und das Element X' in der Schicht dringt in die Zwischengitterplätze des aus den Elementen X und Mn bestehenden Raumgitters ein, oder es wird ein Teil der Gitterplätze des aus den Elementen X und Mn bestehenden Kristallgitters bei der abgeschiedenen X-Mn-X'-Legierung mit dem Element X' substituiert. Durch Zulassen, daß das Element X' eine feste Lösung vom Einlagerungstyp oder Substitutions-Typ in dem Gitter der X-Mn-Legierung ausbildet, wird das Gitter ausgedehnt, was die Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4** größer macht als die Gitterkonstante der Schicht, bei der das Element X' nicht zugefügt ist.

[0118] Als das Element X' können bei der vorliegenden Erfindung zwar verschiedene Elemente verwendet werden, aber die Verwendung von hochreaktiven Halogenen und O (Sauerstoff) ist nicht bevorzugt, weil diese Elemente selektiv mit Mn reagieren, was die Kristallstruktur des flächenzentrierten orthogonalen Kristallsystems daran hindert, beibehalten zu werden. Beispiele für das Element X' bei der vorliegenden Erfindung sind eines oder zwei oder mehr der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und der Seltenerdelemente (Sc, Y und Lanthanidenelemente (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb und Lu)).

[0119] Die Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4** kann durch Sputtern unter Verwendung irgendeines der verschiedenen Elemente X' erhöht werden. Die Merkmale als ein antiferromagnetisches Material werden jedoch verschlechtert, wenn bei der Verwendung des Elements X', das eine feste Lösung von Substitutions-Typ ausbildet, der Zusammensetzungsanteil des Elements X' zu groß ist, was das an der Grenzfläche mit der festgelegten Magnetschicht **3** erzeugte Austauschkopplungs-Magnetfeld verringert.

[0120] Bei der vorliegenden Erfindung ist es insbesondere bevorzugt, Edelgas-Elemente (Ne, Ar, Kr und Xe) von den Inertgasen als das Element X', das eine feste Lösung vom Einlagerungs-Typ bildet, zu verwenden. Da die Edelgas-Elemente chemisch inert sind beeinflussen sie die anitferromagnetischen Charakteristika nicht in großem Umfang, selbst wenn die Edelgas-Elemente in der Schicht enthalten sind. Darüberhinaus ist Ar ein Gas, das konventionell zur Einführung in eine Sputter-Vorrichtung verwendet wurde, was bedeutet, daß Ar leicht in die Schicht eindringen kann durch bloße passende Einstellung des Gasdrucks oder der Energie der Sputter-Teilchen.

[0121] Es ist zwar schwierig, wenn Edelgas-Elemente für das Element X' verwendet werden, eine große Menge des Elements X' in die Schicht einzubringen, aber es wurde experimentell bestätigt, daß es eine kleine Menge des eingedrungenen Edelgas-Elements erlaubt, daß das durch die Wärmebehandlung erzeugte Austauschkopplungsmagnetfeld stark erhöht wird.

[0122] Der Zusammensetzungsanteil des Elements X' ist bei der vorliegenden Erfindung vorgeschrieben in dem bevorzugten Bereich von 0,2 bis 10 Atomprozent oder in dem besonders bevorzugten Bereich von 0,5 bis 5 Atomprozent. Es ist bevorzugt, daß das Zusammensetzungsverhältnis X:Mn zwischen den Elementen X und Mn innerhalb des Bereichs von 4:6 bis 6:4 liegt. Wenn der Zusammensetzungsanteil des Elements X' und das Zusammensetzungsverhältnis X:Mn zwischen den Elementen X und Mn innerhalb der vorher beschriebenen Bereiche eingestellt werden, kann die Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4** bei der Abscheidung (vor der Wärmebehandlung) vergrößert werden, und gleichzeitig wird das Austauschkopplungs-Magnetfeld, das an der Grenzfläche der antiferromagnetischen Schicht **4** und der festgelegten Magnetschicht **3** erzeugt wird, vergrößert werden, indem man eine Wärmebehandlung anwendet, gegenüber dem Magnetfeld in der das Element X' nicht enthaltenden Schicht.

[0123] Bei der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil von X + X' in der X-Mn-X'-Legierung in dem Bereich von 47 bis 57 Atomprozent, besonders bevorzugt in dem Bereich von 50 bis 56 Atomprozent, liegt, wenn die antiferromagnetische Schicht **4**, die aus der X-Mn-X'-Legierung zusammengesetzt ist (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist und X' eines oder zwei oder mehrere der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und Seltenerdelemente ist) auf der festgelegten Magnetschicht **3** ausgebildet ist, wie es in Fig. 1 gezeigt ist.

[0124] Die Magnetisierung der festgelegten Magnetschicht ist entlang der Y-Richtung, wie in Fig. 1 gezeigt, fixiert unter Formung einer einzigen magnetischen Domäne auf Grund des Austauschkopplungs-Magnetfelds, das an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht **4** und der festgelegten Magnetschicht **3** als ein Ergebnis der Wärmebehandlung erzeugt wird. Das Element X' kann manchmal während der Wärmebehandlung aus der Schicht entweichen, wenn das Element X' in der für die antiferromagnetische Schicht **4** zu verwendenden X-Mn-X'Legierung ein gasförmiges Element ist, wodurch der Zusammensetzungsanteil des Elements X' kleiner wird als der Zusammensetzungsanteil von X' direkt nach der Abscheidung. Manchmal kann es passieren, daß das Element X' vollständig aus der Schicht entweicht, so daß die Schichtzusammensetzung X-Mn bleibt. Die Wärmebehandlung erlaubt jedoch der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4**, sich richtig von dem ungeordneten Gitter (flächenzentriertes orthogonales Gitter) in das geordnete Gitter umzuwandeln, wenn die Grenzflächenstruktur zwischen der festgelegten Magnetschicht **3** und der antiferromagnetischen Schicht **4** nicht-kohärent gemacht wird, was es ermöglicht, ein großes anisotropes Austauschmagnetfeld zu erhalten.

[0125] Die freie Magnetschicht **1** wird in der X-Richtung, wie in der Zeichnung gezeigt, auf Grund der Hart-Vormagnetisierschichten **5**, **5**, die an beiden Seiten ausgebildet sind, ausgerichtet.

[0126] Ein dauernder Strom (ein Abtaststrom) wird bei dem in Fig. 1 gezeigten Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ von der leitfähigen Schicht **8** zu der freien Magnetschicht **1**, der nichtmagnetischen leitfähigen Schicht **2** und der festgelegten Magnetschicht **3** geleitet. Außerdem wird, wenn ein Magnetfeld von dem Aufzeichnungsmedium in der Y-Richtung angelegt wird, die Magnetisierungsrichtung von der X-Richtung zu der Y-Richtung gedreht. Die Leitungselektronen werden an der Grenzfläche zwischen der nichtmagnetischen

leitfähigen Schicht **2** und der festgelegten Magnetschicht **3** oder an der Grenzfläche zwischen der nichtmagnetischen leitfähigen Schicht **2** und der freien Magnetschicht **1** gestreut, was eine Veränderung des elektrischen Widerstands verursacht, wodurch es möglich wird, eine Abtast-Ausgabe zu erhalten.

[0127] Fig. 2 ist ein Querschnitt, der den Aufbau eines Einfach-Dünnschichtelements vom Drehventil-Typ gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0128] Wie in Fig. 2 gezeigt ist, sind eine Unterlage **6**, eine antiferromagnetische Schicht **4**, eine festgelegte Magnetschicht **3**, eine nichtmagnetische leitfähige Schicht **2** und eine freie Magnetschicht **1** kontinuierlich vom Boden bis zum Oberende laminiert.

[0129] Die antiferromagnetische Schicht **4** ist, wie die in Fig. 1 gezeigte antiferromagnetische Schicht **4**, aus einer X-Mn-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) oder, bevorzugt, aus einer Pt-Mn-Legierung oder einer X-Mn-X'-Legierung (in der X' eines oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und Seltenerdelemente ist) hergestellt.

[0130] Die festgelegte Magnetschicht **3**, die nichtmagnetische leitfähige Schicht **2** und die freie Magnetschicht **1** sind aus den in Fig. 1 beschriebenen Materialien hergestellt.

[0131] Die Grenzfläche zwischen der festgelegten Magnetschicht **3** und der antiferromagnetischen Schicht **4** ist auch in dieser Ausführungsform nicht-kohärent ausgebildet und mindestens ein Teil der Kristallstruktur an der Grenzfläche mit der antiferromagnetischen Schicht **4** ist ein flächenzentriertes orthogonales Gitter vom $L1_0$-Typ (hierin im folgendes ein geordnetes Gitter bezeichnet).

[0132] Während die {111} Ebene der antiferromagnetischen Schicht **4**, die auf der Ta-Unterlage **6** ausgebildet ist, bevorzugt in der Richtung parallel zur Grenzfläche ausgerichtet ist, wird der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der festgelegten Magnetschicht **3** in Richtung der Grenzfläche geringer werden als der Ausrichtungsgrad der antiferromagnetischen Schicht **4** oder die erstere Ebene neigt dazu, nicht ausgerichtet zu sein, wenn die festgelegte Magnetschicht **3** auf der antiferromagnetischen Schicht **4** ausgebildet ist. Da in Fig. 2 der Grad der Kristallausrichtung der antiferromagnetischen Schicht **4** verschieden ist von dem der festgelegten Magnetschicht **3**, ist es möglich, daß die Grenzflächenstruktur stärker nicht-kohärent sein kann.

[0133] Wenn die antiferromagnetische Schicht **4** aus der X-Mn-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet ist und die antiferromagnetische Schicht **4** unter der festgelegten Magnetschicht **3** ausgebildet ist, ist es bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil des Elements X in der die antiferromagnetische Schicht **4** bildenden X-Mn-Legierung 44 bis 57 Atomprozent beträgt. Der beschriebene Bereich ermöglicht es, ein anisotropes Austauschmagnetfeld von 400 Oe oder mehr zu erhalten. Der bevorzugtere Bereich des Zusammensetzungsanteils der X-Mn-Legierung ist 46 bis 55 Atomprozent, was es ermöglicht, ein anisotropes Austauschmagnetfeld von 600 Oe oder mehr zu erhalten.

[0134] Die Zusammensetzung innerhalb des vorstehend beschriebenen Bereichs erlaubt es, daß das anisotrope Austauschmagnetfeld groß ist, weil der Unterschied zwischen der Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4** (ungeordnetes Gitter) und der Gitterkonstante der festgelegten Magnetschicht **3** vor der Wärmebehandlung groß gemacht werden kann, was es erlaubt, daß die Grenzflächenstruktur vor der Wärmebehandlung nicht-kohärent ist.

[0135] Dementsprechend ermöglicht die Anwendung einer Wärmebehandlung, daß zumindest ein Teil der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4** an der Grenzfläche in ein geordnetes Gitter aus dem ungeordneten Gitter umgewandelt wird, was erforderlich ist, damit das anisotrope Austauschmagnetfeld erzeugt werden kann.

[0136] Die X-Mn-X' Legierung wird mittels des Zerstäuberverfahrens (Sputtern) abgeschieden, wenn die antiferromagnetische Schicht aus der X-Mn-X'-Legierung (in der X' eines oder zwei oder mehrere der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und Seltenerdelemente ist) hergestellt ist, die eine feste Lösung vom Einlagerungs-Typ ausbildet, in der das Element X' in Zwischengitterplätze des aus den Elementen X und Mn bestehenden Raumgitters eintritt, oder eine feste Lösung vom Substitutions-Typ, in der ein Teil der Gitterplätze des aus den Elementen X und Mn bestehenden Kristallgitters mit dem Element X' substituiert ist, ausbildet.

[0137] Die Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4**, die das Element X' in der Schicht enthält, wird größer als die Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4**, die das Element X' nicht enthält, was erlaubt, daß die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht **4** und der festgelegten Magnetschicht **3** bei der Abscheidung (vor der Wärmebehandlung) nicht-kohärent gehalten werden kann.

[0138] Bei der vorliegenden Erfindung ist vorgeschrieben, daß der Zusammensetzungsanteil des in der Schicht enthaltenen Elements X' 0,2 bis 10 Atomprozent, besonders bevorzugt 0,5 bis 5 Atomprozent, beträgt. Es kann ein größeres Austauschkopplungs-Magnetfeld erhalten werden, wenn der Anteil des Elements X' in dem vorstehenden Bereich vorgeschrieben ist, wobei auch bestimmt wird, daß das Zusammensetzungsverhältnis X:Mn der Elemente X und Mn in dem Bereich von 4:6 bis 6:4 ist.

[0139] Bei der vorliegenden Erfindung ist es bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil von X + X' in der X-Mn-X'-Legierung innerhalb des Bereichs von 44 bis 47 Atomprozent liegt, wenn die antiferromagnetische Schicht **4** unter der festgelegten Magnetschicht **3** ausgebildet ist, wie es in Fig. 2 gezeigt ist. Der besonders bevorzugte Bereich von X + X' in der X-Mn-X'-Legierung beträgt 46 bis 55 Atomprozent.

[0140] Die Magnetisierung der in Fig. 2 gezeigten festgelegten Magnetschicht **3** ist festgelegt, wobei in der Y-Richtung durch das anisotrope Austauschmagnetfeld, das an der Grenzfläche mit der antiferromagnetischen Schicht **4** erzeugt wird, eine einzige magnetische Domäne gebildet wird.

[0141] Eine Austausch-Vormagnetisierschicht **9** (eine antiferromagnetische Schicht) ist auf der freien Magnetschicht **1** mit einer Lücke von einer Spurbreite Tw ausgebildet.

[0142] Die Austausch-Vormagnetisierschicht **9** ist aus der X-Mn-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist), bevorzugt aus der PtMn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung (in der X' eine oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und der Seltenerdelemente ist) ausgebildet.

[0143] Der Zusammensetzungsanteil des Elements X in der X-Mn-Legierung ist innerhalb des Bereichs von 47 bis 57 Atomprozent eingestellt. Ein bevorzugterer Bereich des Zusammensetzungsanteils des Elements X an der X-Mn-Legierung ist 50 bis 56 Atomprozent. Dieser Zusammensetzungsbereich ist der gleiche wie der Zusammensetzungsbereich der antiferromagnetischen Schicht **4**, die in Fig. 1 beschrieben ist. Im Falle der X-Mn-X'-Legierung ist der Zusammensetzungsbereich des X' 0,2 bis 10 Atomprozent, wobei der bevorzugtere Zusammensetzungsbereich 0,5 bis 5 Atomprozent ist. Das Zusammensetzungsverhältnis X:Mn zwischen den Elementen X und Mn beträgt 4:6 bis 6:4. Es ist bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung innerhalb des Bereichs von 47 bis 57 Atomprozent liegt, wobei der bevorzugtere Bereich des Zusammensetzungsanteils von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung von 50 bis 56 Atomprozent liegt.

[0144] Der vorstehend beschriebene Zusammensetzungsbereich erlaubt es, daß die Grenzflächenstruktur zwischen der freien Magnetschicht **1** und der Austausch-Vormagnetisierschicht nicht-kohärent ist, was es ermöglicht, ein anisotropes Austauschmagnetfeld von 400 Oe oder mehr zumindest an der Grenzfläche zu erhalten. Da jedoch, wie es in Fig. 2 gezeigt ist, die Austauschvormagnetisierschichten **9**, **9** nicht auf dem Bereich der Spurbreite Tw ausgebildet sind, sind beide Enden der freien Magnetschicht **1** zur Ausbildung einer einzigen magnetischen Domäne entlang der X-Richtung gebracht, indem sie durch das anisotrope Austauschmagnetfeld stark beeinflußt werden, um die Magnetisierung der freien Magnetschicht **1** in dem Bereich der Spurbreite Tw passend auszurichten in einem Ausmaß, daß die Magnetisierung auf das äußere Magnetfeld reagieren kann.

[0145] Bei dem vorstehend beschriebenen Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ wird die Magnetisierung im Bereich der Spurbreite Tw der freien Magnetschicht **1** aus der X-Richtung in die Y-Richtung gedreht auf Grund des äußeren Magnetfelds entlang der Y-Richtung. Der elektrische Widerstand ändert sich abhängig von der Beziehung zwischen der Veränderung der Magnetisierungsrichtung in der freien Magnetschicht **1** und der festgelegten Magnetisierungsrichtung (der Y-Richtung) der festgelegten Magnetschicht **3**. Das Austrittsmagnetfeld aus dem Aufzeichnungsmedium wird durch die Spannungsveränderung auf der Basis der Veränderung des elektrischen Widerstands, wie sie vorstehend beschrieben wurde, gefühlt oder abgestastet.

[0146] Fig. 3 ist ein Querschnitt, der den Aufbau des Doppel-Dünnschichtelements vom Drehventil-Typ gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0147] Wie es in der Zeichnung gezeigt ist, sind eine Unterlage **6**, eine antiferromagnetische Schicht **4**, eine festgelegte Magnetschicht **3**, eine nichtmagnetische leitfähige Schicht **2** und eine freie Magnetschicht **1** kontinuierlich von unten nach oben laminiert. Zusätzlich sind eine nichtmagnetische leitfähige Schicht **2**, eine festgelegte Magnetschicht **3**, eine antiferromagnetische Schicht **4** und eine Schutzschicht **7** kontinuierlich auf die freie Magnetschicht **1** laminiert.

[0148] Hart-Vormagnetisierschichten **5**, **5** und leitfähige Schichten **8**, **8** sind an beide Seiten der viellagigen Schicht von der Unterlage **6** bis zu der Schutzschicht **7** laminiert.

[0149] Jede Schicht ist aus dem gleichen Material ausgebildet, wie es in Fig. 1 und Fig. 2 beschrieben ist.

[0150] Es ist bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil des Elements X an der die antiferromagnetische Schicht **4** aufbauenden X-Mn-Legierung innerhalb des Bereichs von 44 bis 57 Atomprozent liegt, besonders bevorzugt innerhalb des Bereichs von 46 bis 55 Atomprozent, wie bei der in Fig. 2 gezeigten antiferromagnetischen Schicht **4**, da die unterhalb der freien Magnetschicht **1** ausgebildete antiferromagnetische Schicht **4** unter der festgelegten Magnetschicht **3** ausgebildet ist, wie in Fig. 3 gezeigt.

[0151] Es ist auch bevorzugt, daß der Zusammensetzungsanteil des Elements X an der die antiferromagnetische Schicht **4** aufbauenden X-Mn-Legierung innerhalb des Bereichs von 47 bis 57 Atomprozent liegt, besonders bevorzugt innerhalb des Bereichs von 50 bis 56 Atomprozent wie bei der in Fig. 1 gezeigten antiferromagnetischen Schicht **4**, da die über der freien Magnetschicht **1** ausgebildete antiferromagnetische Schicht **4** auf der festgelegten Magnetschicht **3** ausgebildet ist.

[0152] Der vorstehend beschriebene Zusammensetzungsbereich erlaubt es, daß der Unterschied zwischen der Gitterkonstante der festgelegten Magnetschicht **3** und der Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4** vor der Wärmebehandlung groß ist, was es erlaubt, daß die Grenzflächenstruktur vor der Wärmebehandlung nicht-kohärent ist. Dementsprechend macht es die Anwendung einer Wärmebehandlung möglich, einen Teil der Kristallstruktur an der Grenzfläche von der ungeordneten Struktur in die geordnete Struktur, die zur Erzeugung eines anisotropen Austausch-Magnetfelds erforderlich ist, umzuwandeln. Es ist bevorzugt, daß das Verhältnis (c/a) zwischen den Gitterkonstanten a und c in der antiferromagnetischen Schicht **4** nach der Wärmebehandlung innerhalb des Bereichs von 0,93 bis 0,99 liegt.

[0153] Die Grenzflächenstruktur wird befähigt, stärker nicht-kohärent zu sein, da die Kristallausrichtung der antiferromagnetischen Schicht **4** von der der festgelegten Magnetschicht **3** verschieden ist.

[0154] Während es der vorstehend beschriebene Zusammensetzungsbereich möglich macht, ein anisotropes Austausch-Magnetfeld von mindestens 400 Oe oder mehr zu erhalten, kann der Zusammensetzungsbereich des Elements X in der X-Mn-Legierung dadurch ein wenig erweitert werden, daß man die antiferromagnetische Schicht **4** unter der festgelegten Magnetschicht **3** ausbildet, anstatt die erstere auf der letzteren auszubilden.

[0155] Der Zusammensetzungsanteil des Elements X' ist innerhalb des Bereichs von 0,2 bis 10 Atomprozent, besonders bevorzugt innerhalb des Bereichs von 0,5 bis 5 Atomprozent, wenn die antiferromagnetische Schicht **4** aus der X-Mn-X'-Legierung ausgebildet ist. Es ist bevorzugt, daß das Zusammensetzungsverhältnis X:Mn zwischen den Elementen X und Mn innerhalb des Bereichs von 4:6 bis 6:4 liegt.

[0156] Der Zusammensetzungsanteil von X + X' in der X-Mn-X'-Legierung liegt innerhalb des Bereichs von 44 bis 57 Atomprozent, besonders bevorzugt innerhalb des Bereichs von 46 bis 55 Atomprozent, in der unter der freien Magnetschicht **1** ausgebildeten antiferromagnetischen Schicht **4**.

[0157] Der Zusammensetzungsanteil von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung liegt innerhalb des Bereichs von 47 bis 57 Atomprozent, besonders bevorzugt innerhalb des Bereichs von 50 bis 56 Atomprozent, in der über der freien Magnetschicht **1** ausgebildeten antiferromagnetischen Schicht **4**.

[0158] Die Zusammensetzung innerhalb des vorstehend beschriebenen Bereichs erlaubt es, daß der Unterschied zwischen der Gitterkonstante der festgelegten Magnetschicht **3** und der Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4** vor der Wärmebehandlung groß ist und daß die Grenzflächenstruktur vor der Wärmebehandlung nicht-kohärent ist. Dementsprechend macht es die Anwendung einer Wärmebehandlung möglich, einen Teil der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4** an der Grenzfläche von dem ungeordneten Gitter in das geordnete Gitter umzuwandeln, wie es zur Erzeugung eines anisotropen Austausch-Magnetfelds erforderlich ist.

[0159] Die festgelegte Magnetschicht **3** ist in der Y-Richtung festgelegt, wobei sie in dem Doppel-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ wie bei dem in Fig. 1 gezeigten Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ mittels des anisotropen Austausch-Magnetfelds eine einzige magnetische Domäne ausbildet, wobei die Magnetisierung der freien Magnetschicht **1** ebenfalls ausgerichtet ist in der X-Richtung, indem sie durch die Hart-Vormagnetisierschichten **5**, **5** beeinflußt wird.

[0160] Von der leitfähigen Schicht **8** wird der freien Magnetschicht **1**, der nichtmagnetischen Schicht **2** und der festgelegten Magnetschicht **3** ein dauernder Strom vermittelt. Wenn von dem Aufzeichnungsmedium ein Magnetfeld in der Y-Richtung ausgeübt wird, wird die Magnetisierung der freien Magnetschicht **1** von der X-Richtung in die Y-Richtung gedreht, was ein Streuen der spin-abhängigen Leitungselektronen an den Grenzflächen zwischen der nichtmagnetischen leitfähigen Schicht **2** und der freien Magnetschicht **1** und zwischen der nichtmagnetischen Schicht **2** und der festgelegten Magnetschicht **3** zur Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit verursacht, wodurch das Austritts-Magnetfeld des Aufzeichnungsmediums gefühlt wird.

[0161] Im Gegensatz zu dem in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ, in dem spin-abhängige Elektronen an zwei Stellen, der Grenzfläche zwischen der nichtmagnetischen leitfähigen Schicht **2** und der freien Magnetschicht **1** und der Grenzfläche zwischen der nichtmagnetischen Schicht **2** und der festgelegten Magnetschicht **3** gestreut werden, werden in dem in Fig. 3 gezeigten Doppel-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ die Leitungselektronen an vier Stellen, von zwei Grenzflächen zwischen der nichtmagnetischen leitfähigen Schicht **2** und der freien Magnetschicht **1** und zwei Grenzflächen zwischen der nichtmagentischen Schicht **2** und der festgelegten Magnetschicht **3** gestreut. Daher kann in dem Doppel-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ eine größere Widerstandsveränderungsrate erhalten werden als in dem Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ.

[0162] Fig. 4 ist ein Querschnitt, der den Aufbau des Dünnschichtelements vom AMR-Typ gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0163] Wie in der Zeichnung gezeigt ist, sind eine weichmagnetische Schicht (soft adjacent layer: SAL) **10**, eine nichtmagnetische Schicht (SHUNT-Schicht) **11** und eine Magnetowiderstands-Schicht (magnetoresistive layer; MR-Schicht) **12** kontinuierlich von unten nach oben laminiert.

[0164] Beispielsweise ist die weichmagnetische Schicht **10** aus einer Fe-Ni-Nb-Legierung ausgebildet, ist die nichtmagnetische Schicht **11** aus einer Ta-Schicht ausgebildet und ist die Magnetowiderstands-Schicht aus einer NiFe-Legierung ausgebildet.

[0165] Austausch-Vormagnetisierschichten (antiferromagnetische Schichten) **9**, **9** sind auf der Magnetowiderstands-Schicht **12** an den beiden Seiten entlang der X-Richtung ausgebildet, wobei eine Spurbreite Tw verbleibt. Aus einer Cr-Schicht ausgebildete leitfähige Schichten **13**, **13** sind auf den Austausch-Vormagnetisierschichten **9**, **9** ausgebildet.

[0166] Die Austausch-Vormagnetisierschichten **9**, **9** sind aus der X-Mn-Legierung, bevorzugt aus der PtMn-Legierung, ausgebildet, wie bei den in Fig. 2 gezeigten Austausch-Vormagnetisierschichten **9**, **9**. Der Zusammensetzungsanteil des Elements X an der X-Mn-Legierung liegt innerhalb des Bereichs von 47 bis 57 Atomprozent, bevorzugt innerhalb des Bereichs von 50 bis 56 Atomprozent.

[0167] Die Austausch-Vormagnetisierschichten **9**, **9** sind aus der X-Mn-X'-Legierung ausgebildet (worin das Element X' eine oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und Seltenerdelemente ist), und der Zusammensetzungsanteil des Elements X' liegt in dem Bereich von 0,2 bis 10 Atomprozent, bevorzugt in dem Bereich von 0,5 bis 5 Atomprozent. Es ist bevorzugt, daß der Verhältnis X:Mn der Elemente X und Mn in dem Bereich von 4:6 bis 6:4 liegt. Der Zusammensetzungsanteil von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung in den in Fig. 4 gezeigten Austausch-Vormagnetisierschichten **9**, **9** liegt, wie bei den in Fig. 2 gezeigten Austausch-Vormagnetisierschichten **9**, **9**, in dem Bereich von 47 bis 57 Atomprozent, bevorzugt in dem Bereich von 50 bis 56 Atomprozent.

[0168] Die Ausbildung der X-Mn-Legierung oder der X-Mn-X'-Legierung mit dem vorstehend beschriebenen Zusammensetzungsverhältnis erlaubt es, daß die Grenzflächenstruktur zwischen den Austausch-Vormagnetisierschichten **9**, **9** und der Magnetowiderstandsschicht **12** nicht-kohärent ist. Durch Anwenden einer Wärmebehandlung wird ein anisotropes Austausch-Magnetfeld von 40 bis 110 Oe erhalten, wenn die Schichtdicke der Magnetowiderstandsschicht **12** aus der NiFe-Legierung 200 bis 300 Angström beträgt. Insbesondere wird,

wenn die Schichtdicke der Magnetowiderstandsschicht **12** aus der NiFe-Legierung 200 Angström beträgt, ein anisotropes Austausch-Magnetfeld von 200 Oe erhalten, und der in Fig. 4 gezeigte B-Bereich der Magnetowiderstandsschicht **12** ist in der X-Richtung festgelegt, wobei er eine einzige magnetische Domäne ausbildet. Die Magnetisierung des A-Bereichs der Magnetowiderstandsschicht **12** ist ebenfalls in der X-Richtung ausgerichtet, dadurch, daß sie durch die Magnetisierung des B-Bereichs induziert wird. Das Strom-Magnetfeld, das von dem durch die Magnetowiderstandsschicht **12** fließenden Abtaststrom erzeugt wird, wird der weichmagnetischen Schicht in der Y-Richtung aufgezwungen, wobei dem A-Bereich der Magnetowiderstandsschicht **12** wegen der Energie der magnetostatischen Kopplung ein seitliches Vormagnetisierfeld mitgeteilt wird. Die Widerstandsveränderung als eine Funktion der Veränderung des Magnetfelds in dem A-Bereich der Magnetowiderstandsschicht **12** (Magnetowiderstandseffekt-Kennwert:H-R-Effekt-Kennwert) wird linear eingestellt, indem man diese seitliche Vormagnetisierschicht am A-Bereich der entlang der X-Richtung fixierten Magnetowiderstandsschicht **12** anbringt, wobei eine einzige magnetische Domäne ausgebildet wird.

[0169] Während das Aufzeichnungsmedium sich in Z-Richtung bewegt verändert sich der Widerstand des A-Bereichs der Magnetowiderstandsschicht **12** durch Mitteilen eines Austritts-Magnetfelds in der Y-Richtung, das als eine Spannungsänderung gefühlt wird.

[0170] Wie bisher genau diskutiert wurde, kann die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht **4** und der festgelegten Magnetschicht **3** (oder der freien Magnetschicht **1** oder der Magnetowiderstandsschicht **12**), die in direktem Kontakt mit dieser antiferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, bei der vorliegenden Erfindung nicht-kohärent gemacht werden, indem man das Zusammensetzungsverhältnis der antiferromagnetischen Schicht **4** passend einstellt durch Ausbilden der antiferromagnetischen Schicht **4** (oder der Austauschvormagnetisierschicht **9**) aus der X-Mn-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist), bevorzugt aus der PtMn-Legierung, wodurch man ein größeres anisotropes Austausch-Magnetfeld erhält und es möglich wird, die Wiedergabe-Eigenschaften gegenüber dem Stand der Technik zu verbessern. Außerdem kann die Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht **4** vergrößert werden durch Zugabe des Elements X' (wobei das Element X' eine oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und der Seltenerdelemente ist) als ein drittes Element zu der antiferromagnetischen Schicht **4** (oder der Austausch-Vormagnetisierschicht **9**) zusätzlich zu den Elementen X und Mn, verglichen mit dem Fall, wenn das Element X' nicht zugegeben wird. Dementsprechend kann die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht **4** und der in direktem Kontakt mit dieser antiferromagnetischen Schicht **4** ausgebildeten festgelegten Magnetschicht **3** (oder der freien Magnetschicht oder der Magnetowiderstandsschicht **12**) nicht-kohärent gemacht werden, wodurch ein größeres anisotropes Austausch-Magnetfeld erhalten wird und es möglich ist, die Wiedergabe-Eigenschaften gegenüber dem Stand der Technik zu verbessern.

[0171] Um die Grenzflächenstruktur nicht-kohärent zu machen, ist an der Grenzfläche die Kristallausrichtung der antiferromagnetischen Schicht **4** von der Kristallausrichtung der festgelegten Magnetschicht **3** verschieden ist.

[0172] Nicht-Kohärenz der Grenzflächenstruktur ermöglicht es, ein anisotropes Austausch-Magnetfeld zu erhalten, weil es die Wärmebehandlung der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht **4** erlaubt, von dem ungeordneten Gitter in das geordnete Gitter umgeformt zu werden. Es ist jedoch bevorzugt, einen Teil der Kristallstruktur in das geordnete Gitter umzuwandeln, da ein Anhaftungsproblem verursacht wird, wenn die gesamte Kristallstruktur in die geordnete Struktur umgewandelt wird. Wenn die antiferromagnetische Schicht **4** aus der PtMn-Legierung ausgebildet ist, ist es beispielsweise bevorzugt, daß das Verhältnis c/a zwischen den Gitterkonstanten a und c der antiferromagnetischen Schicht **4** nach der Wärmebehandlung in dem Bereichs von 0,93 bis 0,99 liegt (das Verhältnis c/a zwischen den Gitterkonstanten a und c ist 0,918, wenn sich die gesamte Kristallstruktur in das geordnete Gitter umwandelt)

[0173] Bei der vorliegenden Erfindung ist der Aufbau der Schichten des Magnetowiderstandselements nicht immer auf den in Fig. 1 bis Fig. 4 gezeigten Aufbau beschränkt. Bei dem in Fig. 1 gezeigten Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ kann beispielsweise die Austausch-Vormagnetisierschicht unter der freien Magnetschicht **1** ausgebildet werden mit einer Lücke von der Spurbreite Tw, ohne die Hart-Vormagnetisierschichten **5**, **5** auszubilden. Andererseits können bei dem Einfach-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ, das in Fig. 2 gezeigt ist, die Hart-Vormagnetisierschichten an beiden Seiten der sechs Schichten von der Unterlage **6** bis zu der Schutzschicht **7** oder zumindest an beiden Seiten der freien Magnetschicht ausgebildet werden, ohne die Austausch-Vormagnetisierschichten **9**, **9** auszubilden.

[0174] Fig. 5 ist ein Querschnitt des Lesekopfes, in dem die in Fig. 1 bis Fig. 4 gezeigten Magnetowiderstandselement-Schichten ausgebildet sind, von der dem Aufzeichnungsmedium gegenüberliegenden Seite gesehen.

[0175] Die Bezugsziffer **20** entspricht der unteren Schutz- oder Abschirmschicht, die beispielsweise aus der NiFe-Legierung ausgebildet ist, und auf dieser unteren Abschirmschicht **20** ist eine untere Spaltschicht **21** ausgebildet. Die in Fig. 1 bis Fig. 4 gezeigte Magnetowiderstandselement-Schicht **22** ist auf der unteren Spaltschicht **21** ausgebildet, und die obere Spaltschicht **23** ist auf der Magnetowiderstandselement-Schicht **22** ausgebildet, wobei die aus der NiFe-Legierung ausgebildete obere Abschirmschicht **24** auf der oberen Spaltschicht **23** ausgebildet ist.

[0176] Die untere Spaltschicht **21** und die obere Spaltschicht **23** sind aus einem Isoliermaterial wie SiO_2 und Al_2O_3 (Aluminiumoxid) ausgebildet. Die Länge von der unteren Spaltschicht **21** zu der oberen Spaltschicht **23** entspricht der Spaltlänge G1. Je kleiner die Spaltlänge ist, desto höher ist die Aufzeichnungsdichte, auf die der Kopf ansprechen kann.

BEISPIEL

[0177] Zuerst wurde eine aus dem nachstehend beschriebenen Filmaufbau zusammengesetzte Vielfachschicht erfindungsgemäß abgeschieden, um die Beziehung zwischen dem Pt-Gehalt als ein die antiferromagnetische Schicht aufbauendes Element und der Gitterkonstanten der antiferromagnetischen Schicht zu untersuchen.

[0178] Der Film oder die Schicht wurde in der folgenden Reihenfolge, von unten nach oben, abgeschieden: Si-Substrat/Aluminiumoxid/Unterlage: Ta (100)/festgelegte Magnetschicht: Ni Fe (300)/antiferromagnetische Schicht: PtMn (300)/Ta (100). Die Zahlen in Klammern geben die Schichtdicke in Angström-Einheiten (Å) an.

[0179] Die Beziehung zwischen dem Pt-Gehalt und der Gitterkonstanten der antiferromagnetischen Schicht wurde vor dem Unterziehen einer Wärmebehandlung mittels des θ/2θ-Röntgenbeugungsverfahrens aus der Lage des Spitzenwerts in dem Beugungsmuster experimentell bestimmt.

[0180] Aus Fig. 6 ist deutlich, daß die Gitterkonstante der antiferromagnetischen Schicht (PtMn-Schicht) groß wird, wenn der Pt-Gehalt erhöht wird. Die Gitterkonstante der die festgelegte Magnetschicht aufbauenden Ni-Fe-Legierung, CoFe-Legierung und Co beträgt etwa 3,5 bis 3,6 Å.

[0181] Dann wurden zwei Vielfachschichten, auf denen oder unter denen die antiferromagnetische Schicht ausgebildet wurde, mittels des Gleichstrom-Magnetron-Aufstäubungsverfahrens abgeschieden, und die Beziehung zwischen dem Pt-Gehalt (einem die antiferromagnetische Schicht aufbauenden Element) nach dem Unterziehen einer Wärmebehandlung und dem anisotropen Austausch-Magnetfeld wurde untersucht. Die Ergebnisse sind in Fig. 7 gezeigt.

[0182] Der Schichtaufbau, bei dem die antiferromagnetische Schicht unter der festgelegten Magnetschicht ausgebildet ist, wurde, von unten nach oben, in der folgenden Reihenfolge abgeschieden: Si-Substrat/Aluminiumoxid/Unterlage: Ta (50)/antiferromagnetische Schicht: PtMn (300)/festgelegte Magnetschicht: $Co_{90}Fe_{10}$ (30)/Schutzschicht Ta (100). Der Schichtaufbau, bei dem die antiferromagnetische Schicht auf der festgelegten Magnetschicht ausgebildet ist, wurde, von unten nach oben, in der folgenden Reihenfolge abgeschieden: Si-Substrat/Aluminiumoxid/Ta (50)/festgelegte Magnetschicht: $Co_{90}Fe_{10}$ (30)/antiferromagnetische Schicht (300)/Schutzschicht Ta (100). Die Zahlen in den Klammern geben die Schichtdicke in der Einheit Angström (Å) an.

[0183] Die Bedingungen der Wärmebehandlung waren: drei Stunden Temperaturanstieg, dann dreistündiges Halten der Temperatur von 240°C und drei Stunden Temperaturabsenken. Der Grad an Vakuum für die Wärmebehandlung war 5×10^{-6} Torr oder weniger.

[0184] Aus Fig. 7 ist deutlich, daß in beiden Fällen, wenn die antiferromagnetische Schicht (die Schicht aus PtMn-Legierung) auf bzw. unter der festgelegten Magnetschicht ausgebildet ist, das anisotrope Austausch-Magnetfeld erhöht wird, wenn der Pt-Gehalt auf bis zu 50 Atomprozent ansteigt, aber das anisotrope Austausch-Magnetfeld allmählich verringert wird, wenn der Pt-Gehalt etwa 50 Atomprozent oder mehr beträgt.

[0185] Es versteht sich, daß zur Erhaltung eines anisostropen Austausch-Magnetfelds von 400 Oe oder mehr der Pt-Gehalt passend in dem Bereich von 44 bis 57 Atomprozent eingestellt werden kann, wenn die antiferromagnetische Schicht (die PtMn-Schicht) unter der festgelegten Magnetschicht ausgebildet wird, während der

Pt-Gehalt passend in dem Bereich von 47 bis 57 Atomprozent eingestellt werden kann, wenn die antiferromagnetische Schicht (die PtMn-Schicht) auf der festgelegten Magnetschicht ausgebildet wird.

[0186] Es versteht sich, daß zur Erhaltung eines anisotropen Austausch-Magnetfelds von 600 Oe oder mehr der Pt-Gehalt passend in dem Bereich von 46 bis 55 Atomprozent eingestellt werden kann, wenn die antiferromagnetische Schicht (die PtMn-Schicht) unter der festgelegten Magnetschicht ausgebildet wird, während der Pt-Gehalt passend in dem Bereich von 50 bis 55 Atomprozent eingestellt werden kann, wenn die antiferromagnetische Schicht (die PtMn-Schicht) auf der festgelegten Magnetschicht ausgebildet wird.

[0187] Auf der Basis der vorstehenden experimentellen Ergebnisse wurden vier Arten von Vielfachschichten abgeschieden, in denen das Zusammensetzungsverhältnis der antiferromagnetischen Schicht (der PtMn-Schicht) passend eingestellt war, zusammen mit einer Art von viellagiger Schicht als ein Vergleichsbeispiel, und der Ausrichtungsgrad und das anisotrope Austausch-Magnetfeld jeder Schicht wurde untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 gezeigt.

TABELLE 1

		Aufbau der Schicht	Zusammensetzung von PtMn (At%)	Gitter kohärent an PtMn/Co-Fe-Grenzfläche	(111)-Ausrichtung von PtMn	(111)-Ausrichtung an ferromagnetische Schicht/Cu/ferromagnetische Schicht	Ordnungsgrad von PtMn nach Wärmebehandlung bei 240°C	Anisotropes Austausch-Magnetfeld Hex(Oe)	Widerstands-Änderungsrate (%)
Beispiel	①	Substrat/Aluminiumoxid/ Ta(30Å)/PtMn(300Å)/ Co-Fe(30Å)/Cu(22Å)/ Co-Fe(10Å)/Ni-Fe(70Å)/ Ta(50Å)	$Pt_{49}Mn_{51}$	Nein	Mittel	Gering	O	770	6,7
	②	Substrat/Aluminiumoxid/ PtMn(300Å)/Co(30Å)/ Cu(24Å)/Ni-Fe(80Å)/ Ta(50Å)	$Pt_{50}Mn_{50}$	Nein	Gering	Gering	O	730	4,5
	③	Substrat/Aluminiumoxid/ Ta(50Å)/Ni-Fe(70Å)/ Co-Fe(10Å)/Cu(28Å)/ Co-Fe(30Å)/PtMn(300Å)/ Ta(50Å)	$Pt_{51}Mn_{49}$	Nein	Gering	Stark	O	620	5,7
	④	Substrat/Aluminiumoxid/ Ta(30Å)/PtMn(200Å)/ Co-Fe(30Å)/Cu(22Å)/ Co-Fe(10Å)/Cu(22Å)/ Co-Fe(30Å)/PtMn(200Å)/ Ta(50Å)	$Pt_{49}Mn_{51}$	Nein	Mittel	Gering	O	610	9,3
Vergleichs-beispiel	⑤	wie bei ③	$Pt_{44}Mn_{56}$	Ja	Stark	Stark	X	40	0,2

[0188] Die viellagigen Schichten in den Beispielen 1 bis 3 sind Einfach-Dünnschichtelemente vom Drehventil-Typ und die viellagige Schicht in dem Beispiel 4 entspricht einem Doppel-Dünnschichtelement vom Drehventil-Typ. Die viellagige Schicht in dem Vergleichsbeispiel 5 hat den gleichen Schicht-Aufbau wie die viellagige Schicht in dem Beispiel 3, wobei nur die Zusammensetzungsverhältnisse der antiferromagnetischen Schicht (der PtMn-Schicht) voneinander verschieden sind.

[0189] In der viellagigen Schicht in Beispiel 1 sind die CoFe- und die Ni-Fe-Legierung auf die Cu-Schicht (die nichtmagnetische leitfähige Schicht) laminiert, und die freie Magnetschicht ist aus diesen zwei Schichten zusammengesetzt. In ähnlicher Weise werden in der viellagigen Schicht in Beispiel 3 die Ni-Fe- und die CoFe-Legierung unter die Cu-Schicht (die nichtmagnetische leitfähige Schicht) laminiert, und die freie Magnetschicht ist aus diesen zwei Schichten zusammengesetzt. In der viellagigen Schicht in Beispiel 4 sind die CoFe-, Ni-Fe- und die Co-Fe-Legierung zwischen die zwei Cu-Schichten (nichtmagnetische leitfähige Schichten) laminiert, und die freie Magnetschicht ist aus diesen zwei Schichten zusammengesetzt.

[0190] Wie in Tabelle 1 gezeigt ist, wird in der viellagigen Schicht des Vergleichsbeispiels 5 an der Grenzfläche Kohärenz beobachtet, obwohl die Gitter-Kohärenz an der Grenzfläche zwischen der PtMn-Legierung-Schicht (antiferromagnetische Schicht) und der CoFe-Legierung-Schicht (festgelegte Magnetschicht) nicht beobachtet wird.

[0191] Was die Spalte mit der Überschrift ”Ordnungsgrad von PtMn nach Wärmebehandlung bei 240°C” betrifft, werden die viellagigen Schichten der Beispiele 1 bis 4 als ”0” bewertet, während die viellagige Schicht in Vergleichsbeispiel 5 als ”x” bewertet wird.

[0192] Was die Spalten mit dem Titel ”Anisotropes Austausch-Magnetfeld” und ”Widerstands-Änderungsrate” betrifft, besitzen die viellagigen Schichten der Beispiele 1 bis 4 ein großes anisotropes Austausch-Magnetfeld und eine große Widerstands-Änderungsrate, aber das anisotrope Austausch-Magnetfeld und die Widerstands-Änderungsrate bei dem Vergleichsbeispiel 5 sind beträchtlich kleiner als diejenigen der viellagigen Schichten der Beispiele 1 bis 4.

[0193] Diese experimentellen Ergebnisse stehen in Beziehung mit dem Zusammensetzungsverhältnis der Pt-Mn-Legierung. Wie in Tabelle 1 gezeigt ist, ist der Pt-Gehalt der PtMn-Legierung in den Beispielen 1 bis 4 49 bis 51 Atomprozent im Vergleich mit dem Pt-Gehalt von 44 Atomprozent in der PtMn-Legierung in Vergleichsbeispiel 5.

[0194] Was Fig. 6 betrifft (vor der Wärmebehandlung), ist klar, daß die Gitterkonstante der PtMn-Legierung in dem Vergleichsbeispiel 5 kleiner ist als die Gitterkonstanten der PtMn-Legierung in den Beispielen 1 bis 4, was anzeigt, daß der Unterschied zwischen den Gitterkonstanten der PtMn-Schicht (antiferromagnetische Schicht) und der CoFe-Schicht (festgelegte Magnetschicht) in dem Vergleichsbeispiel 5 kleiner ist als in den Beispielen 1 bis 4.

[0195] Dies bedeutet, daß bei den Schritten vor der Wärmebehandlung in dem Vergleichsbeispiel 5 die Grenzflächenstruktur in der viellagigen Schicht zwischen PtMn- und CoFe-Schicht leicht kohärent ist, während in den Beispielen 1 bis 4 in den viellagigen Schichten die Grenzflächenstruktur zwischen PtMn- und CoFe-Schicht leicht nicht-kohärent ist.

[0196] Obwohl die Kristallstrukturen in den Beispielen 1 bis 4 und in dem Vergleichsbeispiel 5 vor der Wärmebehandlung ungeordnete Gitter (tetragonal-flächenzentrierte Gitter) annehmen, kann die Kristallstruktur der PtMn-Schicht in dem Vergleichsbeispiel 5, in dem die Grenzflächenstruktur kohärent gemacht ist, wodurch ein Ordnen kaum voranschreiten kann, nicht von dem ungeordneten Gitter in das geordnete Gitter umgewandelt werden, selbst wenn eine Wärmebehandlung angewendet wird.

[0197] Im Gegensatz dazu wird in den Beispielen 1 bis 4, in denen die Grenzflächenstruktur nicht-kohärent gemacht ist, wodurch ein ausreichendes Ordnen stattfinden kann, durch Anwenden einer Wärmebehandlung ein Teil der Kristallstruktur der PtMn-Schicht von dem ungeordneten Gitter in das geordnete Gitter umgewandelt.

[0198] Fig. 8 ist eine Aufnahme mit hochauflösender TEM (Transmissionselektronenmikroskopie), die die Grenzflächenstruktur der PtMn-Schicht und der CoFe-Schicht nach der Wärmebehandlung in Beispiel 3 zeigt.

[0199] Wie in Fig. 8 gezeigt ist, paßt die Richtung der Ausrichtung der PtMn-Atome nicht mit der Richtung der Ausrichtung der CoFe-Atome an der Grenze zwischen der PtMn-Schicht und der CoFe-Schicht zusammen, wobei ein nicht-kohärentes Gittergebildet wird.

[0200] Fig. 9 ist die Aufnahme mit hochauflösender TEM (Transmissionselektronenmikroskopie), die die Grenzflächenstruktur der PtMn-Schicht und der CoFe-Schicht nach der Wärmebehandlung in Vergleichsbeispiel 5 zeigt.

[0201] Die Richtung der Ausrichtung der PtFe-Atome paßt mit der Richtung der Ausrichtung der CoFe-Atome an der Grenzfläche zwischen der PtFe- und der CoFe-Schicht zusammen, wie es in Fig. 9 gezeigt ist, so daß sie eine kohärente Beziehung zueinander zeigen.

[0202] Fig. 10 zeigt den Ordnungsgrad der PtMn-Atome in der viellagigen Schicht in Beispiel 3, während Fig. 11 die experimentellen Ergebnisse von Messungen des Ordnungsgrads der PtMn-Atome in der viellagigen Schicht in Vergleichsbeispiel 5 zeigt.

[0203] In dem Experiment wurde der Winkel zwischen den beiden äquivalenten {111} Ebenen in der PtMn-Legierung gemessen, und der Ordnungsgrad wurde aus dem Winkel zwischen den zwei Ebenen bestimmt. Die horizontale Achse entspricht dem Abstand von der Grenzfläche zwischen der PtMn- und der CoFe-Ebene zu der Seite der PtMn-Ebene.

[0204] Wie in Fig. 10 gezeigt ist, schwankt der Winkel zwischen den {111} Ebenen zwischen Winkeln von etwa 65° bis 72°, was anzeigt, daß in der Kristallstruktur der PtMn-Schicht ein Teil des ungeordneten Gitters vor der Wärmebehandlung in ein geordnetes Gitter umgewandelt wurde.

[0205] Im Gegensatz zu der vorstehenden Beobachtung konzentrieren sich die gemessenen Winkel zwischen den {111} Ebenen in dem Bereich von etwa 80 bis 71°, was zeigt, daß die Kristallstruktur der PtMn-Schicht selbst nach der Wärmebehandlung das ungeordnete Gitter vor der Wärmebehandlung bleibt.

[0206] Wie bisher beschrieben wurde, kann in der viellagigen Schicht in den Beispielen 1 bis 4 die Grenzflächenstruktur nicht-kohärent gemacht werden durch Einstellen des Pt-Gehalts der PtMn-Schicht auf 49 bis 51 Atomprozent, wodurch erlaubt wird, daß das Ordnen richtig vor sich geht. Daher hat das anisotrope Austauschmagnetfeld, das an der Grenzfläche zwischen der PtMn- und der CoFe-Schicht erzeugt wird, einen sehr großen Wert, wie aus Fig. 7 ersichtlich ist.

[0207] Andererseits ist in der viellagigen Schicht im Vergleichsbeispiel 5 der Pt-Gehalt der PtMn-Legierung nur 44 Atomprozent, so daß die Grenzflächenstruktur kohärent wird. Dementsprechend findet kein Ordnen statt, was dazu führt, daß an der Grenzfläche zwischen der PtMn- und der CoFe-Schicht ein sehr kleines anisotropes Austausch-Magnetfeld erzeugt wird, wie aus Fig. 7 offensichtlich ist.

[0208] An der Grenzfläche zwischen den Schichten ist die Kristallausrichtung der PtMn-Schicht von der Kristallausrichtung der CoFe-Schicht verschieden, um zu erlauben, daß die Grenzflächenstruktur zwischen der PtMn- und der CoFe-Schicht nicht-kohärent ist.

[0209] Die Begriffe ”stark”, ”mittel” und ”gering” bezüglich des Ausrichtungsgrads der {111} Ebene, wie in Tabelle 1 gezeigt, stellen den Grad der bevorzugten Ausrichtung in Richtung der Schichtfläche dar.

[0210] Wie in Tabelle 1 gezeigt ist, wurde festgestellt, daß sowohl der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der PtMn-Schicht in Vergleichsbeispiel 5 als auch der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der CoFe-Schicht (festgelegte Magnetschicht) in Vergleichsbeispiel 5 ”stark” ist.

[0211] Was den Aufbau der Schicht in Beispiel 3 betrifft, sind die {111} Ebenen der auf einer Ta-Schicht ausgebildeten NiFe-Schicht, CoFe-Schicht (freie Magnetschicht), Cu-Schicht (nichtmagnetische leitfähige Schicht) und CoFe-Schicht (festgelegte Magnetschicht) stark ausgerichtet dadurch, daß sie durch die Ta-Schicht als eine Unterlage stark beeinflußt werden. Mit Bezugnahme auf Fig. 6 wird klar, daß die {111} Ebene der PtMn-Schicht unter dem starken Einfluß des Ausrichtungsgrads der {111} Ebene der CoFe-Legierung bevorzugt in der Richtung der Schichtfläche ausgerichtet ist, weil der Unterschied zwischen der Gitterkonstante der CoFe-Schicht (festgelegte Magnetschicht) und der Gitterkonstante der PtMn-Schicht (antiferromagnetische Schicht) vor der Wärmebehandlung klein ist.

[0212] Im Gegensatz dazu ist es aus Fig. 6 offensichtlich, daß, obwohl die {111} Ebenen der auf der Ta-Schicht ausgebildeten NiFe-Schicht, CoFe-Schicht (freie Magnetschicht), Cu-Schicht (nichtmagnetische leitfähige Schicht) und CoFe-Schicht (festgelegte Magnetschicht) unter dem starken Einfluß der Ta-Schicht als eine Unterlage stark ausgerichtet werden, die {111} Ebene der PtMn-Schicht durch die Kristallausrichtung der CoFe-Schicht nicht stark beeinflußt wird, wodurch der Ausrichtungsgrad in Richtung der Schichtfläche verringert wird, weil der Unterschied zwischen der Gitterkonstante der CoFe-Schicht (festgelegte Magnetschicht) und der Gitterkonstante der PtMn-Schicht (antiferromagnetische Schicht) groß ist.

[0213] In den Beispielen 1 und 2, in denen die CoFe-Schicht (festgelegte Magnetschicht) auf die PtMn-Schicht laminiert ist, wird der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der CoFe-Schicht verringert durch das Ausbilden der CoFe-Schicht auf der PtMn-Schicht, wodurch die Kristallausrichtungen der PtMn-Schicht und der CoFe-Schicht automatisch in unterschiedliche Richtungen gelenkt werden.

[0214] Die Beziehung zwischen dem Gehalt an dem Element X' und der Gitterkonstanten der Pt-Mn-X'-Legierung wurde dann in der vorliegenden Erfindung nach dem Ausbilden der antiferromagnetischen Schicht aus der PtMn-X'-Legierung (X' = Ar) untersucht. Der in dem Experiment verwendete Schichtaufbau war: Si-Substrat/Aluminiumoxid/Tw (50)/$Co_{90}Fe_{10}$ (30)/PtMn-X' (300)/Ta (100) von unten nach oben. Die Zahlen in den Klammern geben die Schichtdicke in der Einheit Angström (Å) an.

[0215] Zur Abscheidung der antiferromagnetischen Schicht wurden drei Arten von Targets mit dem Pt/Mn-Verhältnis von 6:4, 5:5 und 4:6 in die Zerstäubungsvorrichtung (Sputter-Vorrichtung) gebracht. Unter Verwendung eines Gleichstrom-Magnetron-Sputterverfahrens und eines Ionenstrahl-Sputterverfahrens wurde eine Schicht aus der Pt-Mn-X'(X' = Ar)-Legierung abgeschieden, wobei die jeweiligen Targets unter verschiedenen Gaseinlaßdrücken (Ar als das Element X') verwendet wurden. Die Beziehung zwischen dem Gehalt X' (X' = Ar), das in der Schicht aus der Pt-Mn-X'(X' = Ar)-Legierung enthalten ist, und der Gitterkonstanten der Pt-Mn-X'(X' = Ar)-Legierung wurde gemessen. Die Ergebnisse sind in Fig. 12 gezeigt.

[0216] Fig. 12 zeigt, daß die Gitterkonstante der Pt-Mn-X'-Legierung (X' = Ar) durch Erhöhen des Gehalts an dem Element X' (X' = Ar) in allen Fällen, in denen das Zusammensetzungsverhältnis zwischen Pt und Mn 6:4, 5:5 oder 4:6 ist, groß wird. Die Gitterkonstante der NiFe-Legierung, der CoFe-Legierung oder von Co, welche die festgelegte Magnetschicht aufbauen, liegt in dem Bereich von etwa 3,5 bis 3,6 Å. Der Gehalt an dem Element X' (X' = Ar) wurde in diesem Experiment auf bis zu 4 Atomprozent erhöht, und irgendwelche Experimente, den Gehalt weiter zu erhöhen, wurden nicht durchgeführt, weil das als das Element X' zu verwendende Ar ein gasförmiges Element ist und Ar daher schwer in die Schicht inkorporiert wird, selbst wenn der Gasdruck erhöht wurde.

[0217] Das bei dem vorstehenden Experiment verwendete Pt-Mn-X' (X' = Ar) wurde dann dem nachstehend beschriebenen Wärmebehandlungsverfahren ausgesetzt. Die Bedingungen der Wärmebehandlung waren: 3 Stunden langes Ansteigen der Temperatur, 3 Stunden langes Halten der Temperatur von 240°C und 3 Stunden langes Absenken der Temperatur. Das Vakuum für die Wärmebehandlung war 5×10^{-6} Torr oder darunter.

[0218] Fig. 13 ist eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Gehalt an dem Element X' (X' = Ar) in der Pt-Mn-X'(X' = Ar)-Legierung und der Höhe des an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der festgelegten Magnetschicht erzeugten Austauschkopplungs-Magnetfelds zeigt.

[0219] Wie in Fig. 13 gezeigt ist, wird deutlich gemacht, daß das Austauschkopplungs-Magnetfeld umsomehr erhöht wird, je größer der Gehalt an dem Element X' (X' = Ar) ist. Dies bedeutet, daß durch Zugabe des Elements X' (X' = Ar) zu der PtMn-Legierung ein größeres Austauschkopplungs-Magnetfeld erhalten werden kann im Vergleich mit dem Austauschkopplungs-Magnetfeld, wenn kein Element X' (X' = Ar) zugegeben wird.

[0220] Bei der vorliegenden Erfindung wurde getrennt eine antiferromagnetische Schicht aus Pt-Mn-X' (X' = Mo) hergestellt, wobei ein anderes Element X' verwendet wurde, um die Beziehung zwischen dem Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) und der Gitterkonstante der Pt-Mn-X'(X' = Mo)-Legierung zu untersuchen. Der bei dem Experiment verwendete Schichtaufbau war: Si-Substrat/Aluminiumoxid/Ta (50)/$Co_{90}Fe_{10}$ (30)/Pt-Mn-X' (300)/Ta (100) von unten nach oben. Die Zahlen in den Klammern stellen die Schichtdicke in der Einheit Angström (Å) dar.

[0221] Ein zusammengesetztes Target, bei dem eine Spitze aus dem Element X' (X' = Mo) an einem PtMn-Target befestigt (pasted) war, wurde zur Abscheidung der antiferromagnetischen Schicht hergestellt. Die Beziehung zwischen dem Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) und der Gitterkonstante der Pt-Mn-X'(X' = Mo)-Legierung wurde bestimmt mit einer variierenden Menge an dem Element X' (X' = Mo) in dem Target durch Variieren des Flächenanteils der Spitze auf dem Target. Die experimentellen Ergebnisse sind in Fig. 14 gezeigt.

[0222] Die Ergebnisse in Fig. 14 zeigen an, daß in allen Fällen, in denen das Zusammensetzungsverhältnis zwischen Pt und Mn 6:4, 5:5 oder 4:6 ist, die Gitterkonstante der Pt-Mn-X'(X' = Mo)-Legierung umso mehr erhöht wird, je größer die Konzentration an dem Element X' (X' = Mo) in der Schicht ist. Die Gitterkonstanten der die festgelegte Magnetschicht aufbauenden NiFe-Legierung, CoFe-Legierung und Co sind in dem Bereich von etwa 3,5 bis 3,6, wie in Fig. 14 gezeigt ist.

[0223] Das bei dem vorstehenden Experiment verwendete Pt-Mn-X' (X' = Mo) wurde dann dem nachstehend beschriebenen Wärmebehandlungsverfahren unterzogen. Die Bedingungen der Wärmebehandlung waren: 3 Stunden lang Temperaturanstieg, 3 Stunden lang Halten der Temperatur von 240°C und 3 Stunden lang Temperaturabsenkung. Das Vakuum für die Wärmebehandlung war 5×10^{-6} Torr oder weniger.

[0224] Fig. 15 ist eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) in der Schicht der Pt-Mn-X'(X' = Mo)-Legierung und der Höhe des an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der festgelegten Magnetschicht erzeugten Austauschkopplungs-Magnetfelds zeigt.

[0225] Aus Fig. 15 ist offensichtlich, daß in allen Fällen, in denen das Zusammensetzungsverhältnis zwischen Pt und Mn 6:4, 5:5 oder 4:6 ist, das Austauschkopplungs-Magnetfeld bei einem Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) in der Schicht von etwa 3 Atomprozent oder mehr langsam verringert wird. Insbesondere ist es nicht bevorzugt, daß der Gehalt X' (X' = Mo) etwa 10 Atomprozent oder mehr beträgt, weil das Austauschkopplungs-Magnetfeld sehr klein wird, selbst wenn das Zusammensetzungsverhältnis zwischen Pt und Mn 1:1 ist.

[0226] Was den passenden Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) angeht, ist es bevorzugt, daß das Austauschkopplungs-Magnetfeld stärker erhöht wird als in dem Fall, in dem kein Element X' (X' = Mo) enthalten ist oder wenn der Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) in Atomprozent Null beträgt.

[0227] Wenn das Zusammensetzungsverhältnis Pt:Mn 6:4 ist wird das Austauschkopplungs-Magnetfeld, wenn der Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) 1 Atomprozent oder weniger beträgt stärker erhöht als in dem Fall, wenn der Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) Null Atomprozent beträgt.

[0228] Wenn das Zusammensetzungsverhältnis Mn:Pt 1:1 ist wird das Austauschkopplungs-Magnetfeld, wenn der Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) 7 Atomprozent oder weniger beträgt stärker erhöht als in dem Fall, wenn der Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) Null Atomprozent beträgt.

[0229] Wenn das Zusammensetzungsverhältnis Pt:Mn 4:6 ist wird das Austauschkopplungs-Magnetfeld, wenn der Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) 10 Atomprozent oder weniger beträgt stärker erhöht als in dem Fall, wenn der Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) Null Atomprozent beträgt.

[0230] Was die Untergrenze des passenden Gehalts an dem Element X' (X' = Mo) betrifft, wird das Austauschkopplungs-Magnetfeld bei dem Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) von etwa 0,5 Atomprozent erhöht, wenn das Zusammensetzungsverhältnis Pt:Mn 6:4 beträgt. Dementsprechend wurde eine Untergrenze für den Gehalt an dem Element X' (X' = Mo) von kleiner als 0,5 Atomprozent, oder 0,2 Atomprozent, bestimmt.

[0231] Aus den experimentellen Ergebnissen wurde bei der vorliegenden Erfindung der bevorzugte Bereich für das Element X' zu 0,2 bis 10 Atomprozent bestimmt. Der bevorzugtere Bereich ist 0,5 bis 5 Atomprozent.

[0232] Der vorstehend beschriebene bevorzugte Zusammensetzungsbereich für das Element X' gilt nur, wenn das Verhältnis zwischen Pt (dem Element X) und Mn auf den Bereich von 4:6 bis 6:4 beschränkt ist.

[0233] Wie bisher genau beschrieben wurde, kann, wenn die antiferromagnetische Schicht in dem Austauschkopplungsfilm, der aus antiferromagnetischen Schichten und ferromagnetischen Schichten zusammengesetzt ist, aus einer X-Mn-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet ist, die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht durch passendes Einstellen des Zusammensetzungsverhältnisses der antiferromagnetischen Schicht nicht-kohärent sein, wodurch es möglich ist, ein größeres Austausch-Magnetfeld zu erhalten.

[0234] Andererseits wird es ermöglicht, daß die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht (beispielsweise NiFe-Legierung) nicht-kohärent ist, indem eine feste Lösung vom Einlagerungs-Typ oder eine feste Lösung vom Substitutions-Typ des Elements X' (worin das Element X' eine oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und Seltenerdelemente ist) ausgebildet wird.

[0235] Zur Erhaltung eines größeren anisotropen Austausch-Magnetfelds nimmt zumindest ein Teil der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht bei dem Schritt der Wärmebehandlung an der Grenzfläche ein

flächenzentriertes orthogonales Gitter vom $L1_0$-Typ (ein geordnetes Gitter) an, wobei das Verhältnis c/a zwischen den Gitterkonstanten a und c bevorzugt in dem Bereich von 0,93 bis 0,99 liegt.

[0236] Damit es der Grenzflächenstruktur möglich wird, nicht-kohärent zu werden, ist die Kristallausrichtung der antiferromagnetischen Schicht von der Kristallausrichtung der ferromagnetischen Schicht an der Grenzfläche zwischen ihnen verschieden.

[0237] Wie bisher beschrieben wurde, kann durch Verwenden der Austauschkopplungsschicht, deren Grenzflächenstruktur nicht-kohärent ist, für ein Magnetowiderstandselement die Widerstandsänderungsrate der Magnetowiderstandselementschicht erhöht werden und die Wiedergabeeigenschaften verbessert werden.

Patentansprüche

1. Austauschkopplungsschicht, bei der eine antiferromagnetische Schicht (**4**) in direktem Kontakt mit einer ferromagnetischen Schicht (**3**) ausgebildet ist, ein anisotropes Austauschmagnetfeld an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht (**4**) und der ferromagnetischen Schicht (**3**) erzeugt wird und die Magnetisierungsrichtung der antiferromagnetischen Schicht in einer vorgeschriebenen Richtung festgelegt ist, wobei die antiferromagnetische Schicht (**4**) aus einem antiferromagnetischen Material ausgebildet ist, das mindestens die Elemente X (wobei X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) und Mn enthält, mindestens ein Teil der Kristallstruktur der antiferromagnetischen Schicht (**4**) nach einer Wärmebehandlung an der Grenzfläche ein tetragonal-flächenzentriert geordnetes Gitter vom $L1_0$-Typ annimmt, die Kristallausrichtung der antiferromagne-tischen Schicht (**4**) verschieden ist von der Kristallausrichtung der ferromagnetischen Schicht an der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht, und wobei die Grenzflächenstruktur zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht nicht-kohärent ist.

2. Austauschkopplungsschicht nach Anspruch 1, bei der die antiferromagnetische Schicht aus einer X-Mn-Legierung (wobei X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet ist, wobei die antiferromagnetische Schicht über der ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist mit dem Zusammensetzungsanteil von X an der X-Mn-Legierung in dem Bereich von 47 bis 57 Atomprozent.

3. Austauschkopplungsschicht nach Anspruch 1, bei der die antiferromagnetische Schicht aus einer X-Mn-Legierung (wobei X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet ist, wobei die antiferromagnetische Schicht unter der ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist mit dem Zusammensetzungsanteil von X an der X-Mn-Legierung in dem Bereich von 47 bis 57 Atomprozent.

4. Austauschkopplungsschicht nach Anspruch 1, bei der die antiferromagnetische Schicht aus einer X-Mn-Legierung (wobei X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet ist, wobei die antiferromagnetische Schicht unter der ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist mit dem Zusammensetzungsanteil von X an der X-Mn-Legierung in dem Bereich von 44 bis 57 Atomprozent.

5. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die antiferromagnetische Schicht (**4**) aus der X-Mn-Legierung ausgebildet ist, wobei das Element X Pt ist.

6. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die antiferromagnetische Schicht (**4**) aus einer PtMn-Legierung ausgebildet ist und das Verhältnis (c/a) der Gitterkonstante a zu der Gitterkonstante c der antiferromagnetischen Schicht nach einer Wärmebehandlung in dem Bereich von 0,93 bis 0,99 liegt.

7. Austauschkopplungsschicht nach Anspruch 1, bei der die antiferromagnetische Schicht aus einer X-Mn-X'-Legierung (in der X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist und X' eine oder zwei oder mehrere Arten der Elemente Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb und der Seltenerdelemente ist) ausgebildet ist.

8. Austauschkopplungsschicht nach Anspruch 1 oder 7, bei der die antiferromagnetische Schicht (**4**) aus einer X-Mn-X'-Legierung (wobei X eines oder zwei oder mehrere der Elemente Pt, Pd, Ir, Rh, Ru und Os ist) ausgebildet ist, wobei die X-Mn-X'-Legierung eine feste Lösung vom Einlagerungs-Typ, bei der das Element X' in Zwischengitterplätze in dem aus den Elementen X und Mn bestehenden Raumgitter eindringt, oder eine feste Lösung vom Substitutions-Typ, bei der ein Teil der Gitterplätze des aus den Elementen X und Mn bestehenden Kristallgitters mit dem Element X' substituiert ist, ist.

9. Austauschkopplungsschicht nach Anspruch 7 oder 8, bei der der Zusammensetzungsanteil von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung in dem Bereich von 44 bis 57 Atomprozent liegt.

10. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei der die antiferromagnetische Schicht unter der ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist.

11. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei der die antiferromagnetische Schicht über der ferromagnetischen ausgebildet ist.

12. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 7 bis 11, bei der das Element X in der X-Mn-X'-Legierung Pt ist.

13. Austauschkopplungsschicht nach Anspruch 10, bei der die antiferromagnetische Schicht unter der ferromagnetischen ausgebildet ist und der Zusammensetzungsanteil von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung in dem Bereich von 44 bis 57 Atomprozent liegt.

14. Austauschkopplungsschicht nach Anspruch 7 oder 8, bei der die antiferromagnetische Schicht aus der X-Mn-X'-Legierung (wobei X Pt ist) ausgebildet ist und bei der die antiferromagnetische Schicht über der ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist und der Zusammensetzungsanteil von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung in dem Bereich von 47 bis 57 Atomprozent liegt.

15. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 7 oder 8, bei der die antiferromagnetische Schicht aus der X-Mn-X'-Legierung (in der X Pt ist) ausgebildet ist wobei die antiferromagnetische Schicht unter der ferromagnetischen Schicht ausgebildet ist und der Zusammensetzungsanteil von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung in dem Bereich von 44 bis 57 Atomprozent liegt.

16. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 7 bis 15, bei der der Zusammensetzungsanteil des Elements X' in dem Bereich von 0,2 bis 10 Atomprozent liegt.

17. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei der der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der antiferromagnetischen Schicht geringer ist als der Ausrichtungsgrad der ferromagnetischen Schicht oder bei der die Ebene nicht ausgerichtet ist im Gegensatz zu der {111} Ebene der ferromagnetischen Schicht, die bevorzugt in der Richtung parallel zu der Grenzfläche mit der antiferromagnetischen Schicht ausgerichtet ist.

18. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei der der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der ferromagnetischen Schicht geringer ist als der Ausrichtungsgrad der antiferromagnetischen Schicht, oder bei der die Ebene nicht ausgerichtet ist im Gegensatz zu der {111} Ebene der antiferromagnetischen Schicht, die bevorzugt in der Richtung parallel zu der Grenzfläche mit der ferromagnetischen Schicht ausgerichtet ist.

19. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei der sowohl der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der antiferromagnetischen Schicht in der Richtung parallel zu der Grenzfläche zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht, als auch der Ausrichtungsgrad der {111} Ebene der ferromagnetischen Schicht gering ist oder beide Ebenen nicht ausgerichtet sind, wobei die Kristallebenen mit Ausnahme der {111} Ebenen bevorzugt in der Richtung parallel zu der Grenzfläche ausgerichtet sind mit verschiedenen Kristallausrichtungen zwischen der antiferromagnetischen Schicht und der ferromagnetischen Schicht.

20. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 19, bei der das Zusammensetzungsverhältnis (X:Mn) der Elemente X und Mn in dem Bereich von 4:6 bis 6:4 liegt.

21. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei der der Zusammensetzungsanteil von X an der X-Mn-Legierung in dem Bereich von 50 bis 56 Atomprozent liegt.

22. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 7 bis 16, bei der der Zusammensetzungsanteil von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung in dem Bereich von 50 bis 56 Atomprozent liegt.

23. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei der der Zusammensetzungsanteil von X an der X-Mn-Legierung in dem Bereich von 46 bis 55 Atomprozent liegt.

24. Austauschkopplungsschicht nach einem der Ansprüche 7 bis 16, bei der der Zusammensetzungsanteil von X + X' an der X-Mn-X'-Legierung in dem Bereich von 46 bis 55 Atomprozent liegt.

25. Magnetowiderstandselement mit einer antiferromagnetischen Schicht (**4**), einer festgelegten Magnetschicht (**3**), die in direktem Kontakt mit der antiferromagnetischen Schicht ausgebildet ist und in der die Magnetisierungsrichtung durch ein anisotropes Austauschmagnetfeld mit der antiferromagnetischen Schicht festgelegt ist, einer freien Magnetschicht (**1**), die über oder unter der festgelegten Magnetschicht via einer nichtmagnetischen leitfähigen Schicht (**2**) ausgebildet ist, einer Vormagnetisierschicht (**5**) zum Ausrichten der Magnetisierungsrichtung der freien Magnetschicht (**1**) in der Richtung, die die Magnetisierungsrichtung der festgelegten Magnetschicht (**3**) kreuzt, und mit einer leitfähigen Schicht (**8**) zum Mitteilen eines Abtaststroms an die festgelegte Magnetschicht und die nichtmagnetische leitfähige Schicht, wobei die antiferromagnetische Schicht (**4**) und die festgelegte Magnetschicht (**3**), die in direktem Kontakt mit der antiferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, aus der Austauschkopplungsschicht gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 ausgebildet sind.

26. Magnetowiderstandselement nach Anspruch 25, bei dem die Vormagneti-sierschicht, die aus antiferromagnetischem Material besteht, an der oberen oder unteren Seite der freien Magnetschicht (**1**) mit einer Lücke von einer Spurbreite Tw ausgebildet ist, wobei die antiferromagnetische Schicht und die freie Magnetschicht aus der Austauschkopplungsschicht gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 ausgebildet sind.

27. Magnetowiderstandselement nach Anspruch 26, bei dem die antiferromagnetische Schicht (**4**, **9**) an die obere oder untere Seite der freien Magnetschicht (**1**) laminiert ist.

28. Magnetowiderstandselement mit nichtmagnetischen leitfähigen Schichten (**2**), die an die obere und untere Fläche der freien Magnetschicht (**1**) laminiert sind, festgelegten magnetischen Schichten (**3**), die auf der Oberseite einer der nichtmagnetischen leitfähigen Schichten (**2**) und unter der Unterseite der anderen der nichtmagnetischen leitfähigen Schichten (**2**) gelegen sind, antiferromagnetischen Schichten (**4**), die auf der Oberseite einer der festgelegten magnetischen Schichten (**3**) und unter der Unterseite der anderen der festgelegten magnetischen Schichten (**3**) gelegen sind, um die Magnetisierungsrichtungen der jeweiligen festgelegten magnetischen Schichten mittels eines anisotropen Austauschmagnetfelds in einer vorgeschriebenen Richtung festzulegen, und mit einer Vormagnetisierschicht (**5**) zum Ausrichten der Magnetisierungsrichtung der freien Magnetschicht in der Richtung, die die Magnetisierungsrichtung der festgelegten magnetischen Schicht kreuzt, wobei die antiferromagnetische Schicht (**4**) und die festgelegte Magnetschicht (**3**), die in direktem Kontakt mit dieser antiferromagnetischen Schicht ausgebildet ist, aus der Austauschkopplungsschicht gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 ausgebildet sind.

29. Magnetowiderstandselement mit einer Magnetowiderstandssicht (**12**) und einer via eine nichtmagnetische Schicht (**11**) laminierten weichmagnetischen Schicht (**10**), wobei die antiferromagnetische Schicht (**9**) an der Ober- oder Unterseite der Magnetowiderstandsschicht mit einer Lücke von einer Spurbreite Tw ausgebildet ist, wobei die antiferromagnetische Schicht und die Magnetowiderstandsschicht aus der Austauschkopplungsschicht gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 ausgebildet sind.

30. Magnetkopf, bei dem an der Oberseite und an der Unterseite des Magnetowiderstandselements gemäß einem der Ansprüche 25 bis 29 Schutzschichten (**20**, **24**) via Spaltschichten (**21**, **23**) ausgebildet sind.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

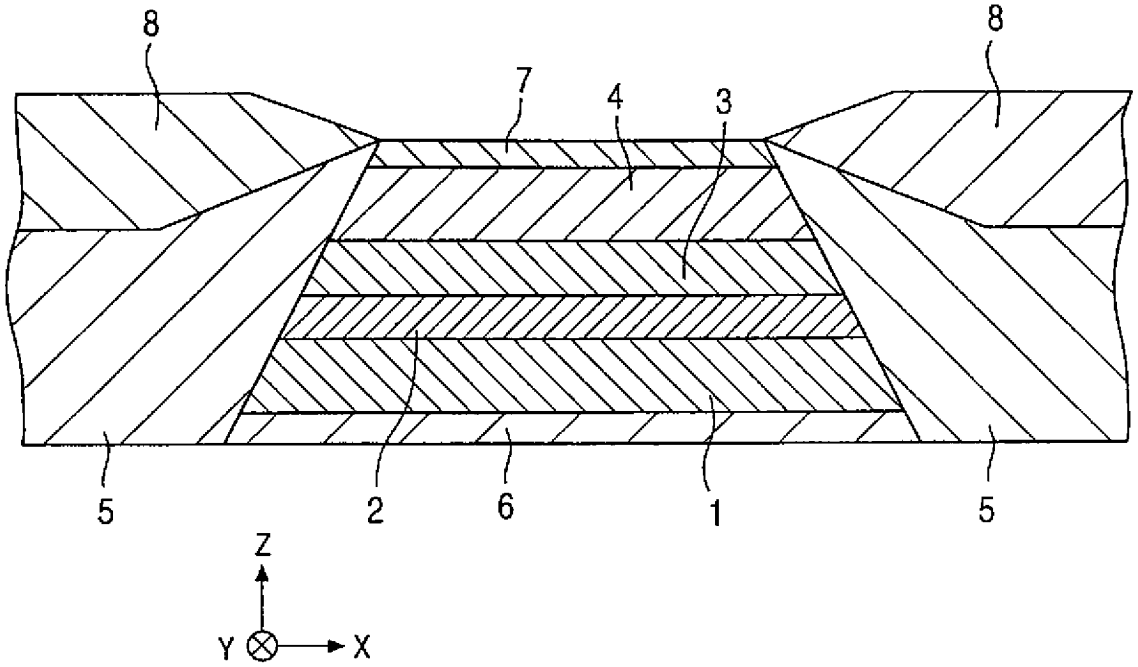


FIG. 2

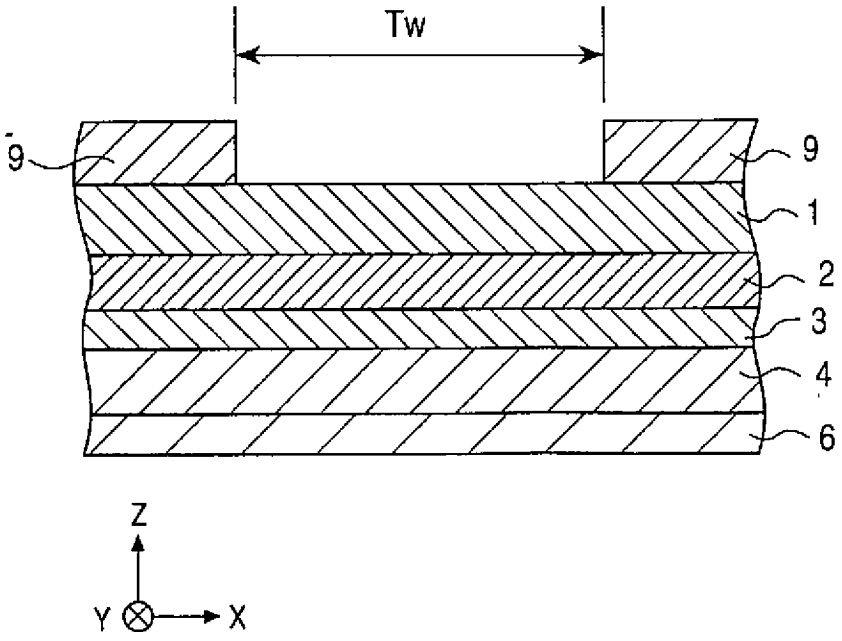


FIG. 3

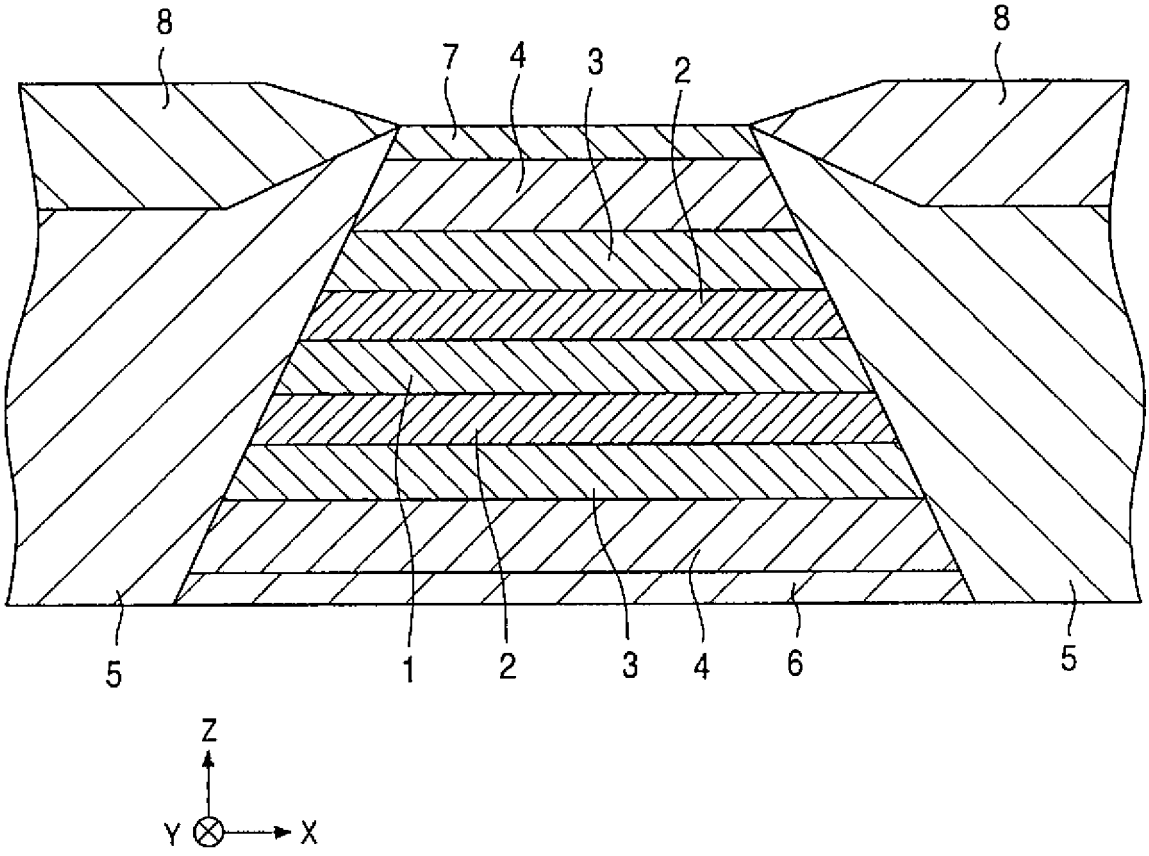


FIG. 4

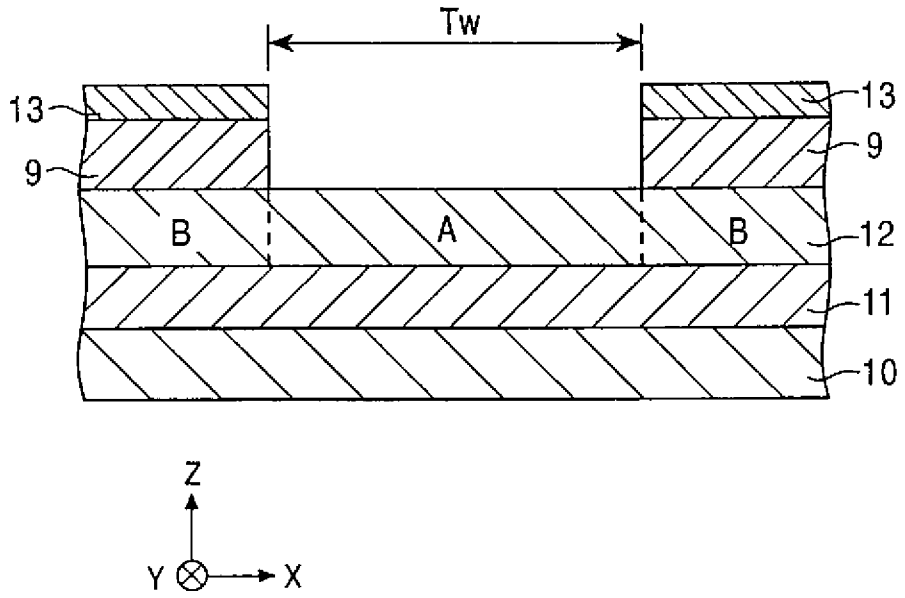


FIG. 5

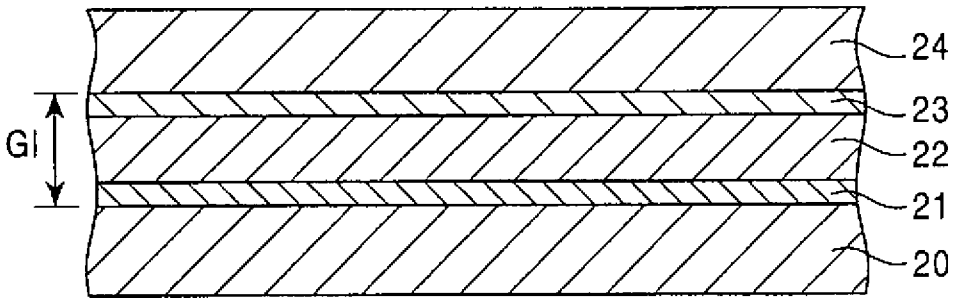


FIG. 6

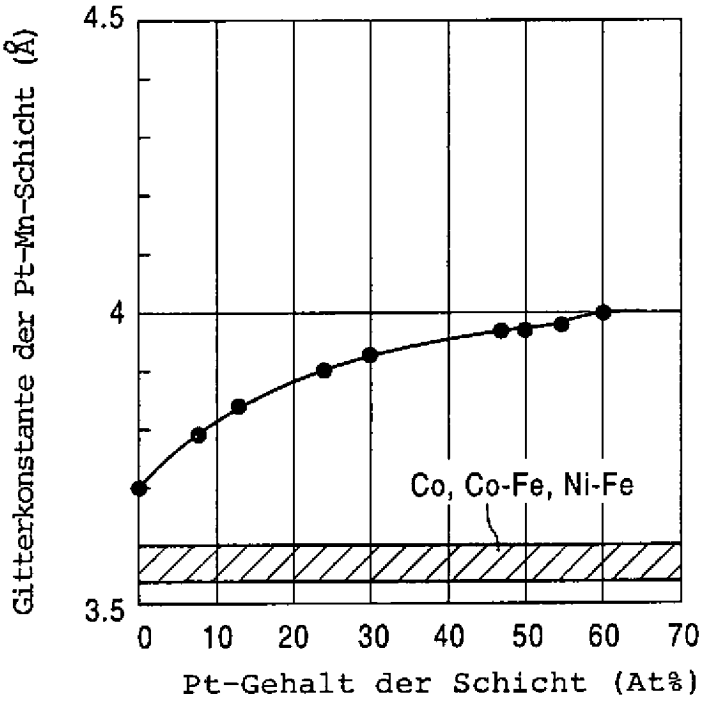

Gitterkonstante der Pt-Mn-Schicht (Å)
4.5
4
3.5
Co, Co-Fe, Ni-Fe
0
10
20
30
40
50
60
70
Pt-Gehalt der Schicht (At%)

FIG. 7

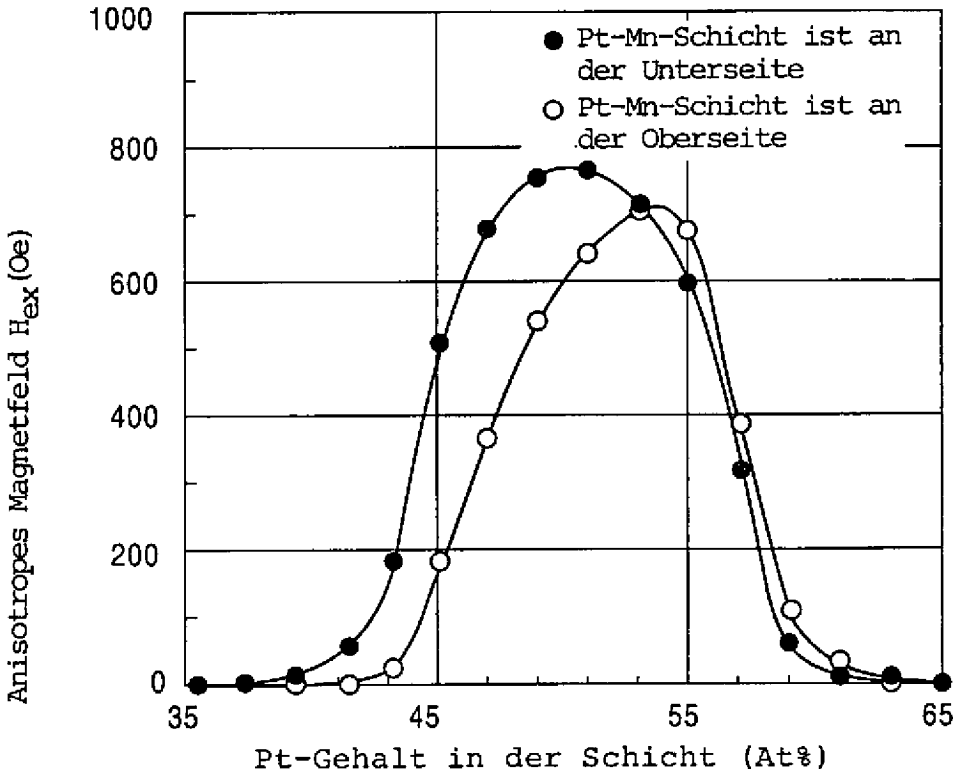

Anisotropes Magnetfeld H_{ex} (Oe)
1000
800
600
400
200
0
Pt-Mn-Schicht ist an der Unterseite
Pt-Mn-Schicht ist an der Oberseite
35
45
55
65
Pt-Gehalt in der Schicht (At%)

FIG. 8



FIG. 9

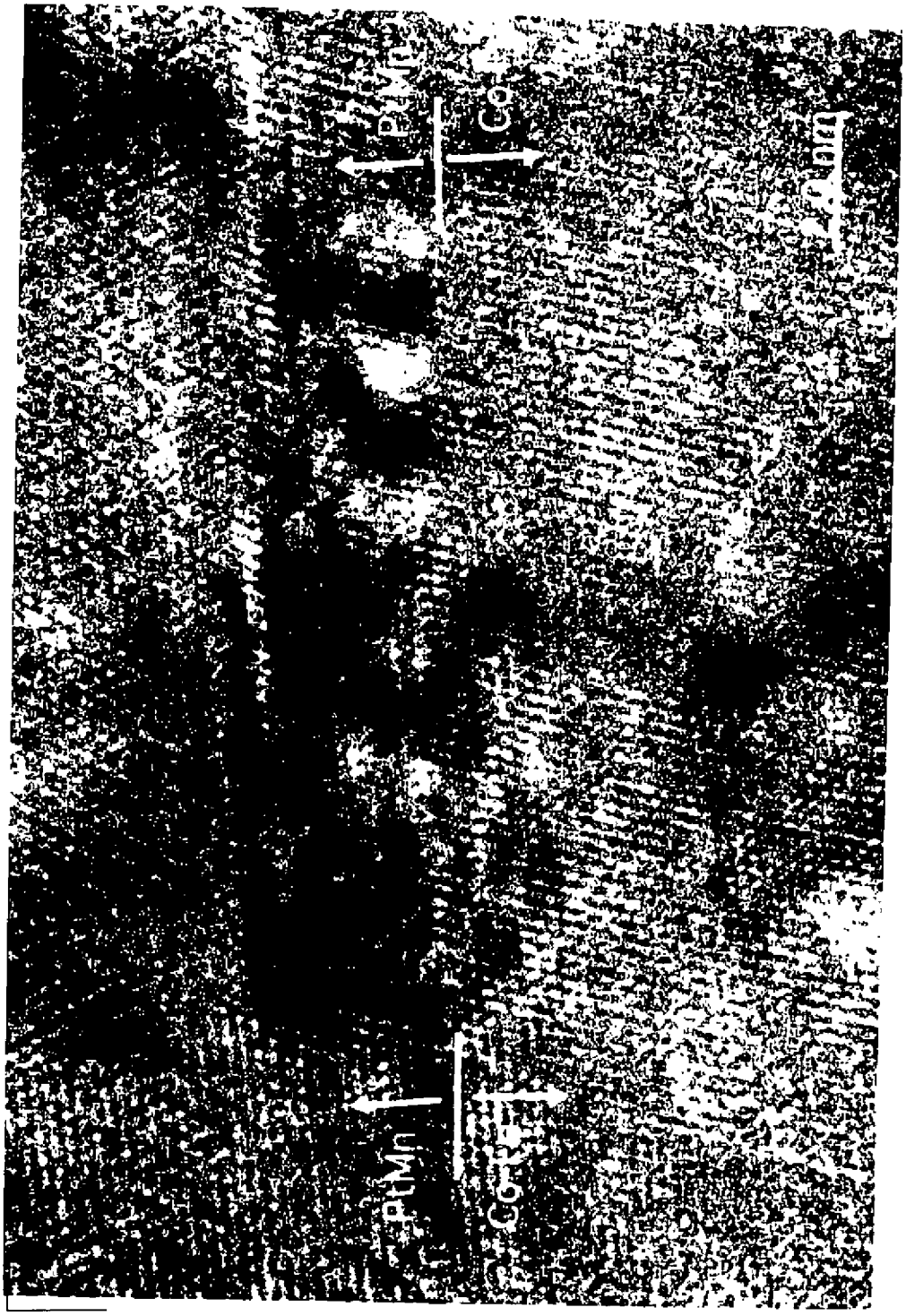


FIG. 10

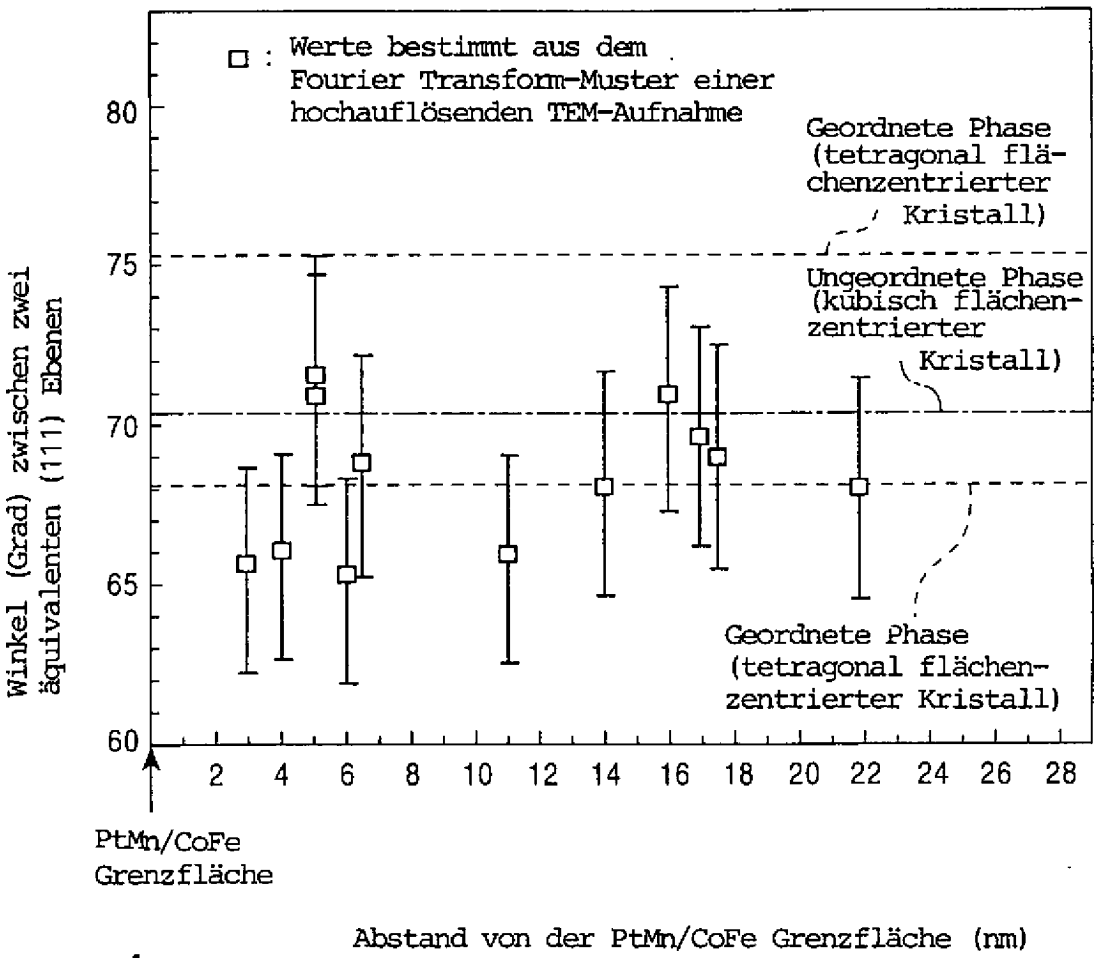

□ : Werte bestimmt aus dem Fourier Transform-Muster einer hochauflösenden TEM-Aufnahme
Geordnete Phase (tetragonal flächenzentrierter Kristall)
Ungeordnete Phase (kubisch flächenzentrierter Kristall)
Geordnete Phase (tetragonal flächenzentrierter Kristall)
Winkel (Grad) zwischen zwei äquivalenten (111) Ebenen
80
75
70
65
60
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
PtMn/CoFe Grenzfläche
Abstand von der PtMn/CoFe Grenzfläche (nm)

FIG. 11

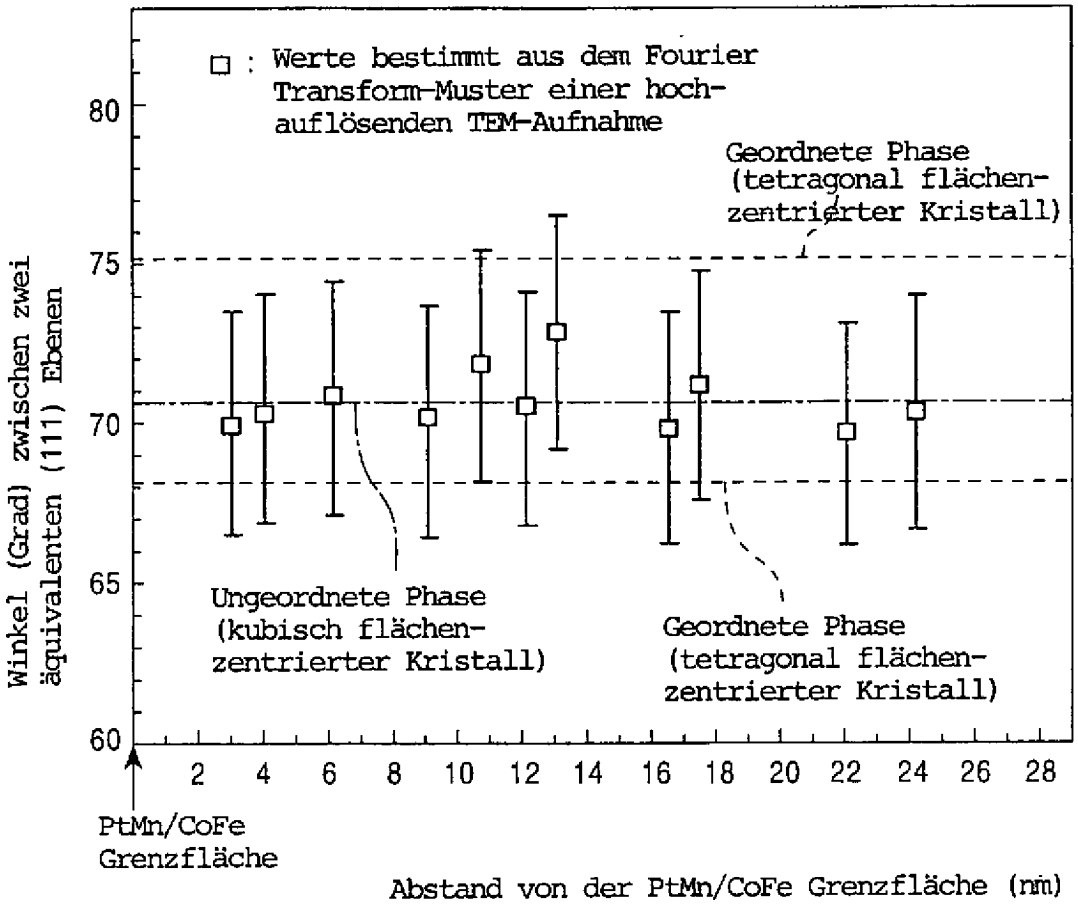

□ : Werte bestimmt aus dem Fourier Transform-Muster einer hochauflösenden TEM-Aufnahme
Geordnete Phase (tetragonal flächenzentrierter Kristall)
Ungeordnete Phase (kubisch flächenzentrierter Kristall)
Geordnete Phase (tetragonal flächenzentrierter Kristall)
Winkel (Grad) zwischen zwei äquivalenten (111) Ebenen
80
75
70
65
60
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
PtMn/CoFe Grenzfläche
Abstand von der PtMn/CoFe Grenzfläche (nm)

FIG. 12

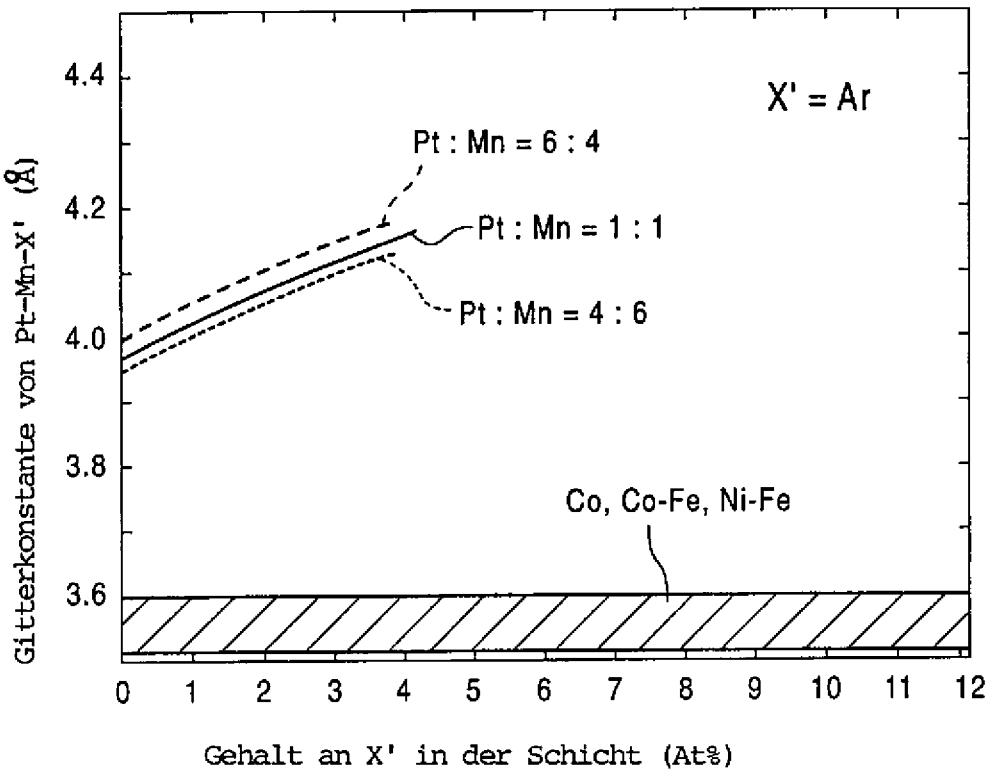

X' = Ar
Pt : Mn = 6 : 4
Pt : Mn = 1 : 1
Pt : Mn = 4 : 6
Co, Co-Fe, Ni-Fe
Gitterkonstante von Pt-Mn-X' (Å)
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Gehalt an X' in der Schicht (At%)

FIG. 13

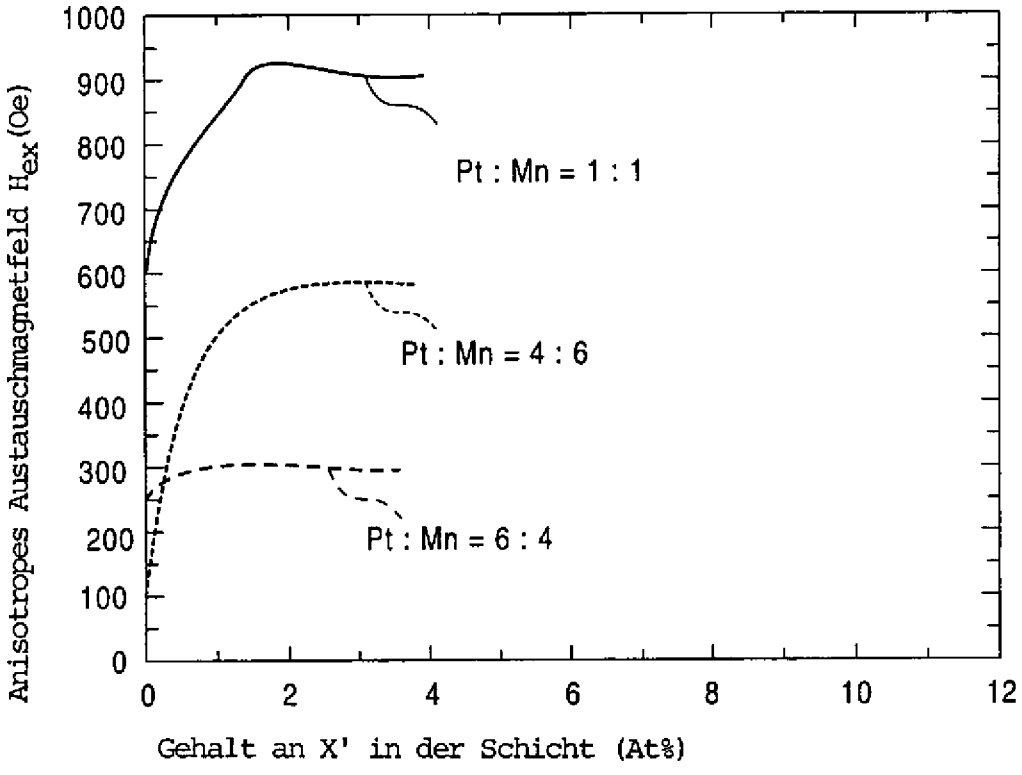

Pt : Mn = 1 : 1
Pt : Mn = 4 : 6
Pt : Mn = 6 : 4
Anisotropes Austauschmagnetfeld H_{ex} (Oe)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 2 4 6 8 10 12
Gehalt an X' in der Schicht (At%)

FIG. 14

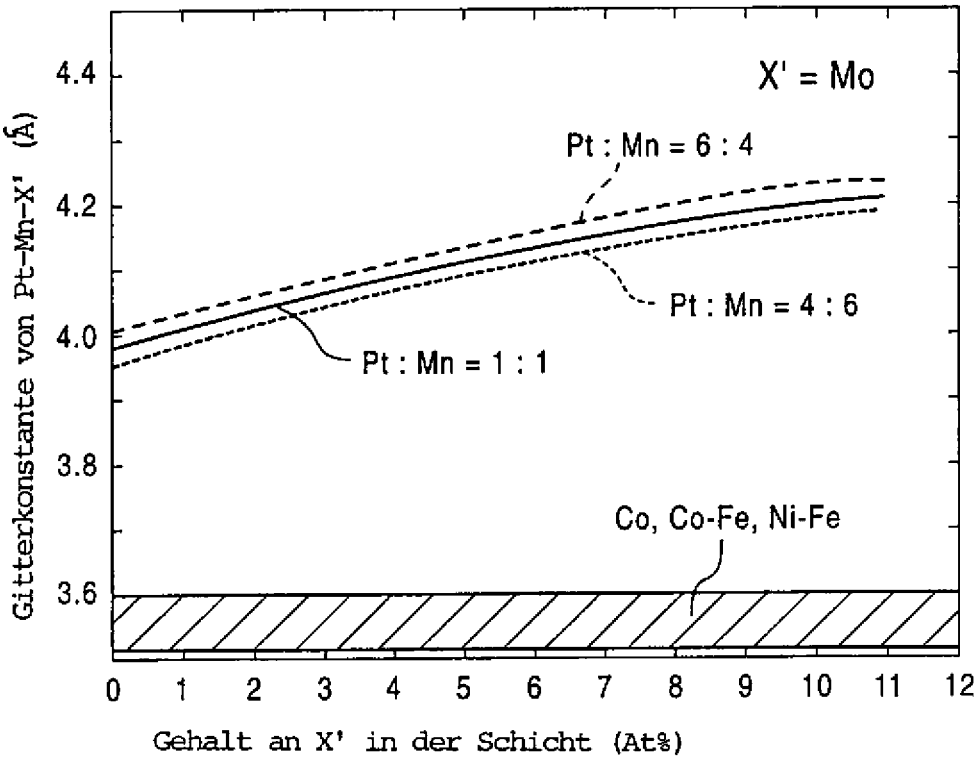
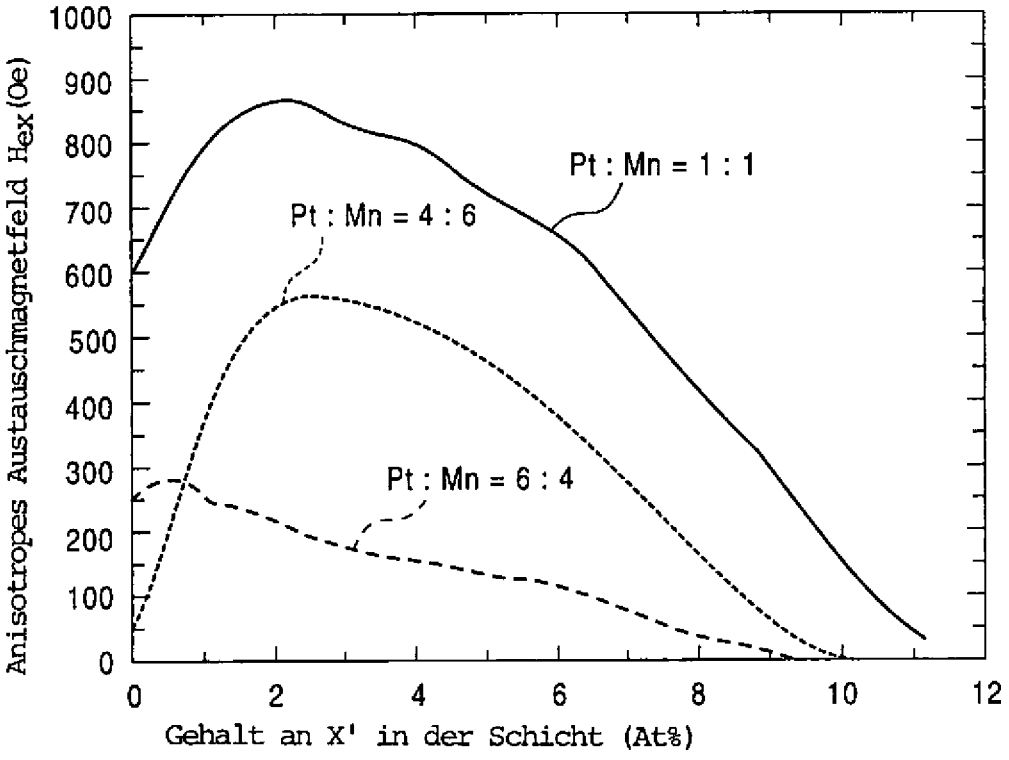

X' = Mo
Pt : Mn = 6 : 4
Pt : Mn = 4 : 6
Pt : Mn = 1 : 1
Co, Co-Fe, Ni-Fe
Gitterkonstante von Pt-Mn-X' (Å)
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Gehalt an X' in der Schicht (At%)

FIG. 15


Pt : Mn = 1 : 1
Pt : Mn = 4 : 6
Pt : Mn = 6 : 4
Anisotropes Austauschmagnetfeld Hex (Oe)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 2 4 6 8 10 12
Gehalt an X' in der Schicht (At%)