(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 692 33 233 T2** 2004.08.26

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 549 246 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **692 33 233.2**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **92 311 475.5**
(96) Europäischer Anmeldetag: **16.12.1992**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.06.1993**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **15.10.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **26.08.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G11B 11/10**
G11B 5/84

(30) Unionspriorität:

9127439	**27.12.1991**	**GB**
9208118	**13.04.1992**	**GB**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
Honeywell International Inc., Morristown, N.J., US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
Miller, Joseph, Reading, Berks. RG4 0RH, GB; Pearson, Derek Paul Ashley, Reading, Berks. RG3 3LU, GB; Pitcher, Philip George, Alton, Hants GU34 1HG, GB

(54) Bezeichnung: **Anordnung mehrschichtiger Filmmaterialien**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein neuartiges Platin-/Kobalt-Mehrfachschichtfilm-Materialsystem und einen verbesserten Prozeß zur Herstellung von Mehrfachschichtfilmen aus Metall.

[0002] Dünnfilme mit senkrechter magnetischer Anisotropie sind potentielle Kandidaten für die magnetische und magnetooptische (MO) Aufzeichnung mit hoher Dichte. Filme aus amorphen Seltenerdübergangsmetallegierungen sind die dominanten MO-Aufzeichnungsmedien geworden. Mit diesen Filmen ist jedoch eine Reihe von erheblichen Nachteilen verbunden, zum Beispiel leiden sie unter schlechter Korrosionsbeständigkeit und leichter Oxidation, was die Verwendung passivierender Unterschichten und Überzüge erforderlich macht, und einer geringen Kerr-Rotation bei kurzen Wellenlängen, was ihren Einsatz für die Aufzeichnung mit hoher Dichte bei Lasern mit einer kürzeren Wellenlänge oder „blauen" Lasern verhindert. Pt/Co- und Pd/Co-Mehrfachschichten sind als MO-Medienkandidaten vorgeschlagen worden. Pt/Co-Mehrfachschichten werden bevorzugt, da sie einen größeren polaren Kerr-Effekt als Pd/Ca-Mehrfachschichten aufweisen, insbesondere bei kürzeren Wellenlängen.

[0003] Damit ein Material sich potentiell für das magnetooptische Aufzeichnen eignet, muß es zusätzlich zur senkrechten magnetischen Anisotropie eine quadratische polare Kerr-Hystereseschleife, eine ausreichende polare Kerr-Rotation (θ_k) und eine ausreichend große Koerzitivfeldstärke bei Raumtemperatur (H_c) aufweisen. Eine nicht verbesserte polare Kerr-Rotation von etwa 0,1° würde man als für MO-Zwecke ausreichend erachten, obwohl höhere Werte von etwa 0,2–0,3° bevorzugt würden. Es gibt bekannte Wege zum Verbessern der polaren Kerr-Rotation. Die Koerzitivfeldstärke spielt eine Schlüsselrolle bei der thermomagnetischen Aufzeichnung und sollte bei Raumtemperatur größer sein als das während des Schreibens angelegte Feld. Ansonsten können Schreib-Magnetfelder benachbarte, zuvor geschriebene Informationen in einer Mehrfachschicht ändern. Koerzitivfeldstärken von etwa 1000 Oe (80 kA/m) sind allgemein ausreichend hoch. Eine hohe Koerzitivfeldstärke reicht jedoch für sich nicht aus, damit ein Mehrfachschichtfilm für das magnetooptische Aufzeichnen geeignet wird. Es wird auch eine quadratische polare Kerr-Hystereseschleife benötigt. Eine derartige Schleife wird von W. B. Zeper et al. in „Hysteresis, microstructure, and magneto-optical recording in Co/Pt und Co/Pd multilayers", J. Appl. Phys., 70 (4), 15. August 1991 beschrieben, wo die „Rechteckigkeit" der Schleife als das Rechtecksverhältnis $r = H_n/H_c$ definiert wird, wobei r das Rechtecksverhältnis, H_n das Keimbildungsfeld und H_c das Koerzitivfeld ist. H_n und H_c sind in **Fig.** 1 gezeigt. Für ein magnetooptisches Aufzeichnungsmedium ist r = 1 das Optimum, wobei Hc ebenfalls groß ist. Unseres Wissens existiert jedoch keine allgemein akzeptierte Definition darüber, welcher Wert von r eine Rechteckschleife angibt und was nicht mehr als rechteckig bezeichnet werden würde. Es wird deshalb vorgeschlagen, daß ein Wert von r unter etwa 0,8 keine Rechteckschleife definiert.

[0004] Die besten MO-Aufzeichnungsleistungen erhält man in Pt/Co-Mehrfachschichten, die durch Verdampfungs- oder Molekularstrahltechniken abgeschieden werden. Obwohl Sputtertechniken diesen Techniken vorgezogen werden, da sie sich bei der großtechnischen Herstellung leicht verwenden lassen, weisen gesputterte Filme allgemein eine unzureichende Koerzitivfeldstärke bei Raumtemperatur auf, um für das magnetooptische Aufzeichnen verwendet zu werden. So wird beispielsweise von Ochiai et al., Jap. J. Appl. Phys. 28, L659 (1989) und Ochiai et al., Digest of the International Mag Conf 1989 Wash. DC, USA, ein H_c von nur 100–350 Oe (8–28 kA/m) für gesputterte Pt/Co-Mehrfachschichten berichtet, die sie unter Verwendung von Argon als Sputtergas herstellten.

[0005] Diese H_c-Werte sind kleiner als der Wert oder in der gleichen Größenordnung wie der Wert, der für ein Schreib-Magnetfeld verwendet wird, das in der Regel etwa 40 kA/m beträgt. Dadurch können Schreib-Magnetfelder benachbarte, zuvor geschriebene Informationen in bekannten Pt/Co-Mehrfachschichten beim Schreiben neuer Informationen ändern.

[0006] Aus WO 91/08578 ist ein Sputterprozeß zum Herstellen eines Platin-/Kobalt-Mehrfachschichtfilms bekannt, der aus abwechselnden Schichten aus Platin und Kobalt besteht, wobei als Sputtergas Krypton, Xenon oder ein Gemisch davon verwendet wird. Mehrfachschichtfilme mit einer Koerzitivfeldstärke von 620–1495 Oe bei Raumtemperatur werden offenbart und mit Koerzitivfeldstärken von 265–360 Oe bei Raumtemperatur für Mehrfachschichtfilme mit der gleichen Dicke und Anzahl von in Argon gesputterten Kobalt- und Platinschichten verglichen. Es wird gefolgert, daß sich die in Argon gesputterten Mehrfachschichtfilme nicht für das magnetooptische Aufzeichnen eignen würden.

[0007] Deshalb können sich Pt/Co-Mehrfachschichtfilme bei MO-Anwendungen unter der Voraussetzung eignen, daß eine ausreichende Koerzitivfeldstärke bei Raumtemperatur erzielt wird und gleichzeitig auch die oben beschriebenen anderen Eigenschaften aufrechterhalten werden. Es sind verschiedene Versuche unternommen worden, H_c zu verbessern, wie etwa der Einsatz von Unterschichten.

[0008] Beispielsweise sind aus Y. Ochiai et al., EP 0304873 Untersuchungen von gesputterten Pt/Co-Mehrfachschichten unter Verwendung von Unterschichten zum Vergrößern von H_c bekannt. Es wurden jedoch allgemein bei H_c nur geringfügige Verbesserungen erzielt, und das singuläre beste Ergebnis von 700 Oe (56 kA/m) erfordert eine 1000 Å (100 nm) dicke Pt-Unterschicht. Bei den meisten magnetooptischen Aufzeich-

nungsanwendungen ist dies unpraktisch, da es das Lesen und Schreiben von Informationen von der Substratseite her verbietet und weil die relativ große Wärmekapazität und das relativ große Wärmediffusionsvermögen einer derartig dicken Pt-Schicht das Schreiben mit der bei aktuellen Halbleiterlasern verfügbaren begrenzten Leistung wahrscheinlich hemmt.

[0009] Unterschichten aus Zinkoxid oder Indiumoxid mit einer Dicke von etwa 200 bis etwa 4500 Å sind in WO 91/14263 eingeschlossen. Man erhält Koerzitivfeldstärken bei Raumtemperatur von 1090–2900 Oe. Ein komplizierter Prozeß, bei dem die Oxidschicht unter Anwesenheit von Sauerstoff gesputtert werden muß, während die Mehrfachschicht in einer getrennten Vakuumkammer gesputtert wird. Bei dem Transport von einer Kammer zur anderen wird der Zinkoxidfilm der Atmosphäre ausgesetzt, und ein zusätzlicher Prozeßschritt ist erforderlich, um eine etwaige während der Aussetzung eintretende Verunreinigung zu entfernen.

[0010] Mattox (Thin Solid Films, 124 (1985) 3–10) erörtert, wie die Oberflächenherstellung ein integraler Teil aller Dünnfilmabscheidungsprozesse ist und umreißt die zu betrachtenden Probleme und einige allgemeine Ansätze zur Oberflächenherstellungstechnologie.

[0011] Aus US 4,361,472 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung bekannt, um ein Element mit einer Magnetron-Plasma-Quelle zu sputtern, wobei zwischen zwei ein elektrostatisches Feld definierenden Oberflächen der Quelle ein Plasma ausgebildet wird und eine neben dem Plasma angeordnete Generatoranode das Plasma zu dem zu sputternden Element auswirft.

[0012] Bei anderen Arbeiten wurden Aufwachsflächen oder Substrate erhitzt, um die Eigenschaften des abgeschiedenen Films zu verbessern.

[0013] Es wird nun ein gesputtertes Pt/Co-Mehrfachschichtfilm-Materialsystem mit einer ausgezeichneten Koerzitivfeldstärke bei Raumtemperatur, einer quadratischen polaren Kerr-Hystereseschleife und einer ausreichenden polaren Kerr-Rotation offenbart, das als ein magnetooptisches Aufzeichnungsmedium verwendet werden kann.

[0014] Dementsprechend wird ein gesputtertes Pt/Co-Mehrschichtfilmmaterialsystem mit einer polaren Kerr-Rotation von über 0,1, einer rechteckigen polaren Kerr-Hystereschleife und einer Koerzitivfeldstärke bei Raumtemperatur von über 2000 Oe offenbart, das ein Susbtratmaterial, eine Metallzwischenschicht aus Platin mit einer Abscheidungsdicke von bis zu 200 Å und eine Pt/Co-Mehrfachschicht umfaßt.

[0015] Die Koerzitivfeldstärke des Pt/Co-Mehrfachschichtfilm-Materialsystems bei Raumtemperatur umfassend ein Substratmaterial; eine Metallzwischenschicht aus Platin mit einer Abscheidungsdicke von bis zu 200 Å; und eine Pt/Co-Mehrfachschicht kann wesentlich über 2000 Oe liegen, wie etwa über 3000 Oe oder über 4000 Oe oder über 5000 Oe.

[0016] Ebenfalls offenbart wird ein gesputtertes Pt/Co-Mehrfachschichtfilm-Materialsystem mit einer polaren Kerr-Rotation von über 0,1, einer rechteckigen polaren Kerr-Hystereseschleife und einer Koerzitivfeldstärke bei Raumtemperatur über 1000 Oe umfassend ein Substratmaterial; eine nicht aus Platin bestehende Metallzwischenschicht mit einer Abscheidungsdicke von bis zu 100 Å; und eine Pt/Co-Mehrfachschicht.

[0017] Die nicht aus Platin bestehende Metallzwischenschicht kann ein Metall ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Pd, Co, Au, Ag, Rh, In und Cu umfassen. Die nicht aus Platin bestehende Metallzwischenschicht umfaßt bevorzugt ein Metall ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Pt, Pd, Co, Au und Ag.

[0018] Zum leichten Lesen und Schreiben von Informationen von der Substratseite aus werden dünnere Zwischenschichten besonders bevorzugt. Deshalb weist die aus Platin oder nicht aus Platin bestehende Metallzwischenschicht bevorzugt eine Abscheidungsdicke von bis zu 50 Å, wie etwa 5–20 Å, auf.

[0019] Bei dem Substratmaterial kann es sich um ein beliebiges geeignetes Material wie etwa ein geeignetes Metall oder dielektrisches Material oder ein Polymer wie etwa Polycarbonat oder Glas handeln. In einer kommerziellen MO-Scheibe ist es üblich, zwischen das Substrat und das MO-Material eine „optical enhancement layer" [optische Verbesserungsschicht] wie zum Beispiel Siliziumnitrid aufzunehmen. Für die Zwecke dieser Anwendung sollen deshalb Bezugnahmen auf ein Substrat Substrate beinhalten, auf denen optische Verbesserung eine oder mehrere Schichten optischer Verbesserungsmaterialien abgeschieden werden. Bei dem Substratmaterial kann es sich deshalb beispielsweise um Glas oder Glas, auf dem ein Material ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Silizium, Siliziumnitrid und Siliziumdioxid abgeschieden ist, handeln.

[0020] Bei der Mehrfachschicht weist jede Kobaltschicht bevorzugt eine Dicke von bis zu 12 Å auf, und jede Platinschicht weist bevorzugt eine Dicke von bis zu 24 Å auf. Ganz besonders bevorzugt beträgt die Dicke jeder Kobaltschicht 2–5 Å und jeder Platinschicht 6–15 Å. Der Mehrfachschichtfilm besteht bevorzugt aus insgesamt bis zu 20 Schichten oder 10 „Perioden" von Pt/Co, beispielsweise 5–10 Perioden.

[0021] Die hier offenbarten Mehrfachschichtfilme profitieren von einer verbesserten Koerzitivfeldstärke und erreichen gleichzeitig rechteckige polare Kerr-Hystereseschleifen, und zwar ohne den Nachteil, den Metallzwischenschicht-MO-Filme des Stands der Technik dadurch zeigen, daß das Lesen und Schreiben von Informationen von der Substratseite her verhindert wird. Mit ultradünnen Pt-Unterschichten mit einer abgeschiedenen Dicke von 16 Å sind Koerzitivfeldstärken über 5 kOe erzielt worden. Die Mehrfachschichtfilme der vorliegenden Erfindung erfreuen sich dadurch, daß sie die Fähigkeit besitzen, von der Substratseite aus zu lesen und zu schreiben, eines bedeutenden Vorteils im Vergleich zu Metallzwischenschicht-MO-Filmen des Stands der

Technik.

[0022] Das hier offenbarte Mehrfachschichtfilm-Materialsystem kann bei jeder beliebigen typischen Konfiguration von magnetooptischen Scheiben verwendet werden. Deshalb wird auch eine magnetooptische Scheibe offenbart, die das Mehrfachschichtfilm-Materialsystem der vorliegenden Erfindung umfaßt. Eine derartige Scheibe würde in der Regel eine optische Verbesserungsschicht auf dem Substrat enthalten. Wahlweise kann auf der Mehrfachschicht eine weitere optische Verbesserungsschicht und/oder eine reflektierende Schicht aus z. B. Al vorgesehen sein.

[0023] Der Prozeß, mit dem die hier offenbarten Mehrfachschichtfilme hergestellt werden, eignet sich nicht nur zur Herstellung von Pt/Co-Mehrfachschichten, sondern für jede beliebige Mehrfachschicht aus Metall.

[0024] Die vorliegende Erfindung stellt somit einen verbesserten Prozeß zur Herstellung von Mehrfachschichtfilmen aus Metall bereit, die eine Metallzwischenschicht aufweisen und sich für das magnetooptische Aufzeichnen eignen.

[0025] Dementsprechend stellt die vorliegende Erfindung einen Prozeß zur Herstellung von Mehrfachschichtfilmen aus Metall mit einer senkrechten magnetischen Anisotropie bereit, der folgendes umfaßt:

i) Sputterabscheiden einer Metallzwischenschicht mit einer Abscheidungsdicke von bis zu 200 Å auf ein Substratmaterial und

ii) Sputterabscheiden einer Metallmehrfachschicht auf der Zwischenschicht,

dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat und/oder die Metallzwischenschicht einer Hochtemperaturbearbeitung unterzogen wird bzw. werden, und zwar durch die Anlegung einer HF-Anregung oder Gleichstromvorspannung an die Substrattafel in einer Niederdruckatmosphäre oder durch Anordnen des Substrats oder der Zwischenschicht in der Nähe einer Plasmaquelle in einer Niederdruckatmosphäre oder durch Teilchenbeschuß von Teilchenkanonen wie etwa Ionen- oder Atomkanonen, wobei die Hochtemperaturbearbeitung die Oberflächeneigenschaften des Substrats und/oder der Zwischenschicht vor dem Abscheiden der Zwischenschicht oder der Mehrfachschicht beeinflußt und wobei die Hochtemperaturbearbeitung der Zwischenschicht, falls die vorliegt, gleichzeitig mit oder nach dem Abscheiden der Zwischenschicht durchgeführt wird.

[0026] Bevorzugt werden sowohl das Substratmaterial als auch die Metallzwischenschicht der Hochtemperaturbearbeitung unterzogen.

[0027] Die Hochtemperaturbearbeitung der Metallzwischenschicht kann gleichzeitig mit oder nach dem Sputterabscheiden der Zwischenschicht durchgeführt werden. Diese Hochtemperaturbearbeitung hat den Effekt, daß sie die Dicke der Metallzwischenschicht nach Abscheiden reduziert.

[0028] Die Sputterabscheidung kann über ein beliebiges geeignetes Mittel durchgeführt werden. Viele derartige Mittel sind in der Technik gut bekannt, wie etwa Gleichstrom- oder HF-Mikrowellen-Magnetron-, Dioden- oder Triodensputtern oder Sputtern von Zielen durch Beschießen mit energetischen Teilchen von Ionen- oder Atomkanonen.

[0029] Während des Mehrfachschichtsputterns kann die Entfernung zwischen dem Substrat und den Sputterquellen der Komponenten der Mehrfachschicht verschieden sein und sind variabel, und zwar entsprechend der Anfangsenergie von Teilchen, die das Sputterziel verlassen, und der Art, dem Druck, der Zusammensetzung und Temperatur des Sputtergases während des Sputterns, gemäß der Druck-Entfernungs-Beziehung, damit man während des Aufwachsens des Films eine wünschenswert niedrige Auftreffenergie von kondensierenden Metallteilchen auf dem Substrat erhält.

[0030] Das Sputterabscheiden der Zwischenschicht kann in jedem Edelgas oder jedem Gemisch von Edelgasen ausgeführt werden. Die bevorzugten Sputtergase sind Ar, Kr und Xe. Die Sputterrate kann bis zu mehreren hundert Å/s Metall betragen, beträgt aber bevorzugt bis zu 100 Å/s, z. B. bis zu 10 Å/s.

[0031] Die Hochtemperaturbearbeitung wird verwendet, um die Oberflächeneigenschaften des Substrats und/oder der Metallzwischenschicht vor dem Abscheiden der Zwischenschicht oder Mehrfachschicht zu beeinflussen. In den Anfangsstadien des Filmaufwachsens übt die Art der Substratoberfläche auf die sich entwickelnde Filmstruktur einen kritischen Einfluß aus. Der dünne Charakter einer Pt/Co-Dünnfilm-Mehrfachschicht gestattet einen bestimmten Grad an Kontrolle über das Filmwachstum über die Oberflächenkonstruktion der Wachstumsoberflächen, um Aspekte der Filmmikrostruktur zu entwickeln, die für MO-Eigenschaften von Vorteil sind. Beim Prozeß der vorliegenden Erfindung existiert keine Notwendigkeit, zum vorteilhaften Verbessern der MO-Eigenschaften Wärme einwirken zu lassen. Die geeignet konstruierte Wachstumsoberfläche wird durch die Verwendung von niederenergetischen Teilchen bei der Filmabscheidung nicht gelöscht, weshalb man einen Aufwachsmodus sich bilden läßt, der in dem MO-Film wünschenswerte MO-Charakteristiken bereitstellt.

[0032] Die Hochtemperaturbearbeitung kann zweckmäßigerweise beispielsweise durch die Anlegung einer HF-Anregung oder Gleichstromvorspannung an die Substrattafel, in einer Niederdruckatmosphäre, oder durch Anordnen des Substrats oder der Zwischenschicht in der Nähe einer Plasmaquelle, in einer Niederdruckatmosphäre, oder durch Teilchenbeschuß von Teilchenkanonen wie etwa Ionen- oder Atomkanonen erfolgen.

[0033] Wenn bei der am Substrat vorgenommenen Hochtemperaturbearbeitung eine HF-Anregung verwendet wird, wobei Zwischenschichten mit abgeschiedenen Dicken von bis zu etwa 50 Å aufgetragen werden sollen, kann die einen hochenergetischen Teilchenbeschuß induzierende angelegte Energiedichte zweckmäßigerweise bis zu 300 Jcm^{-2} betragen, wobei die Leistungsdichten zweckmäßigerweise bis zu 0,35 Wcm^{-2} betragen. Je nach der Art des Substrats können jedoch größere Werte für die Energiedichte und die Leistungsdichte verwendet werden.

[0034] Bei einem spezifischen Beispiel, bei dem bei der Hochtemperaturbehandlung der Zwischenschicht HF-Anregung verwendet wird, und zwar für Pt-Zwischenschicht-Dicken von etwa 16 Å und 25 Å auf einem Mikroskopträger aus Glas, erhält man für Energiedichten über 100 Jcm^{-2} und Leistungsdichten über 0,3 Wcm^{-2} keinen wesentlichen Vorteil. Optimale Werte der Koerzitivfeldstärke erhält man bei der Zwischenschichthochtemperaturbearbeitung mit Werten von etwa 20 Jcm^{-2} und 0, 067 Wcm^{-2} für 16 Å dicke Pt-Zwischenschichten. Bei den 25 Å dicken Pt-Zwischenschichten beobachtet man eine optimale Koerzitivfeldstärke bei der Zwischenschichthochtemperaturbearbeitung bei etwa 40 Jcm^{-2} und 0, 133 Wcm^{-2}. Die Substrathochtemperaturbearbeitung betrug durchweg 140 Jcm^{-2} bei 0,33 Wcm^{-2}. Bei verschiedenen Metallzwischenschichten und verschiedenen Zwischenschichtdicken nach Abscheidung ergeben verschiedene Werte der Energiedichte und Leistungsdichte eine optimale Koerzitivfeldstärke für ein gegebenes Substrat und einen gegebenen Substrathochtemperaturbearbeitungsablauf.

[0035] Das Sputtern der Metallmehrfachschichten kann in einem beliebigen der Edelgase oder einem Gemisch aus Edelgasen erfolgen. Die bevorzugten Sputtergase sind Ar, Kr und Xe. Die Sputterrate kann in der Regel bis zu 20 Å/s Metall betragen.

[0036] Die Fähigkeit zum Abscheiden der Mehrfachschicht in einer Argonatmosphäre ist im Vergleich zu Empfehlungen des Stands der Technik zur Verwendung von Xenon oder Krypton ein wesentlicher wirtschaftlicher Vorteil.

[0037] Die Metallmehrfachschicht oder die Metallzwischenschicht kann nach der Abscheidung thermisch behandelt werden. Bevorzugt wird die Metallmehrfachschicht nach der Abscheidung thermisch behandelt. Die thermische Behandlung wird vorteilhafterweise in Anwesenheit von Sauerstoff durchgeführt, beispielsweise in Luft oder in einer Mischung aus Gasen einschließlich Luft und/oder Sauerstoffgas. Der Effekt der thermischen Behandlung kann sich entsprechend dem Sauerstoffdruck verändern. Es kann durchaus erwartet werden, daß die Verwendung von Drücken über dem atmosphärischen Druck vorteilhaft sein kann. Alternativ wird vermutet, daß die thermische Behandlung in einer Atmosphäre durchgeführt werden kann, in der Sauerstoff als eine kombinierte Spezies vorliegt.

[0038] Die thermische Behandlung umfaßt allgemein die Stadien des Erhitzens, des Einschwingens und des Abkühlens, obwohl das Einschwingstadium nicht wesentlich ist. Die Erhitzung kann bis zu einer Temperatur von etwa 200– 300°C erfolgen, wie z. B. 200–250°C, und kann bei einer beliebigen Rate erfolgen, wie etwa 10°C/s oder etwa 100°C/s. Die Erhitzungsrate ist nicht von essentieller Wichtigkeit. Das Erhitzen kann in einer oder mehreren Stadien durchgeführt werden, ohne daß der thermische eingeschwungene Zustand nach jedem Stadium erreicht wird oder nicht. Die Erhitzung kann kontinuierlich oder zyklisch oder teil-kontinuierlich und teil-zyklisch sein. Die Erhitzung kann durch jedes beliebige geeignete Mittel erfolgen, beispielsweise kann die Erhitzung in einem Ofen erfolgen oder die Probe kann in einem zu erhitzenden Gefäß angeordnet werden, oder die Erhitzung kann durch eine oder mehr als eine kontinuierliche Widerstandsheizquelle oder Lampenquelle wie etwa eine Faden- oder Entladungslampenquelle erfolgen. Dementsprechend können bei der vorliegenden Erfindung Glühlampen, wie etwa Halogenglühlampen, als die Heizquelle verwendet werden. Wenn Glühlampen verwendet werden, kann eine oder können mehrere verwendet werden. Bei dem Verfahren der Erfindung werden diese mit einem räumlichen Abstand von dem Mehrfachschichtfilm um den Film herum angeordnet, zum Beispiel darüber und darunter. Die Entfernung zwischen einer beliebigen Birne und dem Mehrfachschichtfilm variiert, z. B. entsprechend der Wattleistung der Birne, der Dicke des Films und den Wärmeeigenschaften des Substrats. Die Birnen sind bevorzugt von gekrümmten Reflektoren umgeben, um die Strahlung bei den Filmproben zu intensivieren und/oder sie gleichförmig zu machen. Vorteilhafterweise werden Parabolreflektoren verwendet, um eine gleichförmige Beleuchtung der Probe zu erzielen.

[0039] Das zweite Stadium der thermischen Behandlung ist das wahlweise Einschwingstadium, bei der das Material über einen Zeitraum von z. B. bis zu 30 Minuten und bevorzugt bis zu einer Minute auf Temperatur gehalten wird. Danach wird das Material in einer oder mehreren Stufen abgekühlt oder abgekühlt gelassen, und gegebenenfalls mit verschiedenen Raten. Jede Abkühlrate kann verwendet werden, wie z. B. bis zu 10°C/s oder bevorzugt bis, zu 100°C/s. Jedes geeignete Abkühlverfahren kann eingesetzt werden. Die thermische Behandlung kann gegebenenfalls in einem Magnetfeld ausgeführt werden.

[0040] Bei einem kommerziellen Umfeld würden die Raten für das Erhitzen und Abkühlen so hoch wie möglich sein.

[0041] Die Erfindung wird nun in den folgenden Beispielen beschrieben, die den Schutzbereich der Erfindung veranschaulichen, aber nicht einschränken sollen.

[0042] **Fig.** 1–14 veranschaulichen die MO-Eigenschaften, die man in den Mehrfachschichtfilmsystemen der

entsprechenden Beispiele 1–14 erhält.

[0043] Beispiele 1–1C veranschaulichen gesputterte Pt/Co-Mehrfachschichtfilm-Materialsysteme mit einer 16 Å dicken Pt-Zwischenschicht. Der Film von Beispiel 1C ist in Xenon gesputtert.

[0044] Die Beispiele 2 und 2A veranschaulichen gesputterte Pt/Co-Mehrfachschichtfilme mit 8 Å und 50 Å dicken Pt-Zwischenschichten.

[0045] Beispiel 3 verwendet Zwischenschichten aus Pt, Pd, Co, Au und Ag, Cu.

[0046] Die Beispiele 4 und 4A verwenden Silizium- und Siliziumnitrid-„Substrate", d. h. die Zwischenschicht wird auf Silizium oder Siliziumnitrid gesputtert, doch das eigentliche Substrat wäre Silizium oder Siliziumnitrid auf beispielsweise Glas.

[0047] Beispiel 5 variiert das Verhältnis Pt/Co in der Mehrfachschicht und die Stapelhöhe der Mehrfachschicht.

[0048] Die Beispiele 6A–D veranschaulichen die Effekte der Hochtemperaturbearbeitung.

[0049] Die Beispiele 7A–F untersuchen die Reaktion der Metallmehrfachschicht auf Wärmebehandlung.

[0050] Die Beispiele 8A–L untersuchen die Beziehung zwischen der Hochtemperaturbearbeitung und der Wärmebehandlung Zwischenschicht.

[0051] Die Beispiele 9–12 vergleichen Filme, die unterschiedlichen Arten der thermischen Behandlung unterzogen werden, im Vergleich zu nicht derart behandelten Filmen.

[0052] Beispiel 13 untersucht den Effekt der Atmosphäre auf den Effekt der thermischen Behandlung.

[0053] Beispiel 14 veranschaulicht ein Pd/Co-System, und Beispiel 15 veranschaulicht Pd/Co-Systeme mit verschiedenen Mehrfachschichten.

[0054] Magnetooptische Messungen wurden unter Verwendung eines eigens gebauten polaren Kerr-Schleifen-Tracers bei 670 nm vorgenommen. Sofern nichts anderes angegeben ist, wurden die Messungen durch die Mehrfachschichtseite der Materialien hindurch vorgenommen.

[0055] Bei allen Beispielen war das verwendete Sputtergerät ein modifiziertes Nordiko NS3750 von Nordiko Ltd. in Havant, Hampshire, GB, und modifiziert im Johnson Matthey Technology Centre. In allen Fällen waren die Sputterelektroden planare Gleichstrom- und/oder HF-Magnetrons. Sofern nichts anderes angegeben ist, wurden alle Wärmebehandlungen in Luft und bei atmosphärischem Druck durchgeführt.

BEISPIEL 1

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Rystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 2,58 kOe Polare Kerr-Rotation 0,29°

[0056] Ein vorgereinigtes Glassubstrat wurde an einer Substrattafel in einer Vakuumkammer montiert, und die Kammer wurde bis auf einen Basisdruck von $2{,}5 \times 10^{-6}$ mb gepumpt.

[0057] Reines Ar-Gas wurde in eine gepumpte Kammer dosiert, damit man einen Druck von $1{,}5 \times 10^{-2}$ mb erhielt, und dem System wurde mehrere Minuten lang gestattet, ins Gleichgewicht zu kommen. („Gasäquilibrierung I").

[0058] Die achtflächige Substrattafel mit einer Gesamtoberfläche von 2960 cm^2 war 11 cm von einer Platin-Sputterquelle und 11 cm von einer Kobalt-Sputterquelle angeordnet und wurde mit 6 UpM gedreht, während 7 Minuten lang 1000 Watt konstanter Hochfrequenz-(HF)-Leistung bei 13, 56 MHz, gleich 0, 34 Wcm^{-2}, an die Tafel angelegt wurden, wodurch die Tafel bezüglich Massepotential auf eine negative Vorspannung von etwa 245 V gelegt wurde („Hochtemperaturbehandlung S1").

[0059] Die Substrattafel war durch Blenden von einer ebenen Magnetronquelle, die mit einem 8" × 4" Pt-Ziel bestückt war, verdeckt, und 124 W Gleichstromleistung wurden mehrere Minuten lang an die Sputterquelle angelegt, um das Sputterziel zu reinigen und einen eingeschwungenen Betriebszustand herzustellen („Zielvorkonditionierungsstufe").

[0060] Dann wurde die Pt-Zwischenschicht in zwei sequentiellen Durchgängen durch die Pt-Sputterquelle abgeschieden, wodurch man eine Gesamtdicke von 16 Å erhielt. Der Sputterelektrode wurden 124 W Leistung zugeführt, die Elektrodenvorspannung betrug –414 V bezüglich Massepotential. Das Substrat befand sich bezüglich Massepotential auf einem negativen Potential von 12 bis 15 V. Der Abstand zwischen Substrat und Ziel betrug 11 cm, und die Tafel wurde mit 6 UpM gedreht („Zwischenschichtabscheidung").

[0061] Die Oberfläche der Pt-Zwischenschicht wurde dann durch Anlegen von HF-Leistung (13,56 MHz) an die Substrattafel mit hoher Temperatur behandelt. Fünf Minuten lang wurden 200 W HF-Leistung angelegt, wodurch man eine Tafelvorspannung bezüglich Masse von –105 V erhielt, wobei sich die Substrattafel mit 6 UpM drehte („Hochtemperaturbehandlung S2").

[0062] Die Quelle des Co-Flusses für die Herstellung der gewünschten Mehrfachschichtstruktur wurde durch eine ebene HF-Magnetronquelle geliefert, die direkt gegenüber angeordnet war, aber der Pt-Quelle zugewandt war. Der Fluß von beiden Quellen war durch die zwischen ihnen positionierte Substrattafel verdeckt. Es wurde ein dünnes Kobaltziel verwendet (8" × 4" × 1 mm), um den Magnetronsputtereffekt zu verbessern. Bei von bei-

den Sputterquellen verdeckten Substraten wurde Leistung an jede Quelle angelegt, und zwar mit den Werten, die für die jeweiligen Abscheidungsraten von Pt beziehungsweise Co erforderlich sind, um die Mehrfachschichtstruktur herzustellen. Diese Situation wurde mehrere Minuten lang beibehalten, was die Äquilibrierung der Sputterquellen bei den entsprechenden Leistungseinstellungen für die erforderlichen Abscheidungsraten ermöglichte („Zielvorkonditionierung vor der Mehrfachschichtabscheidung").

[0063] Die die Substrattafel verdeckende Blende wurde so entfernt, daß Fluß von beiden Quellen auf die Tafel auftraf, und die Substrate wurden an den Quellen vorbei gedreht, wodurch eine abwechselnde Struktur aus Pt- und Co-Schichten erzeugt wurde. Mit der ersten und letzten Schicht aus Pt wurde bei 9,5 Drehungen der Tafel eine Struktur von insgesamt 19 Schichten erzielt. Die Tafel drehte sich mit 6 UpM, und an die Kobalt-Sputterelektrode wurde eine konstante HF-Leistung angelegt, damit man pro Substratdurchgang eine Abscheidung einer etwa 3 Å dicken Co-Schicht erhielt. Mit einer an die Pt-Sputterelektrode angelegten konstanten Gleichstromleistung erhielt man pro Durchgang eine etwa 8 Å dicke Pt-Schicht. („Mehrfachschichtabscheidung"). 124 W Gleichstromleistung wurden an die Pt-Sputterelektrode angelegt, wodurch man am Pt-Ziel eine Vorspannung von –414 V erhielt. Mit 400 W HF-Leistung wurde eine Eigenvorspannung von –600 V bezüglich Masse am Co-Ziel erhalten. Das Substrat befand sich bezüglich Masse auf einem negativen Potential von 1 bis 2 V. Die Gasdosierung und die Abstände der Sputterelektroden bezüglich der Substrattafel waren wie oben unter „Hochtemperaturbehandlung S1" beschrieben.

[0064] Das Glassubstrat mit der abgeschiedenen Mehrfachschicht wurde aus der Sputterkammer entfernt.

[0065] Die polare Kerr-Hystereseschleife für dieses Beispiel ist in **Fig.** 1 gezeigt.

BEISPIEL 1A

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Hystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 3,15 kOe Polare Kerr-Rotation 0,269°

[0066] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1 vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:

[0067] Bei der Stufe „Zielvorkonditionierung" wurden 120 W Gleichstromleistung angelegt.

[0068] Während der Stufe „Zwischenschichtabscheidung betrug die der Elektrode zugeführte Gleichstromleistung 120 W bei –414 V bezüglich Massepotential.

[0069] Nach der „Hochtemperaturbehandlung S2" wurde der Argongasdruck auf $2{,}5 \times 10^{-2}$ mb eingestellt („Gasäquilibrierung 2 ").

[0070] Bei der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man am Pt-Sputterziel eine Vorspannung von –400 V erhielt.

[0071] Die erhaltene Kerr-Hystereseschleife ist in **Fig.** 1A gezeigt.

BEISPIEL 1B

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Hystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 5,06 kOe Polare Kerr-Rotation 0,30°

[0072] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:

[0073] Das Substrat war ein von der Firma Pilkington Micronics, Clwyd hergestelltes Optikscheiben-Glassubstrat.

[0074] Während der Stufe „Gasäquilibrierung 2" wurde der Argongasdruck auf $3{,}5 \times 10^{-2}$ mb eingestellt.

[0075] Bei der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man am Pt-Sputterziel eine Vorspannung von –380 V erhielt. 400 W HF-Leistung wurden verwendet, um eine Eigenvorspannung von –570 V bezüglich Massepotential am Co-Ziel zu erhalten.

[0076] Die erhaltene polare Kerr-Hystereseschleife ist in **Fig.** 1B gezeigt. **Fig.** 1B(i) gibt die Schleife an, die durch die Substratseite des Materials erhalten wird.

BEISPIEL 1C

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Hystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 4,78 kOe Polare Kerr-Rotation 0,285°

[0077] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:

[0078] Das Substrat war ein Mikroskopträger aus Glas.

[0079] Während der Stufe „Gasäquilibrierung 2" wurde das Argongas aus der Kammer herausgepumpt, und Xe-Gas wurde eingelassen, so daß man einen Druck von 1,3 × 10^{-2} mb erhielt.
[0080] Bei der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man eine Vorspannung von –624 V am Pt-Sputterziel erhielt. 400 W HF-Leistung wurden verwendet, um eine Eigenvorspannung von –550 V bezüglich Massepotential am Co-Ziel zu erhalten. Das Substrat befand sich bezüglich Massepotential auf einem negativen Potential von 1–2 V.
[0081] Die erhaltene polare Kerr-Hystereseschleife ist in **Fig.** 1C gezeigt. **Fig.** 1C(i) gibt die Schleife an, die durch die Substratseite des Materials erhalten wird.

BEISPIEL 2

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Hystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 2,59 kOe Polare Kerr-Rotation 0,279°

[0082] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1 vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen: Bei der Stufe „Zielvorkonditionierung" wurden 120 W Gleichstromleistung angelegt.
[0083] Während der Stufe „Zwischenschichtabscheidung" betrug die der Elektrode zugeführte Gleichstromleistung 120 W bei –414 V bezüglich Massepotential. In einem Abscheidungsdurchgang wurde von der Pt-Sputterelektrode eine Zwischenschicht mit einer Gesamtdicke von etwa 8 Å hergestellt.
[0084] Es wurde ein Stufe „Gasäquilibrierung 2" (siehe Beispiel 1A) aufgenommen, bei der der Argongasdruck auf 2,5 × 10^{-2} mb eingestellt wurde.
[0085] Bei der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man eine Vorspannung von –386 V am Pt-Sputterziel erhielt. 400 W HF-Leistung wurden an das Co-Ziel angelegt, wodurch man eine Eigenvorspannung von –386 V bezüglich Massepotential erhielt.
[0086] **Fig.** 2 zeigt die erhaltene polare Kerr-Hystereseschleife.

BEISPIEL 2A

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Hystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 3,23 kOe Polare Kerr-Rotation 0,225°

[0087] Es wurde nach den Absätzen 1 und 2 von Beispiel 1 vorgegangen.
[0088] Die achtflächige Substrattafel mit einer Gesamtoberfläche von 2960 cm^{-2} war 11 cm von der Platin-Sputterquelle und 11 cm von der Kobalt-Sputterquelle entfernt angeordnet und wurde mit 6 UpM gedreht, während 700 Watt konstanter HF-Leistung bei 13,56 MHz 20 Minuten lang auf die Tabelle einwirkten, was 0,24 Wcm^{-2} entsprach, wodurch die Tafel auf eine negative Vorspannung von etwa 210 V bezüglich Massepotential gesetzt wurde („Hochtemperaturbehandlung S1").
[0089] Die Substrattafel war durch Blenden von einer ebenen Magnetronquelle, die mit einem 8" × 4" Pt-Ziel bestückt war, verdeckt, und 120 W Gleichstromleistung wurden mehrere Minuten lang an die Sputterquelle angelegt, um das Sputterziel zu reinigen und einen eingeschwungenen Betriebszustand herzustellen („Zielvorkonditionierungsstufe").
[0090] Die Pt-Zwischenschicht wurde dann durch 6 sequentielle Durchgänge durch die Pt-Sputterquelle abgeschieden, wodurch man eine Gesamtdicke von etwa 50 Å erhielt. Die der Sputterelektrode zugeführte Leistung betrug 120 W, die Elektrodenvorspannung betrug –408 V bezüglich Massepotential. Das Substrat befand sich auf einem negativen Potential von 12 bis 15 V bezüglich Massepotential. Der Abstand zwischen Substrat und Ziel betrug 11 cm, und die Tafel wurde mit 6 UpM gedreht. („Zwischenschichtabscheidung").
[0091] Die Oberfläche der Pt-Zwischenschicht wurde dann durch Anlegen von HF-Leistung (13,56 MHz) an die Substrattafel mit hoher Temperatur behandelt. Zehn Minuten lang wurden 150 W HF-Leistung angelegt, wodurch man eine Tafelvorspannung bezüglich Masse von –90 V erhielt, wobei sich die Substrattafel mit 6 UpM drehte („Hochtemperaturbehandlung S2").
[0092] Der Argongasdruck wurde dann auf 2,5 × 10^{-2} mb eingestellt und einschwingen gelassen. („Gasäquilibrierung 2").
[0093] Die Quelle des Co-Flusses für die Herstellung der gewünschten Mehrfachschichtstruktur wurde durch eine ebene HF-Magnetronquelle geliefert, die direkt gegenüber angeordnet war, aber der planaren Gleichstrom-Magnetron-Pt-Sputterquelle zugewandt war. Der Fluß von beiden Quellen war durch die zwischen ihnen positionierte Substrattafel verdeckt. Es wurde ein dünnes Kobaltziel verwendet (8" × 4" × 1 mm), um den Magnetronsputtereffekt zu verbessern. Bei von beiden Sputterquellen verdeckten Substraten wurde Leistung an jede Quelle angelegt, und zwar mit den Werten, die für die jeweiligen Abscheidungsraten von Pt beziehungsweise Co erforderlich sind, um die Mehrfachschichtstruktur herzustellen. Diese Situation wurde mehrere Minu-

ten lang beibehalten, was die Äquilibrierung der Sputterquellen bei den entsprechenden Leistungseinstellungen für die erforderlichen Abscheidungsraten ermöglichte („Zielvorkonditionierung vor der Mehrfachschichtabscheidung").

[0094] Die die Substrattafel verdeckende Blende wurde so entfernt, daß Fluß von beiden Quellen auf die Tafel auftraf, und die Substrate wurden an den Quellen vorbei gedreht, wodurch eine abwechselnde Struktur aus Pt- und Co-Schichten erzeugt wurde. Mit der ersten und letzten Schicht aus Pt wurde bei 9,5 Drehungen der Tafel eine Struktur von insgesamt 19 Schichten erzielt. Die Tafel drehte sich mit 6 UpM, und an die Kobalt-Sputterelektrode wurde eine konstante HF-Leistung angelegt, damit man pro Substratdurchgang eine Abscheidung einer etwa 3 Å dicken Co-Schicht erhielt. Mit einer an die Pt-Sputterelektrode angelegten konstanten Gleichstromleistung erhielt man pro Durchgang eine etwa 8 Å dicke Pt-Schicht. („Mehrfachschichtabscheidung"). 120 W Gleichstromleistung wurden an die Pt-Sputterelektrode angelegt, wodurch man am Pt-Ziel eine Vorspannung von –391 V erhielt. Mit 400 W HF-Leistung wurde eine Eigenvorspannung von –560 V bezüglich Masse am Co-Ziel erhalten. Das Substrat befand sich bezüglich Massepotential auf einem negativen Potential von 1 bis 2 V. Die Gasdosierung und die Abstände der Sputterelektroden bezüglich der Substrattafeln waren wie oben beschrieben. („Hochtemperaturbehandlung S1", „Gasäquilibrierung 2").

[0095] Das Glassubstrat mit der abgeschiedenen Mehrfachschicht wurde aus der Sputterkammer entfernt.

[0096] Die erhaltene polare Kerr-Hystereseschleife ist in **Fig.** 2A gezeigt.

BEISPIEL 3

[0097] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:

[0098] Bei der Stufe „Zwischenschichtabscheidung" wurden etwa 50 Å dicke Pt- oder Pd- oder Co- oder Ag- oder Au-Zwischenschichten auf eine Weise abgeschieden, die der für die in vorausgegangenen Beispielen gezeigte Pt-Zwischenschicht beschriebenen ähnlich ist, wobei die an das Sputterziel angelegte Leistung, die Anzahl der Zieldurchgänge und die Geschwindigkeit der Drehung der Substrattafel geeignet verändert wurden, um eine Zwischenschichtdicke von 50 Å zu erhalten.

[0099] Folgendes waren die erhaltenen MO-Eigenschaften:

SYSTEME „WIE ABGESCHIEDEN" (d. h. ohne jegliche thermische Behandlung)
Zwischenschicht

	Pt	Pd	Co	Ag	Au
H_c (kOe)	2,57	1,56	1,38	1,67	1,89
θ_k(°)	0,23	0,22	0,3	0,13	0,17

[0100] Die Proben mit Pt- und Pd-Zwischenschichten wurden 40 Minuten lang in einer Atmosphäre aus Luft und bei atmosphärischem Druck in einen Ofen mit 155°C gelegt.

[0101] Dann wurden die Proben aus dem Ofen entfernt und auf einen Al-Block gelegt. Nach 2 Minuten war die Temperatur der Proben auf Raumtemperatur abgefallen.

[0102] Dann wurden die MO-Eigenschaften wie folgt gemessen:

„THERMISCH BEHANDELTE" SYSTEME
Zwischenschicht

	Pt	Pd
H_c (kOe)	3,31	1,82
θ_k(°)	0,21	0,20

BEISPIEL 4

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Hystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 3,19 kOe Polare Kerr-Rotation 0,189°

[0103] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1 vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:

[0104] Ein Siliziumnitrid-„Substrat" wurde in der Vakuumkammer montiert, und die Kammer wurde evakuiert.

[0105] Bei der Stufe „Zielvorkonditionierung" wurden 120 W Gleichstromleistung angelegt.

[0106] Während der Stufe „Zwischenschichtabscheidung" betrug die an die Elektrode angelegte Gleichstrom-

leistung 120 W bei –406 V bezüglich Massepotential.
[0107] Während der Stufe „Gasäquilibrierung 2" wurde der Argongasdruck auf 2,5 × 10^{-2} mb eingestellt.
[0108] In der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man eine Vorspannung von –384 V an dem Pt-Sputterziel erhielt. 400 W HF-Leistung wurden an das Co-Ziel angelegt, wodurch man eine Eigenvorspannung von –575 V bezüglich Massepotential am Co-Ziel erhielt.
[0109] Die polare Kerr-Schleife ist in **Fig.** 4 gezeigt.

BEISPIEL 4A

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Hystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 3,08 kOe Polare Kerr-Rotation 0,146°

[0110] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 4 vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:
[0111] Ein Silizium-„Substrat" wurde in der Vakuumkammer montiert, und die Kammer wurde evakuiert.
[0112] Die Koerzitivfeldstärke der rechteckigen Schleife ist in **Fig.** 4A gezeigt.

BEISPIEL 5

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Hystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 2,28 kOe Polare Kerr-Rotation 0,168°

[0113] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:
[0114] Während der Stufe „Gasäquilibrierung 2" wurde der Argongasdruck auf 2,5 × 10^{-2} mb eingestellt.
[0115] In der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" umfaßte die Struktur insgesamt 15 Schichten bei 7,5 Umdrehungen der Tafel. Bei jedem Durchgang wurde von jeder einzelnen Elektrode etwa 3 Å Co und 15 Å Pt abgeschieden. 215 W Gleichstromleistung wurden an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man eine Vorspannung von –422 V am Pt-Sputterziel erhielt. Mit 400 W HF-Leistung wurde eine Eigenvorspannung von –570 V bezüglich Massepotential am Co-Ziel hergestellt. Das Substrat befand sich während der Mehrfachschichtabscheidung auf einem negativen Potential von 1 bis 2 V.
[0116] **Fig.** 5 zeigt die erhaltene polare Kerr-Schleife.

BEISPIELE 6A–6D

[0117] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:
[0118] Während der Stufe „Zwischenschichtabscheidung" betrug die der Elektrode zugeführte Gleichstromleistung 120 W bei –409 V bezüglich Massepotential.
[0119] Bei der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man eine Vorspannung von –386 V am Pt-Sputterziel erhielt. 400 W HF-Leistung wurden an die planare Co-Magnetron-Sputterelektrode angelegt, wodurch man eine Eigenvorspannung von –560 V bezüglich Massepotential erhielt. Die Substrattafel befand sich auf einer negativen Vorspannung von 1–2 V bezüglich Massepotential.
[0120] Jedes der Beispiele 6Å–6D wurde wie folgt einer Hochtemperaturbehandlung unterzogen:
6A Keine Hochtemperaturbehandlung
6B Hochtemperaturbehandlung nur des Substrats
6C Hochtemperaturbehandlung nur der Zwischenschicht
6D Hochtemperaturbehandlung sowohl des Substrats als auch der Zwischenschicht.
[0121] Die polaren Kerr-Schleifen für die obigen Fälle sind jeweils in den **Fig.** 6A–6D gezeigt. Durch die Hochtemperaturbehandlung sowohl des Substrats als auch der Zwischenschicht erhält man eindeutig die besten Ergebnisse.

BEISPIELE 7A–7F

[0122] Es wurde nach der Abscheidungsvorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:
[0123] Während der Stufe „Zwischenschichtabscheidung" für durch Vorspannung aufgewachsene Zwischenschichten betrug die der Elektrode zugeführte Gleichstromleistung 120 W bei –374 V bezüglich Massepoten-

tial, während an die Substrattafel 1000 W HF-Leistung angelegt wurden. Die Substrattafel befand sich während der Abscheidung auf einer Vorspannung von etwa –235 V bezüglich Massepotential. Die Tafel drehte sich mit 6 UpM und es erfolgten sechs Abscheidungsdurchgänge durch die Pt-Gleichstrom-Magnetron-Sputterelektrode. Ohne eine HF-Vorspannung der Substrattafel würde die Dicke der Pt-Zwischenschicht nach Abscheidung etwa 50 Ä betragen.

[0124] Bei der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man eine Vorspannung von –386 V am Pt-Sputterziel erhielt. 400 W HF-Leistung wurden an das Planare Co-Magnetron-Sputterziel angelegt, wodurch man eine Eigenvorspannung von –560 V bezüglich Massepotential erhielt.

[0125] Die Kombinationen von durch Vorspannung aufgewachsenen Zwischenschichten mit Hochtemperaturbearbeitungsstufen bei der Mehrfachschichtherstellung und einer etwaigen nachfolgenden Nachabscheidungswärmebehandlung für die folgenden Beispiele sind in der nachfolgenden Tabelle gezeigt.

TABELLE

Beispiel	S1	S2	Nachabscheidungswärmebehandlung
7A	*	*	
7B	*	-	
7C	-	*	
7D	-	-	
7E	*	*	*
7F	*	-	*

[0126]

* mit Prozeß
– ohne Prozeß

[0127] Die Nachabscheidungswärmebehandlung wurde, wenn sie vorgenommen wurde, gemäß der folgenden Vorgehensweise durchgeführt:

[0128] Probe 7E wurde an einem Platinstab befestigt und in 1 ½ Minuten von 23°C auf 153°C erhitzt. Die Probe wurde 30 Minuten lang auf Temperatur gehalten und dann in 4 Minuten auf 23°C abgekühlt.

[0129] Probe 7F wurde an einem Platinstab befestigt und in einer Minute von 24°C auf 126°C erhitzt. Die Probe wurde 30 ½ Minuten lang auf 126°C gehalten und danach in 3 Minuten auf 24°C abgekühlt.

[0130] Die nachfolgende Tabelle zeigt die Koerzitivfeldstärke bei Raumtemperatur und die Kerr-Rotation für die obigen Beispiele.

TABELLE

Beispiel	H_c (kOe)	θ (°)
7A	5,3	0,29
7B	4,23	0,28
7C	5,92	0,28
7D	3,71	0,24
7E	7,31	0,25
7F	4,86	0,27

BEISPIEL 8

[0131] Die Stufen S1 (Zwischenschichtwärmebehandlung), S2 (Nachabscheidungswärmebehandlung) wurden, wie unten für die Beispiele 8A–8L angegeben, ausgeführt, wobei entsprechend nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen wurde.

Beispiel	S1	Zwischenschicht-wärmebehandlung	S2	Nachabscheidungs-wärmebehandlung
8A	-	-	-	*
8B	*	-	-	*
8C	-	-	*	*
8D	*	-	*	*
8E	-	*	-	-
8F	*	*	-	-
8G	-	*	*	-
8H	*	*	*	-
8I	-	*	-	*
8J	*	*	-	*
8K	-	*	*	*
8L	*	*	*	*

Anmerkung:

[0132]

– Prozeß nicht angewendet
* Prozeß angewendet

[0133] S1 und S2 waren wie oben beschrieben; der Wärmebehandlungsprozeß für die Zwischenschicht und/oder Mehrfachschicht ist unten beschrieben:

Zwischenschicht

[0134] Die Proben wurden 50 Minuten lang in einen Ofen bei 180°C gelegt. Dann wurden sie entfernt und zum Abkühlen in einen Al-Block gelegt. Die Raumtemperatur wurde in etwa 2 Minuten erreicht.

Mehrfachschicht

[0135] Die Proben wurden 40 Minuten lang in einen Ofen bei 155°C gelegt, wonach sie herausgenommen und in einen großen Al-Block gelegt wurden. Die Raumtemperatur wurde in etwa 2 Minuten erreicht.
[0136] Es folgen die für jede Probe erhaltenen Ergebnisse:

TABELLE
Mehrfachschicht-Koerzitivfeldstärke und polare Kerr- Rotation

Beispiel:	8A	8B	8C	8D	8E	8F	8G	8H	8I	8J	8K	8L
θ_k (°)	0,11	0,13	0,18	0,30	0,18	0,12	0,25	0,27	0,16	0,09	0,22	0,24
H_c (kOe)	1,42	2,73	3,08	5,4	0,78	0,83	1,64	2,09	0,32	0,41	1,64	2,48

[0137] Aus den Ergebnissen ist zu erkennen, daß mindestens S1 oder S2 wesentlich ist, wobei beide bevorzugt werden; und auch eine Nachabscheidungswärmebehandlung. ist besonders vorteilhaft.

BEISPIEL 9A

[0138] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden

Änderungen:
[0139] Bei „Hochtemperaturbehandlung S1" wurden 700 W HF-Leistung 20 Minuten lang angelegt, wobei die Tafel sich weiterhin mit 6 UpM drehte, und an der Substrattafel entstand eine Vorspannung von –200 V bezüglich Massepotential.
[0140] Eine etwa 50 Å dicke Pt-Zwischenschicht wurde wie in Beispiel 1A abgeschieden, außer daß 6 aufeinanderfolgende Abscheidungsdurchläufe verwendet wurden.
[0141] Der Argongasdruck blieb bei allen Bearbeitungsstufen auf $1{,}5 \times 10^{-2}$ mb.
[0142] Nach dem Abscheiden des magnetooptischen Films wurde das Substrat aus der Kammer entfernt und entsprechend dem folgenden Prozeß thermisch behandelt.
[0143] Die Probe wurde in zwei Zyklen erhitzt.

Erster Zyklus

[0144] Die Probe wurde an einem Al-Block befestigt und unter Verwendung von Halogenglühbirnen, die den Block erhitzten, stufenweise von 17°C auf 51°C auf 100°C auf 146°C auf ungefähr 176°C erhitzt. Die Probe wurde etwa 3 Minuten lang auf jeder Zwischentemperatur gehalten. Die Temperatur der Probe wurde 15 Minuten lang auf 176°C gehalten, wonach die Probe sich auf Raumtemperatur abkühlen konnte.

Zweiter Zyklus

[0145] Die Probe wurde an einem Al-Block befestigt und unter Verwendung von Halogenglühbirnen, die den Block erhitzten, schrittweise von 18°C auf 50°C auf 98°C auf 146°C auf ungefähr 182°C erhitzt. Die Probe wurde etwa 3 Minuten lang auf jeder Zwischentemperatur gehalten. Die Temperatur der Probe wurde 14 Minuten lang auf 182°C gehalten, wonach die Probe sich auf Raumtemperatur abkühlen konnte.
[0146] Die **Fig.** 9A(i) und 9A (ii) zeigen die polare Kerr-Schleife für die Probe nach dem Abscheiden und der thermischen Behandlung, gemessen durch den magnetooptischen Film.
[0147] Es wurden die folgenden Eigenschaften erhalten:

	Vor der thermischen Behandlung	Nach der thermischen Behandlung
θ_k (°)	0,193	0,176
H_c (kOe)	1,37	2,68

BEISPIEL 9B

[0148] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden zu erwähnenden Änderungen:
[0149] Das Substrat war Optikscheiben-Glas für die Datenspeicherung von Pilkington.
[0150] Nach der Abscheidung des magnetooptischen Films wurde das Substrat aus der Kammer entfernt und entsprechend dem folgenden Prozeß thermisch behandelt. Die Probe wurde 60 Minuten lang in einen Ofen bei 140°C gelegt; dann wurde sie aus dem Ofen entfernt und auf Raumtemperatur abkühlen gelassen.
[0151] Die **Fig.** 9B(i) und 9B(ii) zeigen die polare Kerr-Schleife für die Probe nach Abscheidung und thermischer Behandlung, gemessen durch den magnetooptischen Film.
[0152] Man erhielt die folgenden Eigenschaften:

	Vor der thermischen Behandlung	Nach der thermischen Behandlung
Polare Kerr-Rotation	0,316°	0,281°
Koerzitivfeldstärke	3,58 kOe	5,2 kOe

BEISPIEL 9C

[0153] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden zu erwähnenden Änderungen:
[0154] Das Substrat war ein Mikroskopträger aus Glas.
[0155] Nach dem Abscheiden des magnetooptischen Films wurde das Substrat aus der Kammer entfernt und

gemäß dem folgenden vierstufigen Prozeß thermisch behandelt.

Stufe 1:

[0156] Die Probe wurde 60 Minuten lang in einen Ofen bei 140°C gelegt, entfernt und auf Raumtemperatur abkühlen gelassen.

Stufe 2:

[0157] Stufe 1 wurde wiederholt.

Stufe 3:

[0158] Die Probe wurde zuerst 81 Minuten lang in einen Ofen bei 140°C gelegt, dann 64 Minuten lang in den Ofen und schließlich 64 Minuten lang in den Ofen. Zwischen den einzelnen Ofenstufen und nach der letzten Ofenstufe wurde die Probe auf Raumtemperatur abkühlen gelassen.

Stufe 4

[0159] Die Probe erhielt vier Hitzebehandlungen in einem Ofen bei 140°C: zuerst 64 Minuten lang, dann 81 Minuten, 60 Minuten und 169 Minuten. Wie oben wurde die Probe zwischen den Ofenstufen und nach der letzten Ofenstufe auf Raumtemperatur abkühlen gelassen.
[0160] Die **Fig.** 9C(i)–(v) zeigen polare Kerr-Schleifen für die Probe nach der Abscheidung und nachdem die Probe aufeinanderfolgenden Hitzebehandlungen wie oben beschrieben unterzogen worden war. Die Probe wurde durch den magnetooptischen Film gemessen.
[0161] Es wurden die folgenden Eigenschaften erhalten:

		Koerzitivfeldstärke bei Raumtemperatur	Polare Kerr-Rotation (°)
Nach Abscheidung		3,15	0,269
Nach der Behandlung	(1)	4,33	0,253
	(2)	4,81	0,249
	(3)	5,55	0,242
	(4)	6,04	0,244

[0162] Aus den obigen Ergebnissen kann man schließen, daß mindestens eine Hitzebehandlung für magnetooptische Eigenschaften vorteilhaft ist. Nach den obigen Hitzebehandlungen (3) und (4) steigt die Koerzitivfeldstärke jedoch auf Kosten der Rechteckigkeit der polaren Kerr-Hystereseschleife.

BEISPIEL 10A

[0163] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1 vorgegangen, mit den folgenden Abänderungen:
[0164] Das Substrat war Optikscheiben-Glas für die Datenspeicherung von Pilkington.
[0165] Bei der Stufe „Zielvorkonditionierung" wurden 120 W Gleichstromleistung angelegt.
[0166] Während der Stufe „Zwischenschichtabscheidung" betrug die an die Elektrode angelegte Gleichstromleistung 120 W bei –406 V bezüglich Massepotential.
[0167] Bei der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man eine Vorspannung von –406 V am Pt-Sputterziel erhielt.
[0168] Nach der Abscheidung wurde die Probe dem unten beschriebenen thermischen Behandlungsprozeß unterzogen:
[0169] Die Probe wurde in Luft bei atmosphärischem Druck unter Verwendung von zwei 250 W Halogenglühbirnen (Osram Ltd., Katalognummer 250–075) erhitzt; der Birnenkolben war zur Hälfte vergoldet. Der Abstand von der Probenoberfläche zu den Lampenfäden betrug etwa 38 mm.
[0170] Die Birnen wurden 38 Sekunden lang eingeschaltet und dann 18 Sekunden lang bei einer Frequenz von 1,43 Hz mit einer Impulsdauer von 0,21 Sekunden zyklisch betrieben. Dann wurden die Proben auf einen Al-Block gelegt, und nach 2 Minuten war die Temperatur der Probe auf Raumtemperatur abgefallen.
[0171] Die **Fig.** 10A(i) und 10A(ii) zeigen die polare Kerr-Rotation mit einer Raumtemperatur-Rechteckschlei-

fen-Koerzitivfeldstärke vor und nach der thermischen Behandlung für die oben beschriebene Probe.
[0172] Es wurden die folgenden Eigenschaften erhalten:

	Vor der thermischen Behandlung	Nach der thermischen Behandlung
Koerzitivfeldstärke (kOe) bei Raumtemperatur	2,1	3,55
Polare Kerr-Rotation (°)	0,349	0,322

BEISPIEL 10B

[0173] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 10A vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:
[0174] In der Stufe „Gasäquilibrierung 2" wurde der Argongasdruck auf $2,5 \times 10^{-2}$ mb eingestellt.
[0175] In der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man eine Vorspannung von –389 V an dem Pt-Sputterziel erhielt. 400 W HF-Leistung wurden an das Co-Ziel angelegt, wodurch man eine Eigenvorspannung von –580 V bezüglich Massepotential erhielt.
[0176] Nach der Abscheidung wurde die Probe der unten beschriebenen thermischen Behandlung unterzogen: Die Probe wurde wie in Beispiel 10A erhitzt, mit der Ausnahme, daß die Birnen 32 Sekunden lang eingeschaltet waren und dann auf die in Beispiel 10A beschriebene Weise 40 Sekunden lang zyklisch betrieben wurden.
[0177] Die **Fig.** 10B(i) und 10B(ii) zeigen die polare Kerr-Rotation und die Raumtemperatur-Rechteckschleifen-Koerzitivfeldstärke vor und nach der thermischen Behandlung für die oben beschriebene Probe.
[0178] Es wurden die folgenden Eigenschaften erhalten:

	Vor der thermischen Behandlung	Nach der thermischen Behandlung
Koerzitivfeldstärke (kOe) bei Raumtemperatur	3,44	5,05
Polare Kerr-Rotation (°)	0,315	0,307

BEISPIEL 10C

[0179] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 10B vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:
[0180] Das Substrat war ein Mikroskopträger aus Glas.
[0181] Nach der Abscheidung wurde die Probe dem unten beschriebenen thermischen Behandlungsprozeß unterzogen:
[0182] Die Probe wurde wie in Beispiel 10A erhitzt, mit der Ausnahme, daß die Birnen 35 Sekunden lang eingeschaltet wurden und dann auf die in Beispiel 10A beschriebene Weise 45 Sekunden lang zyklisch betrieben wurden.
[0183] Die Figuren **Fig.** 10C(i) bis 10C(iii) zeigen die polare Kerr-Rotation und die Raumtemperatur-Rechteckschleifen-Koerzitivfeldstärke und das Keimfeld vor und nach der thermischen Behandlungsbearbeitung und zeigen dabei auch die optische Abfrage durch das Substrat für die oben beschriebene Probe.
[0184] Es wurden die folgenden Eigenschaften erhalten:

	Vor der thermischen Behandlung	Nach der thermischen Behandlung
Koerzitivfeldstärke (kOe) bei Raumtemperatur	3,3	6,02
Polare Kerr-Rotation (°)	0,329	0,3

BEISPIEL 11

[0185] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 10C vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Änderungen:
[0186] Bei der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 15 Schichten mit jeweils etwa 15 Å Pt und etwa 3 Å Co nacheinander abgeschieden (die erste und letzte war Pt), und zwar in 7,5 Umdrehungen der Tafel bei 6 UpM. 215 W konstanter Gleichstromleistung wurden an die Pt-Magnetron-Sputterelektrode angelegt, die auf –422 V bezüglich Massepotential vorgespannt war. 400 W HF-Leistung wurden der Co-Magnetron-Sputterelektrode zugeführt, wodurch man eine Eigenvorspannung von –580 V bezüglich Massepotential erhielt. Das Substrat befand sich auf einem negativen Potential von 1–2 V bezüglich Massepotential.
[0187] Nach der Abscheidung wurde die Probe dem unten beschriebenen thermischen Behandlungsprozeß unterzogen:
[0188] Die Probe wurde 40 Minuten lang in einen Ofen bei 153°C gelegt, dann aus dem Ofen entfernt und auf einen Al-Block gelegt; nach 2 Minuten war die Probentemperatur auf Raumtemperatur abgefallen.
[0189] Die **Fig.** 11(a) und (b) zeigen die polare Kerr-Rotation und die Raumtemperatur-Rechteckschleifen-Koerzitivfeldstärke und das Keimfeld vor der thermischen Bearbeitung und nach der thermischen Bearbeitung für die oben beschriebene Probe.
[0190] Es wurden die folgenden Eigenschaften erhalten:

	Vor der thermischen Behandlung	Nach der thermischen Behandlung
Koerzitivfeldstärke (kOe) bei Raumtemperatur	2,28	3,06
Polare Kerr-Rotation (°)	0,168	0,158

BEISPIEL 12A–E

Für die Beispiele 12A–B

[0191] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1 vorgegangen, mit den folgenden Prozeßmodifikationen:
[0192] Das Substrat war SiO_2 für Beispiel 12A und Si bei Beispiel 12B.
[0193] In der Stufe „Hochtemperatur S1" wurde die Substrattafel 20 Minuten lang mit 6 UpM gedreht, während 700 W HF-Leistung angelegt wurden, wodurch man eine Vorspannung von –200 V bezüglich Massepotential an der Substrattafel erhielt.
[0194] In der Stufe „Zwischenschichtabscheidung" wurde in sechs Abscheidungsdurchläufen eine etwa 50 Å dicke Pt-Zwischenschicht hergestellt.

Für die Beispiele 12C, D, E

[0195] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, mit den folgenden anzumerkenden Veränderungen:
[0196] Das Substrat war Si_3N_4 in den Beispielen 12C und E und Si in Beispiel 12D.
[0197] In der Stufe „Zielvorkonditionierung" wurden 120 W Gleichstromleistung angelegt.
[0198] Während der Stufe „Zwischenschichtabscheidung" betrug die an die Elektrode angelegte Gleichstromleistung 120 W bei –406 V bezüglich Massepotential.
[0199] In der Stufe „Mehrfachschichtabscheidung" wurden 120 W Gleichstromleistung an die Gleichstromelektrode angelegt, wodurch man eine Vorspannung von –384 V an dem Pt-Sputterziel erhielt. 400 W HF-Leistung wurden an die Co-Magnetron-Sputterelektrode angelegt, wodurch man eine Eigenvorspannung von –575 V bezüglich Massepotential erhielt.
[0200] Die Beispiele 12A–E wurden nach der Abscheidung entsprechend der folgenden Vorgehensweise hitzebehandelt:

Beispiel 12A

[0201] Die Probe wurde mit einer 300 W Halogenglühlampe ähnlich denen in Beispiel 10A erhitzt, außer, daß der Lampenkolben nicht vergoldet war. Der Abstand von der Probenoberfläche zum Kolbenfaden betrug etwa 20 mm. Die Lampen wurden 30 Sekunden lang eingeschaltet und dann 60 Sekunden lang mit einer Frequenz

von 1,43 Hz und einer Impulsdauer von 0,21 Sekunden zyklisch betrieben.
[0202] Dann wurde die Lampe abgeschaltet, und nach 20 Minuten wurde die Probe unter der Lampe entfernt und in Wasser auf Raumtemperatur abgekühlt.

Beispiel 12B

[0203] Die Probe wurde an einem Al-Block befestigt und schrittweise von 23°C auf 85°C auf 116°C auf 151°C auf etwa 180°C erhitzt, wobei Halogenglühbirnen verwendet wurden, die den Block erhitzten. Die Probe wurde etwa 3 Minuten lang auf jeder Zwischentemperatur gehalten. Die Probe wurde 33 Minuten lang auf 180°C gehalten, wonach sie sich auf Raumtemperatur abkühlen konnte.

Beispiel 12C

[0204] Die Probe wurde an einem Al-Block befestigt und unter Verwendung von Halogenglühbirnen, die den Block erhitzten, schrittweise erhitzt. Die nachfolgende Tabelle führt die Einzelheiten hinsichtlich der Erhitzung auf.
[0205]

Tabelle

Zeit (Minuten)	Temperatur (°C)
0	21
0–5	21–75
5–8	75
8–14	75–120
14–17	120
17–20	120–151
20–29	151
29–30	151–165
30–44	165
44–47	165–145
47–54	145–104
54–150	104–21
150	21

Beispiel 12D

[0206] Die Probe wurde wie in Beispiel 10A erhitzt, und zwar mit den folgenden Ausnahmen: die Entfernung der Probenoberfläche von den Lampenfäden betrug 35 mm, und die Lampen wurden 90 Sekunden lang eingeschaltet und dann 60 Sekunden lang mit einer Frequenz von 1,43 Hz bei einer Impulsdauer von 0,72 Sekunden zyklisch betrieben.

Beispiel 12E

[0207] Die Probe wurde wie in Beispiel 12D behandelt.
[0208] Tabelle 12 zeigt das Raumtemperatur/Keimbildungsfeld, Koerzitivfeldstärke und die Kerr-Rotationen, abgeleitet von polaren Kerr-Schleifen-Spuren, für die oben beschriebenen Proben vor und nach den thermischen Behandlungen.

TABELLE

Beispiel	H_c (kOe)	H_n (kOe)	θk (°)
Wie abgeschieden:			
12A	1,21	1,14	0,1
12B	1,13	1,05	0,1
12C	3,19	3,11	0,19
12D	3,29	2,92	0,15
12E	3,07	2,92	0,21
Thermisch behandelt:			
12A	2,1	1,97	0,11
12B	2,04	1,94	0,09
12C	4,79	4,54	0,18
12D	4,84	4,69	0,14
12E	4,39	4,23	0,18

BEISPIEL 13

[0209] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 1A vorgegangen, um die Mehrfachschichtstrukturen herzustellen.
[0210] Die Proben wurden wie in Beispiel 7E thermisch behandelt, doch in in der folgenden Tabelle beschriebenen Atmosphären.
[0211] Folgendes waren die Ergebnisse:

Beispiel	Umgebung	Druck (mb)	Koerzitivfeldstärke nach Abscheidung	Koerzitivfeldstärke nach thermischer Behandlung
13A	Luft	1013	3,51	5,24
13B	Luft	2,0	3,24	3,92
13C	Luft	$3,5x10^{-2}$	3,36	3,20
13D	N_2	1013	3,55	3,52
13E	He	1013	3,29	3,10
13F	95% He 5% O_2	1013	3,05	4,52
13G	10% H_2 90% N_2	1013	3,22	2,55

BEISPIEL 14

Erhaltene Eigenschaften: Rechteckige polare Kerr-Hystereseschleife Raumtemperatur-Koerzitivfeldstärke von 1,67 kOe Polare Kerr-Rotation 0,07°

[0212] Ein vorgereinigtes Glassubstrat wurde an einer Substrattafel in einer Vakuumkammer montiert, und die Kammer wurde bis auf einen Basisdruck von $2,7 \times 10^{-6}$ mb gepumpt.
[0213] Reines Ar-Gas wurde in eine gepumpte Kammer dosiert, damit man einen Druck von $1,5 \times 10^{-2}$ mb erhielt, und dem System wurde mehrere Minuten lang gestattet, ins Gleichgewicht zu kommen. („Gasäquilibrierung I").
[0214] Die achtflächige Substrattafel mit einer Gesamtoberfläche von 2960 cm^2 war 11 cm von der Palladium-Sputterquelle und 11 cm von der Kobalt-Sputterquelle angeordnet und wurde mit 6 UpM gedreht, während 7 Minuten lang 1000 Watt konstanter HF-Leistung bei 13,56 MHz, gleich 0,34 Wcm^{-2}, an die Tafel angelegt

wurden, wodurch die Tafel bezüglich Massepotential auf eine negative Vorspannung von etwa 265 V gelegt wurde („Hochtemperaturbehandlung S1").

[0215] Die Substrattafel war durch Blenden von einer ebenen Magnetronquelle, die mit einem 8" × 4" Pd-Ziel bestückt war, verdeckt, und 155 W Gleichstromleistung wurden mehrere Minuten lang an die Sputterquelle angelegt, um das Sputterziel zu reinigen und einen eingeschwungenen Betriebszustand herzustellen („Zielvorkonditionierungsstufe").

[0216] Dann wurde die Pd-Zwischenschicht in fünf sequentiellen Durchgängen durch die Pd-Sputterquelle abgeschieden, wodurch man eine Gesamtdicke von etwa 50 Å erhielt. Der Sputterelektrode wurden 155 W Leistung zugeführt, die Elektrodenvorspannung betrug –353 V bezüglich Massepotential. Das Substrat befand sich bezüglich Massepotential auf einem negativen Potential von 15 bis 18 V. Der Abstand zwischen Substrat und Ziel betrug 11 cm, und die Tafel wurde mit 6 UpM gedreht („Pd-Zwischenschichtabscheidung").

[0217] Die Oberfläche der Pd-Zwischenschicht wurde dann durch Anlegen von HF-Leistung (13,56 MHz) an die Substrattafel mit hoher Temperatur behandelt. Fünf Minuten lang wurden 200 W HF-Leistung angelegt, wodurch man eine Tafelvorspannung bezüglich Massepotential von –110 V erhielt, wobei sich die Substrattafel mit 6 UpM drehte („Hochtemperaturbehandlung S2").

[0218] Der Ar-Gasdruck wurde auf $2{,}5 \times 10^{-2}$ mb eingestellt.

[0219] Die Quelle des Co-Flusses für die Herstellung der gewünschten Mehrfachschichtstruktur wurde durch eine planare HF-Magnetronquelle geliefert, die direkt gegenüber angeordnet war, aber einer planaren Gleichstrom-Magnetron-Pd-Quelle zugewandt war. Der Fluß von beiden Quellen war durch die zwischen ihnen positionierte Substrattafel verdeckt. Es wurde ein dünnes Kobaltziel verwendet (8" × 4" × 1 mm), um den Magnetronsputtereffekt zu verbessern. Bei von beiden Sputterquellen verdeckten Substraten wurde Leistung an jede Quelle angelegt, und zwar mit dem Wert, der für die jeweiligen Abscheidungsraten von Pd beziehungsweise Co erforderlich ist, um die Mehrfachschichtstruktur herzustellen. Diese Situation wurde mehrere Minuten lang beibehalten, was die Äquilibrierung der Sputterquellen bei den entsprechenden Leistungseinstellungen für die erforderlichen Abscheidungsraten ermöglichte („Zielvorkonditionierung vor der Mehrfachschichtabscheidung").

[0220] Die die Substrattafel verdeckende Blende wurde so entfernt, daß Fluß von beiden Quellen auf die Tafel auftraf, und die Substrate wurden an den Quellen vorbei gedreht, wodurch eine abwechselnde Struktur aus Pd- und Co-Schichten erzeugt wurde. Mit der ersten und letzten Schicht aus Pd wurde bei 8,5 Drehungen der Tafel eine Struktur von insgesamt 17 Schichten erzielt. Die Tafel drehte sich mit 6 UpM, und an die Kobalt-Sputterelektrode wurde eine konstante HF-Leistung angelegt, damit man pro Substratdurchgang eine Abscheidung einer etwa 3 Å dicken Co-Schicht erhielt. Mit einer an die Pd-Sputterelektrode angelegten konstanten Gleichstromleistung erhielt man pro Durchgang eine etwa 9 Å dicke Pd-Schicht. („Mehrfachschichtabscheidung").

[0221] 140 W Gleichstromleistung wurden an die Pd-Sputterelektrode angelegt, wodurch man am Pd-Ziel eine Vorspannung von –320 V erhielt. Mit 400 W HF-Leistung wurde eine Eigenvorspannung von –570 V bezüglich Massepotential am Co-Ziel erhalten. Das Substrat befand sich bezüglich Massepotential auf einem negativen Potential von 5 V.

[0222] Das Glassubstrat mit der abgeschiedenen Mehrfachschicht wurde aus der Sputterkammer entfernt. Die polare Kerr-Schleife für diese Probe ist in **Fig.** 14 gezeigt.

BEISPIEL 15

[0223] Es wurde nach der Vorgehensweise von Beispiel 14 vorgegangen, mit den folgenden Änderungen:

[0224] In der Stufe „Zwischenschichtabscheidung" wurden etwa 50 Å dicke Pt- oder Pd- oder Co- oder Ag- oder Au-Zwischenschichten auf eine Weise abgeschieden, wie sie für die in vorausgegangenen Beispielen gezeigte Pt-Zwischenschicht beschrieben wurde, wobei die an das Sputterziel angelegte Leistung, die Anzahl der Zieldurchläufe und die Geschwindigkeit der Drehung der Substrattafel entsprechend nachgestellt wurden, um eine Zwischenschichtdicke von 50 Å zu erreichen.

[0225] Es wurden die folgenden Eigenschaften erzielt:

Zwischenschicht	Pt	Pd	Co	Ag	Au
H_c (kOe)	2,46	1,64	1,03	3,25	2,42
θ_k (°)	0,06	0,05	0,14	-0,01	0,02

[0226] Die Probe mit der Pt-Zwischenschicht wurde an einem Al-Block befestigt, der dann durch Halogenglühbirnen erhitzt wurde. Die Probe wurde schrittweise von 19°C auf 83°C auf 120°C auf 150°C erhitzt. Nach jedem Schritt konnte die Probe 3 Minuten lang einschwingen; nach dem letzten Heizschritt konnte sie 13 Minuten lang einschwingen. Dann wurde die Probe unter Verwendung von Zwangsluftkühlung in 12 Minuten auf 22°C abgekühlt.

[0227] Nach der thermischen Behandlung erhielt man folgende Werte für H_c und θk

H_c (kOe)	3,27
θ_k (°)	0,05

Patentansprüche

1. Prozeß zur Herstellung von Mehrfachschichtfilmen aus Metall mit einer senkrechten magnetischen Anisotropie, der folgendes umfaßt:
i) Sputterabscheiden einer Metallzwischenschicht mit einer Abscheidungsdicke von bis zu 200 Å auf ein Substratmaterial und
ii) Sputterabscheiden einer Metallmehrfachschicht auf der Zwischenschicht,
dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat und/oder die Metallzwischenschicht einer Hochtemperaturbearbeitung unterzogen wird bzw. werden, und zwar durch die Anlegung einer HF-Anregung oder Gleichstromvorspannung an die Substrattafel in einer Niederdruckatmosphäre oder durch Anordnen des Substrats oder der Zwischenschicht in der Nähe einer Plasmaquelle in einer Niederdruckatmosphäre oder durch Teilchenbeschuß von Teilchenkanonen wie etwa Ionen- oder Atomkanonen, wobei die Hochtemperaturbearbeitung die Oberflächeneigenschaften des Substrats und/oder der Zwischenschicht vor dem Abscheiden der Zwischenschicht oder der Mehrfachschicht beeinflußt und wobei die Hochtemperaturbearbeitung der Zwischenschicht, falls die vorliegt, gleichzeitig mit oder nach dem Abscheiden der Zwischenschicht durchgeführt wird.

2. Prozeß nach Anspruch 1, bei dem sowohl das Substratmaterial als auch die Metallzwischenschicht der Hochtemperaturbearbeitung unterzogen werden.

3. Prozeß nach Anspruch 1 oder 2, bei dem bei dem Sputterabscheiden der Mehrfachschicht die Zwischenschicht mit Teilchen mit einer niedrigen Auftreffenergie beschossen wird.

4. Prozeß nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Sputterabscheiden der Metallzwischenschicht in einem Gas ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Ar, Kr und Xe durchgeführt wird.

5. Prozeß nach Anspruch 4, bei dem das Sputterabscheiden der Metallzwischenschicht in Ar durchgeführt wird.

6. Prozeß nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Sputterrate der Metallzwischenschicht bis zu 100 Å/s Metall beträgt.

7. Prozeß nach Anspruch 6, bei dem die Sputterrate der Metallzwischenschicht bis zu 10 Å/s Metall beträgt.

8. Prozeß nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Sputterabscheiden der Mehrfachschicht in einem Gas oder einem Gemisch von Gasen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Ar, Kr und Xe durchgeführt wird.

9. Prozeß nach Anspruch 8, bei dem das Sputterabscheiden der Mehrfachschicht in Ar durchgeführt wird.

10. Prozeß nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Sputterrate der Mehrfachschicht bis zu 20 Å/s Metall beträgt.

11. Prozeß nach einem der Ansprüche 1 bis 10, der auch einen Nachabscheidungsschritt der Wärmebehandlung der Mehrfachschicht umfaßt.

12. Prozeß nach Anspruch 11, bei dem der Wärmebehandlungsschritt in Anwesenheit von Sauerstoff durchgeführt wird.

13. Prozeß nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Metallmehrfachschicht aus Platin und Kobalt besteht.

14. Prozeß nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Metallmehrfachschicht aus Palladium und Kobalt besteht.

Es folgen 23 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

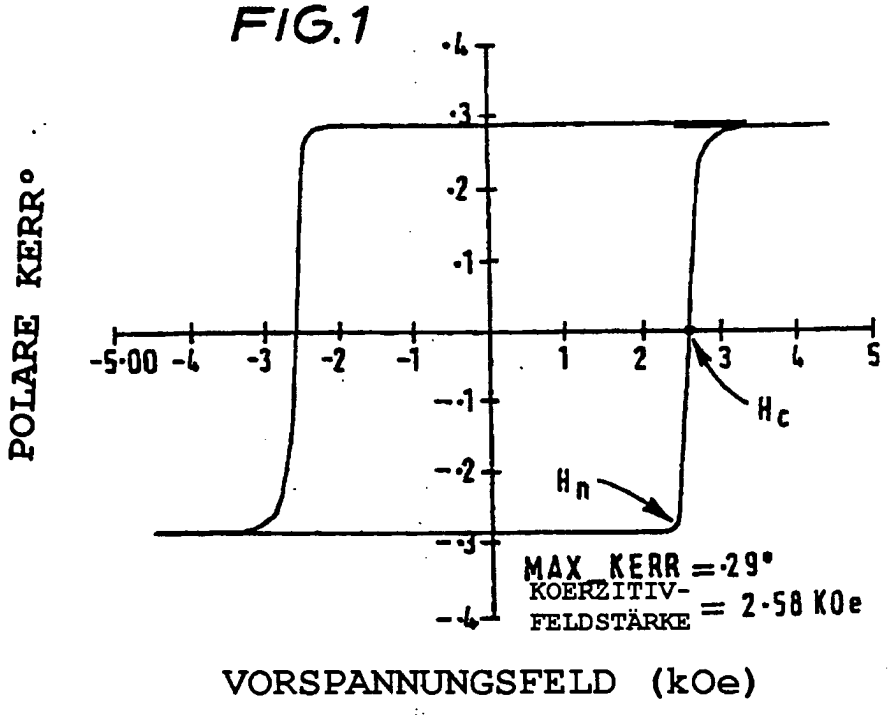


FIG.1A

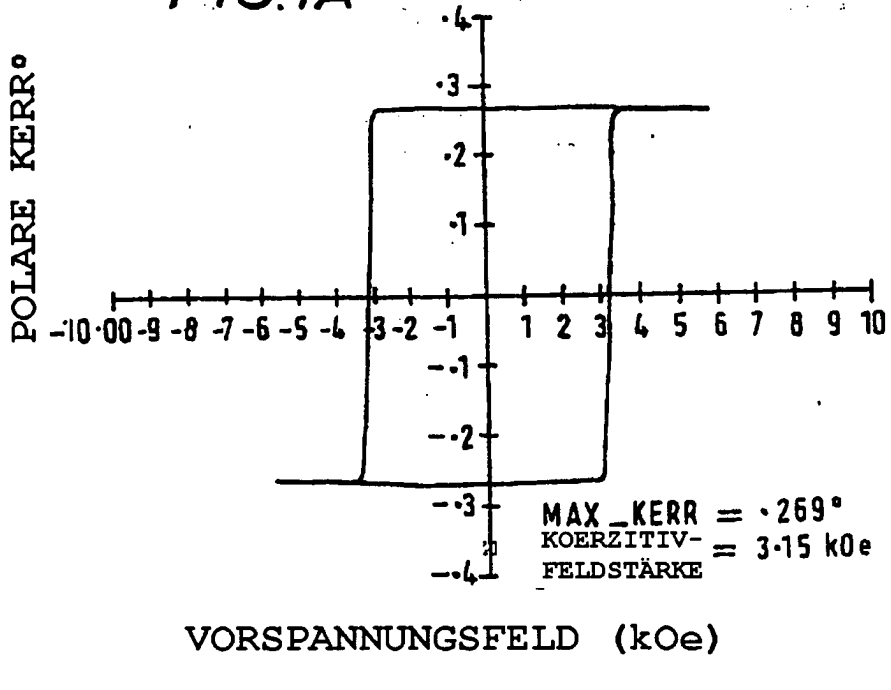


FIG.1B

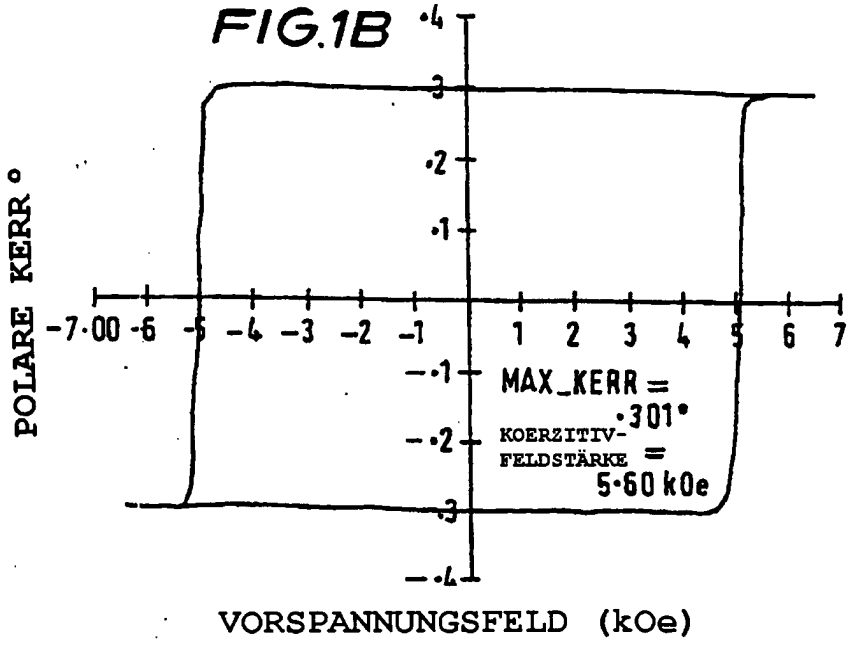


FIG.1B (i)

POLARE KERRSCHLEIFE DURCH SUBSTRAT

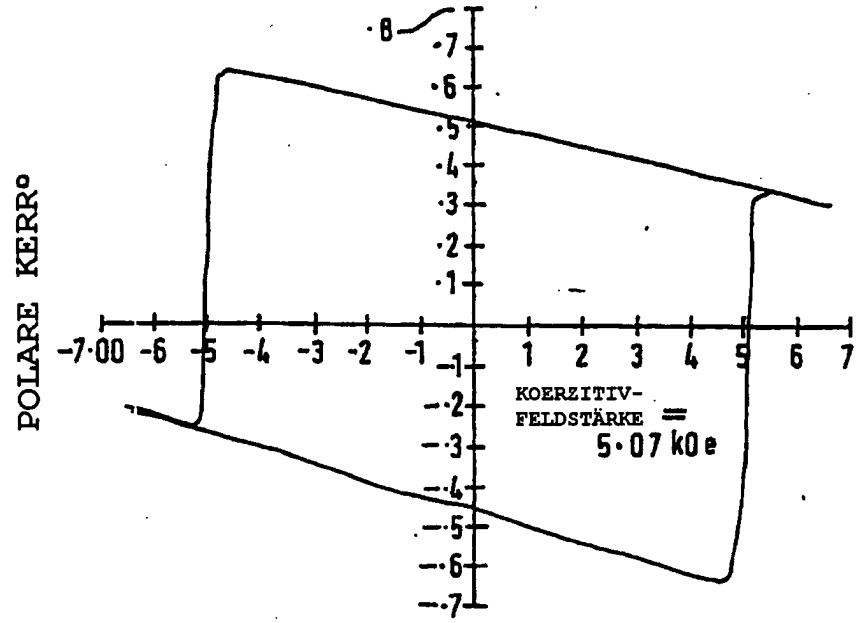


FIG.1C

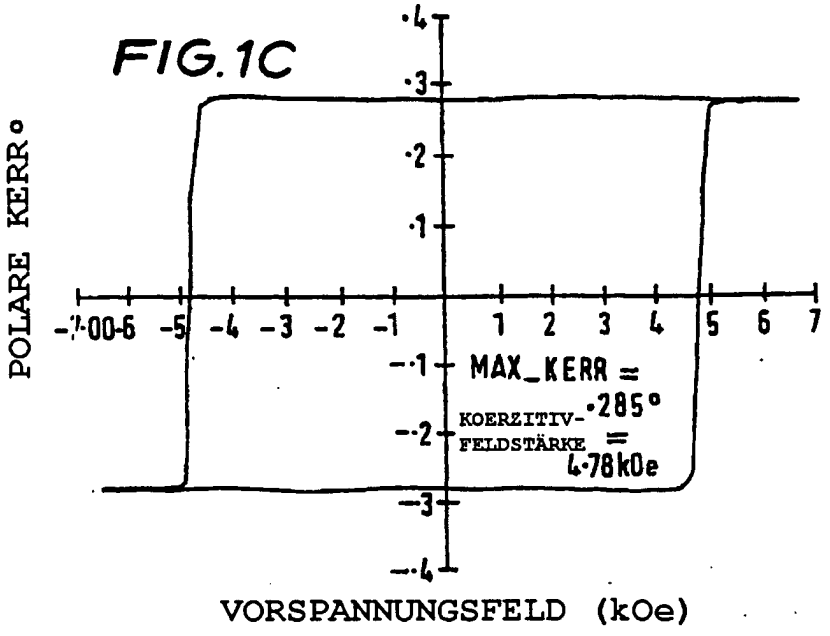


FIG.1C(i)

POLARE KERRSCHLEIFE DURCH SUBSTRAT

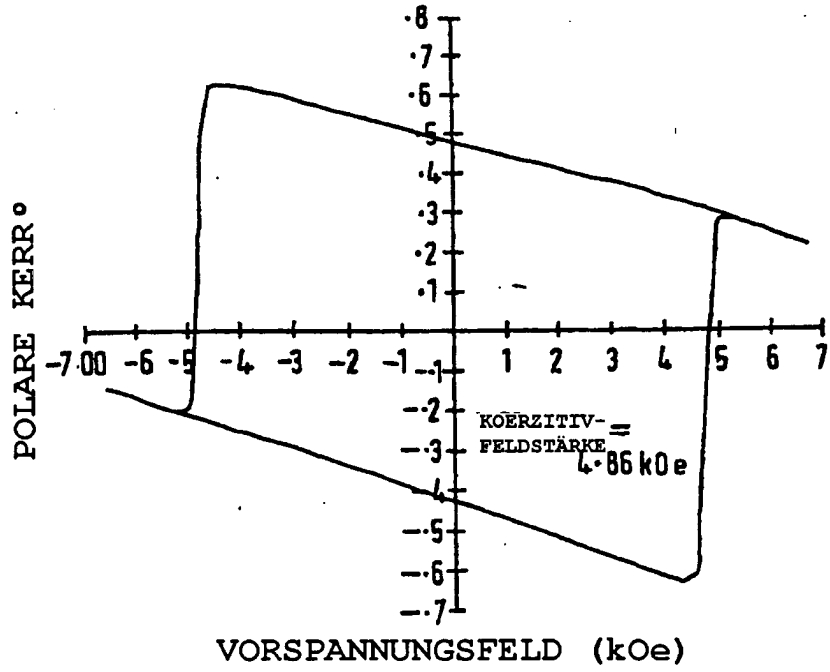


FIG. 2

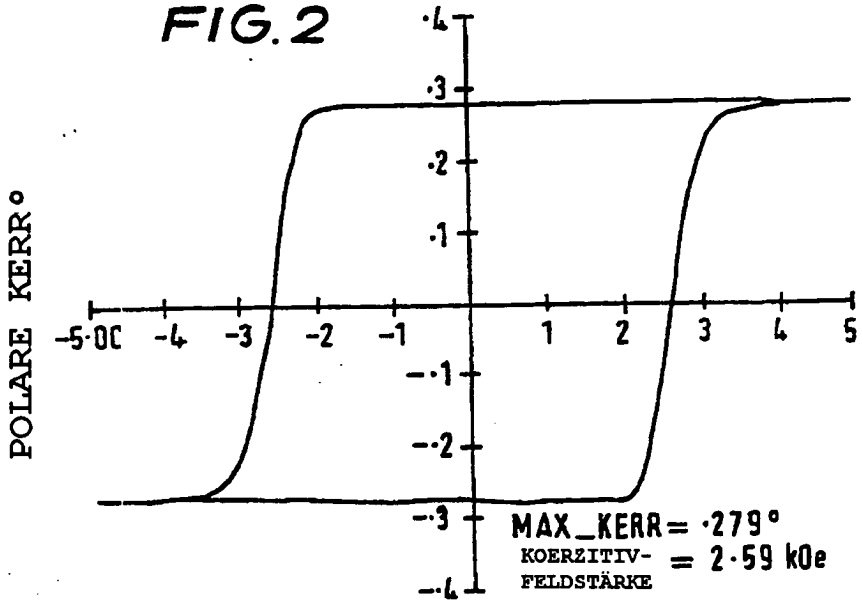

POLARE KERR°
·4
·3
·2
·1
-5·0C
-4
-3
-2
-1
1
2
3
4
5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR= ·279°
KOERZITIV- = 2·59 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 2A

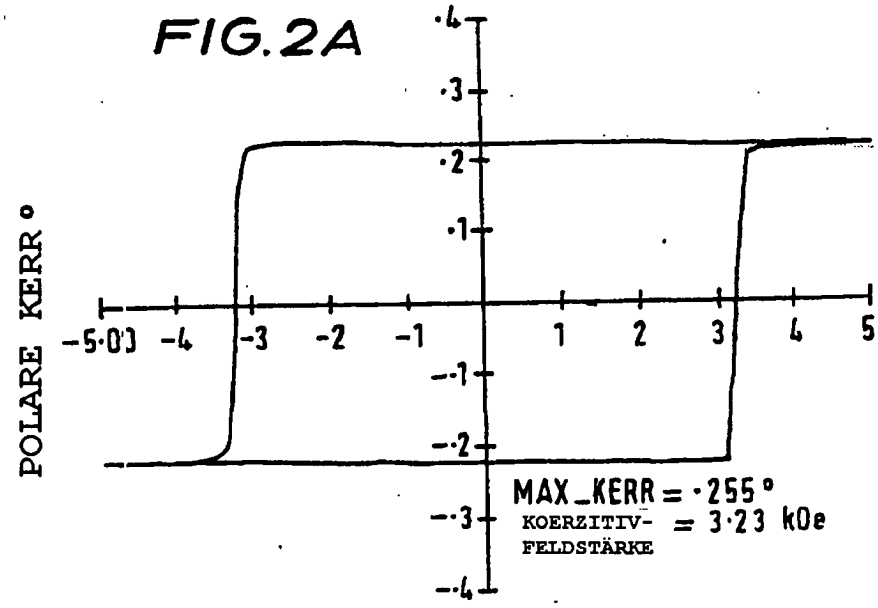

POLARE KERR°
·4
·3
·2
·1
-5·0
-4
-3
-2
-1
1
2
3
4
5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR= ·255°
KOERZITIV- = 3·23 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 4

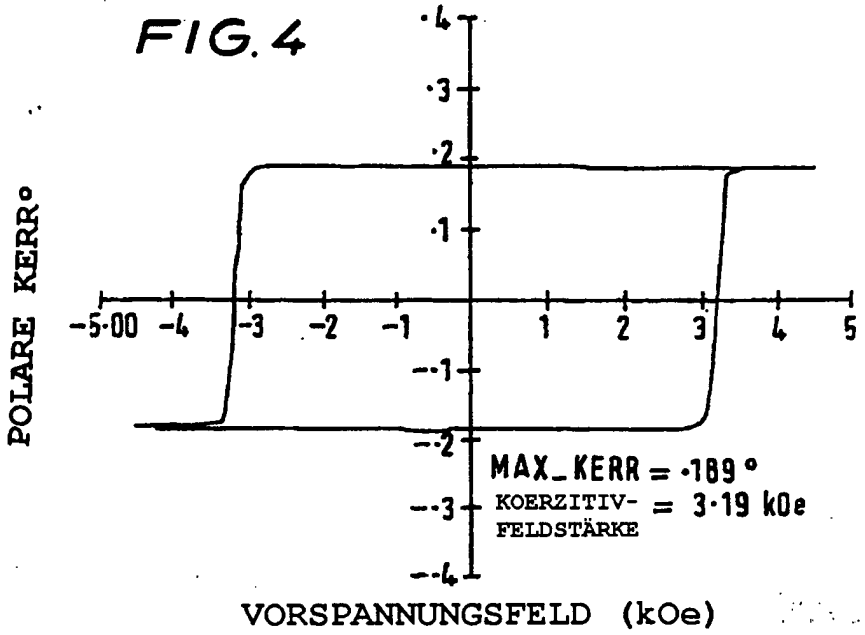

POLARE KERR°
·4
·3
·2
·1
-5·00 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·189°
KOERZITIV- = 3·19 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 4A

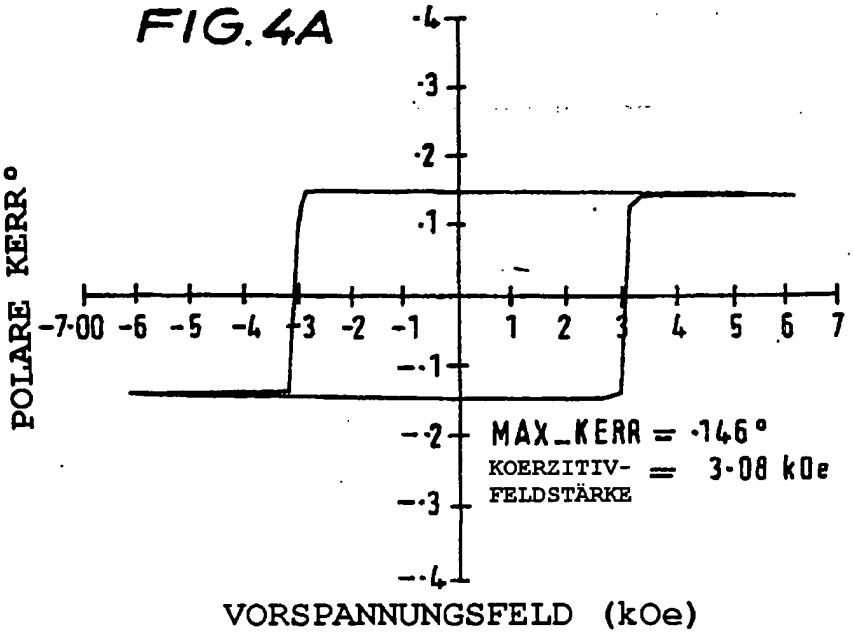

POLARE KERR°
·4
·3
·2
·1
-7·00 -6 -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5 6 7
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·146°
KOERZITIV- = 3·08 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 5

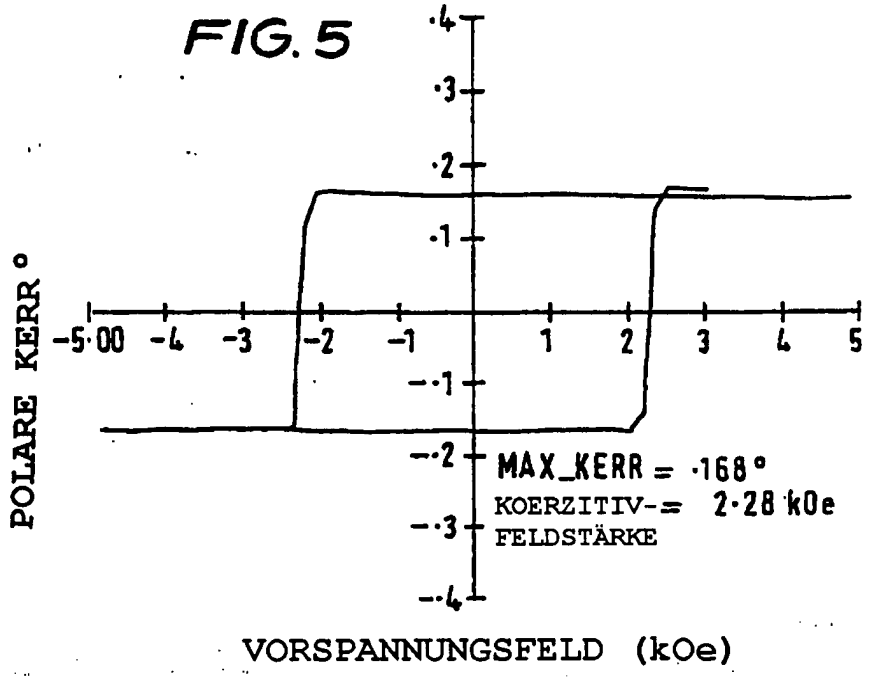

POLARE KERR °
·4
·3
·2
·1
-5·00 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·168°
KOERZITIV-= 2·28 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 6A

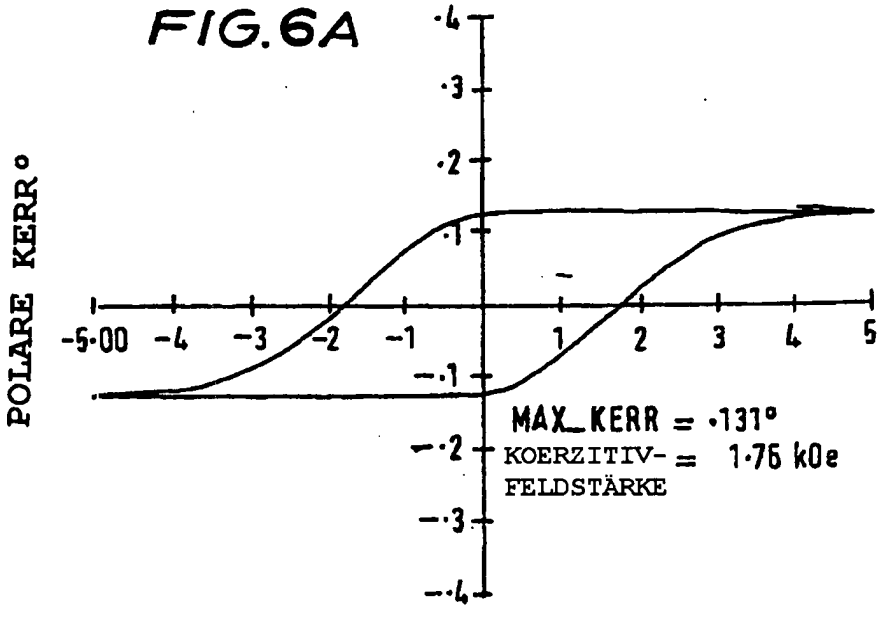

POLARE KERR °
·4
·3
·2
·1
-5·00 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·131°
KOERZITIV-= 1·76 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.6B

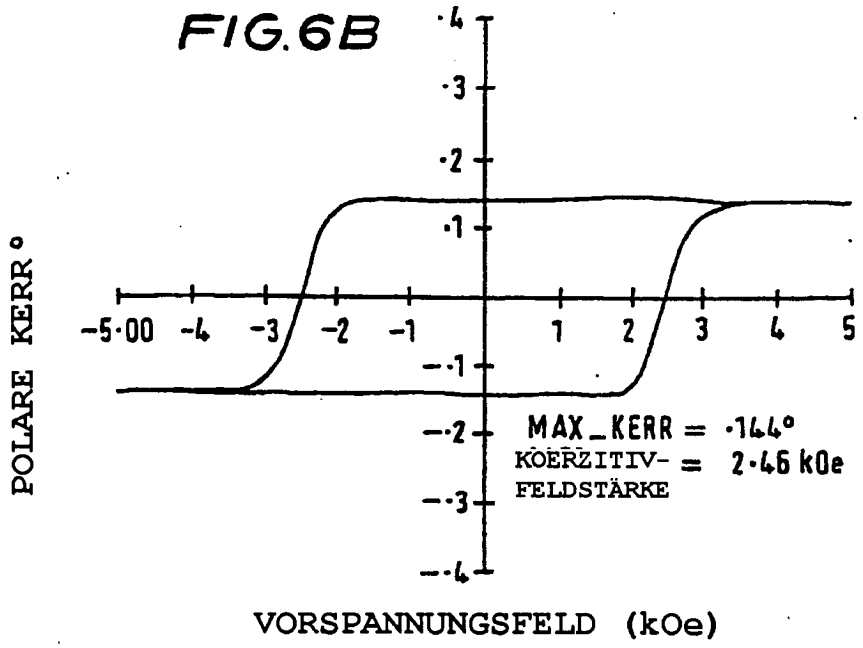

POLARE KERR°
·4
·3
·2
·1
-5·00 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·144°
KOERZITIV- = 2·46 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.6C

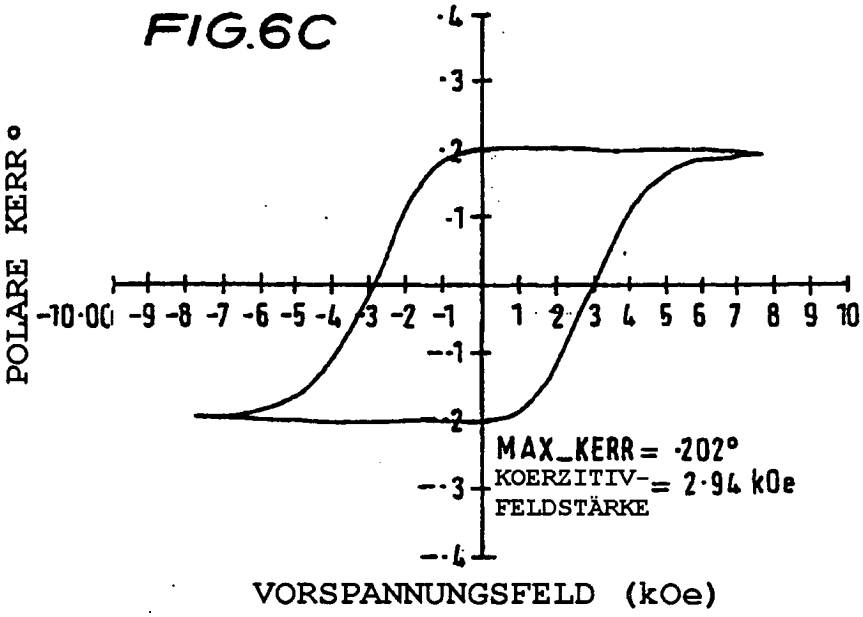

POLARE KERR°
·4
·3
·2
·1
-10·00 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·202°
KOERZITIV- = 2·94 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.6D

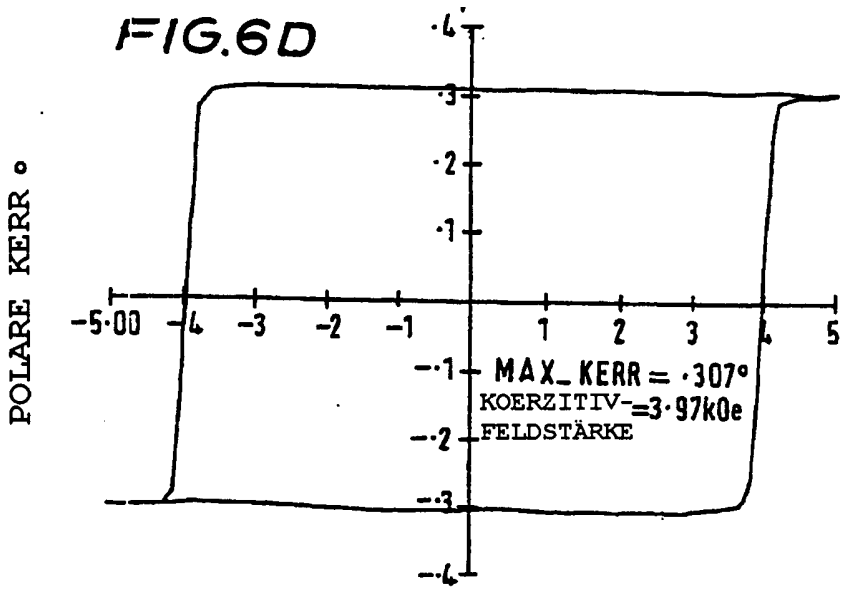

POLARE KERR °
·4
·3
·2
·1
-5·00 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·307°
KOEZITIV-=3·97kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.8A

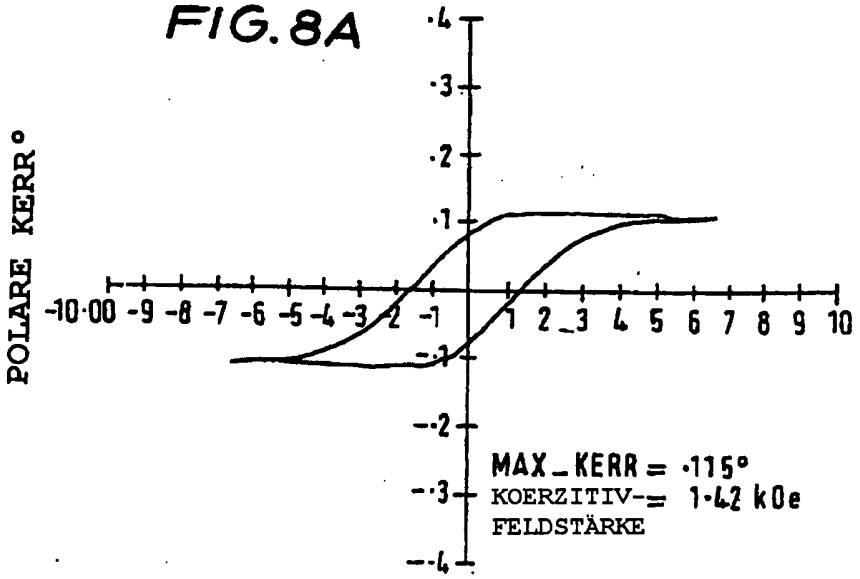

POLARE KERR °
·4
·3
·2
·1
-10·00 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·115°
KOERZITIV-= 1·42 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.8B

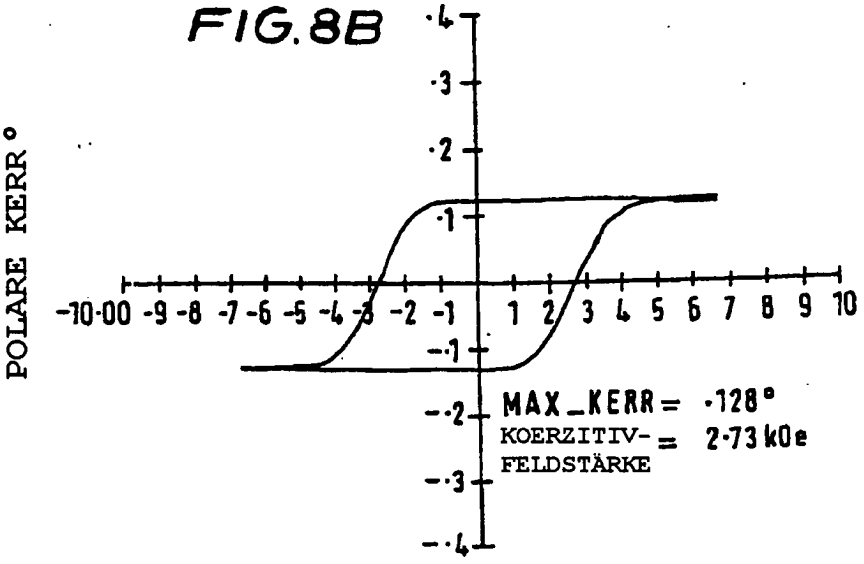

POLARE KERR °
·4
·3
·2
·1
-10·00 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·128°
KOERZITIV- = 2·73 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.8C

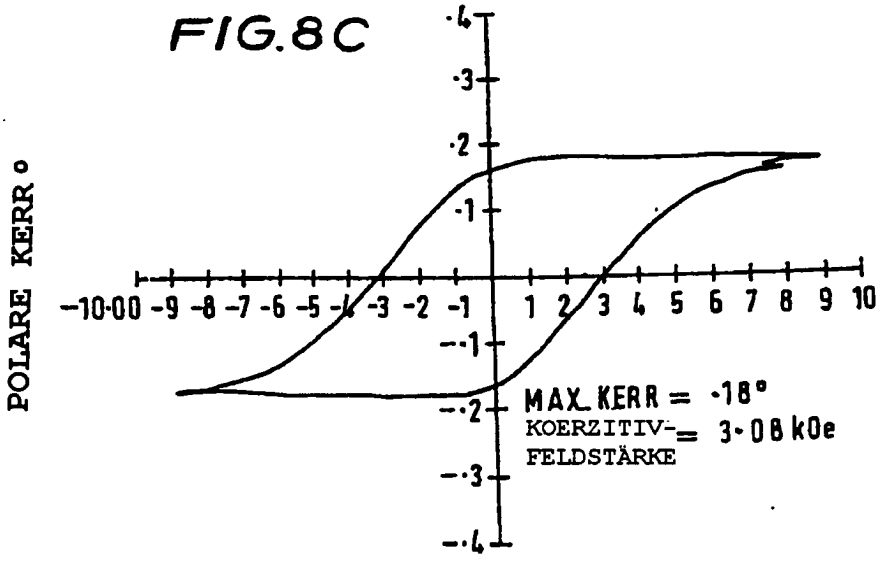

POLARE KERR °
·4
·3
·2
·1
-10·00 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·18°
KOERZITIV- = 3·08 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 8D

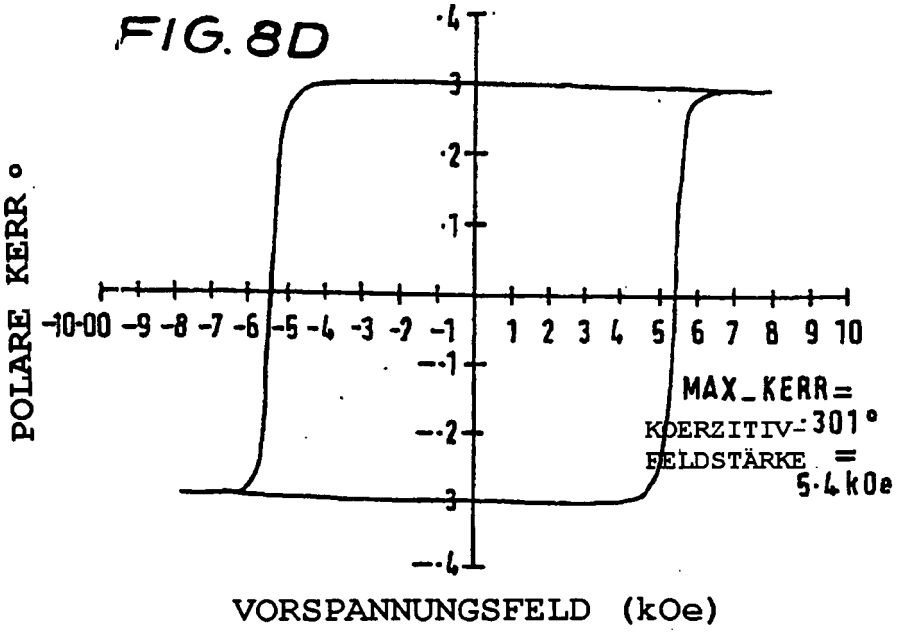

POLARE KERR °
·4
3
·2
·1
-10·00 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
-·1
-·2
-3
-·4
MAX_KERR=
KOERZITIV-301°
FELDSTÄRKE =
5·4kOe
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 8E

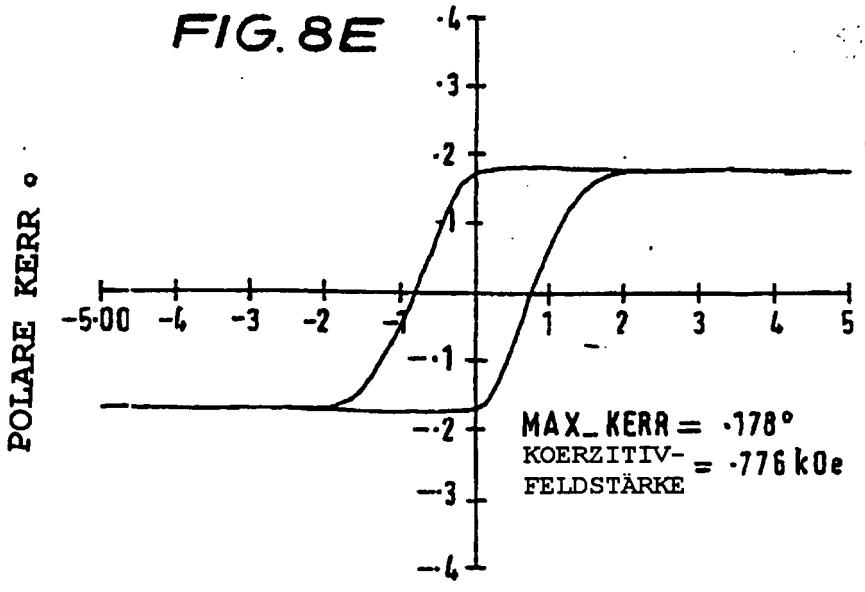

POLARE KERR °
·4
·3
·2
1
-5·00 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-3
-·4
MAX_KERR = ·178°
KOERZITIV- = ·776kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.8F

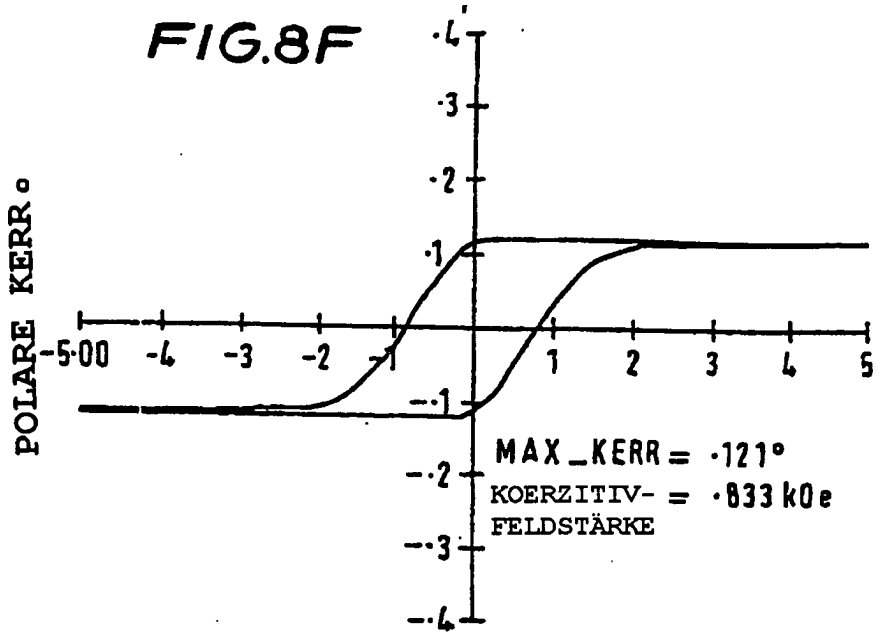

POLARE KERR°
·4
·3
·2
·1
-5·00
-4
-3
-2
-1
1
2
3
4
5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·121°
KOERZITIV- = ·833 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.8G

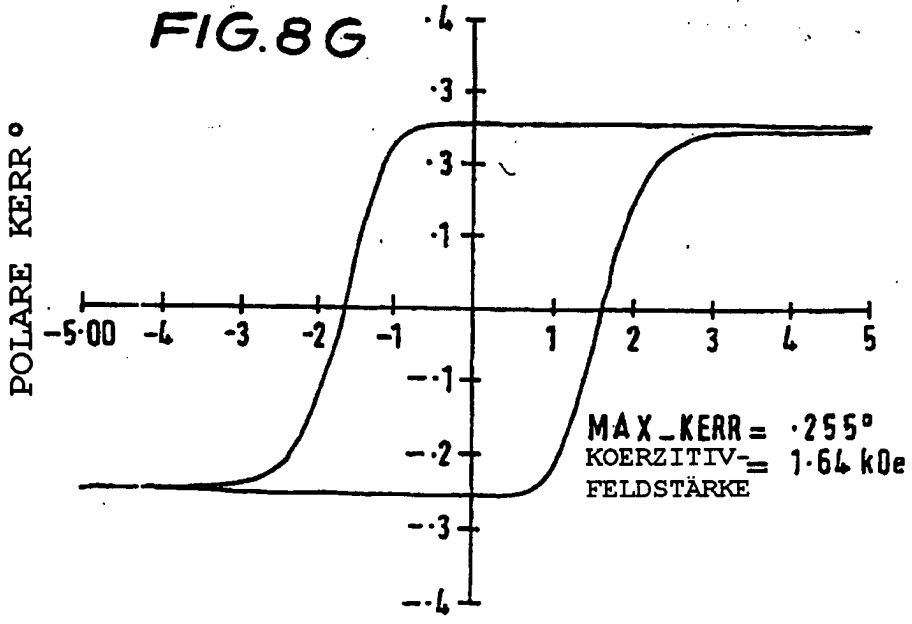

POLARE KERR°
·4
·3
·3
·1
-5·00
-4
-3
-2
-1
1
2
3
4
5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·255°
KOERZITIV- = 1·64 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 8H

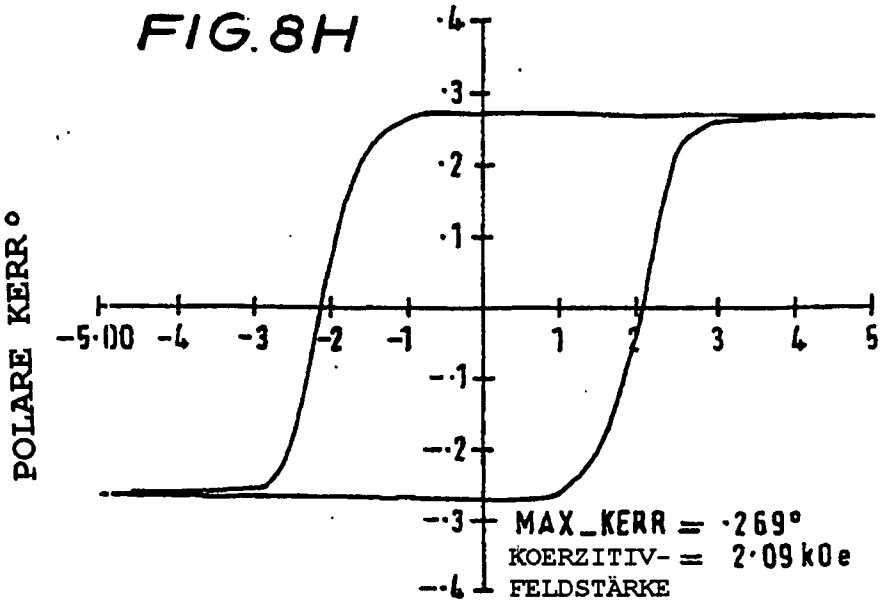

POLARE KERR °
·4
·3
·2
·1
-5·00 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·269°
KOERZITIV- = 2·09 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 8I

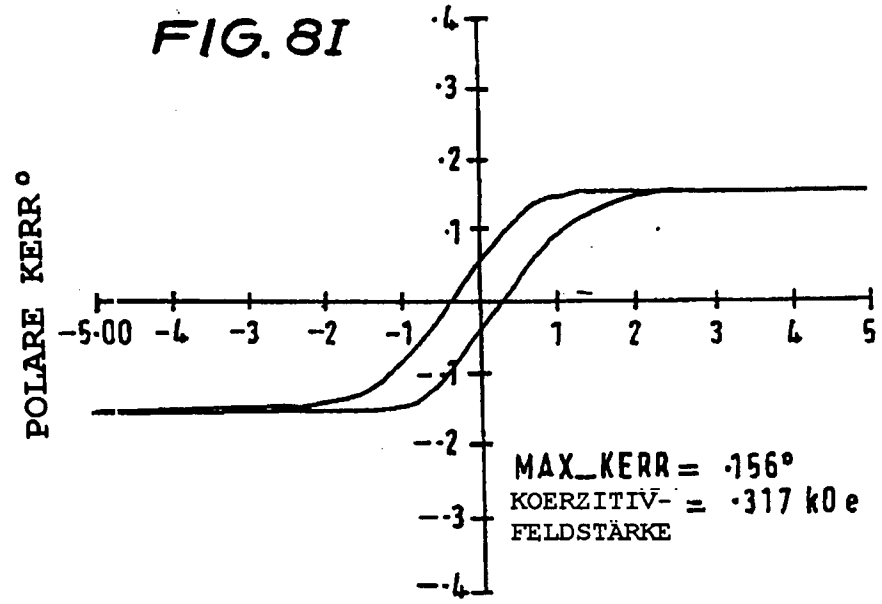

POLARE KERR °
·4
·3
·2
·1
-5·00 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·156°
KOERZITIV- = ·317 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.8J

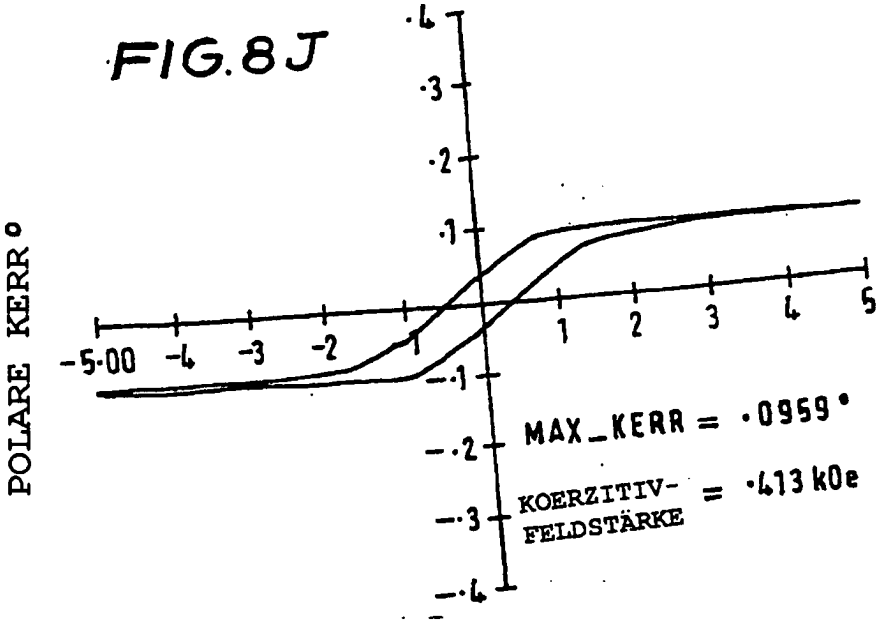

POLARE KERR°
·4
·3
·2
·1
-5·00 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·0959°
KOERZITIV- = ·413 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG.8K

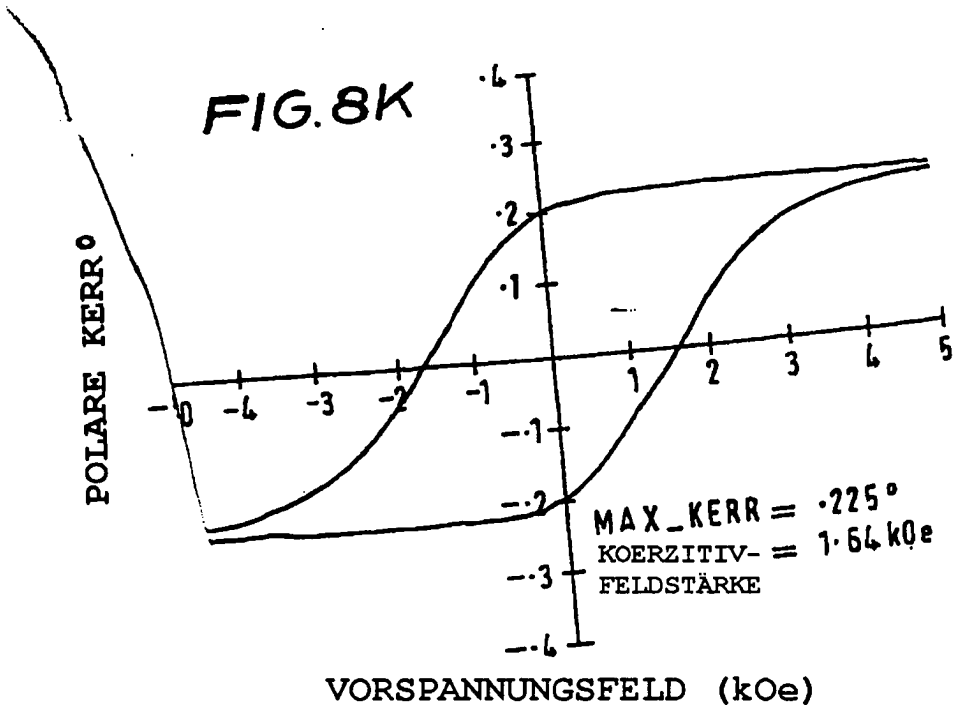

POLARE KERR°
·4
·3
·2
·1
-5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5
-·1
-·2
-·3
-·4
MAX_KERR = ·225°
KOERZITIV- = 1·64 kOe
FELDSTÄRKE
VORSPANNUNGSFELD (kOe)

FIG. 8L

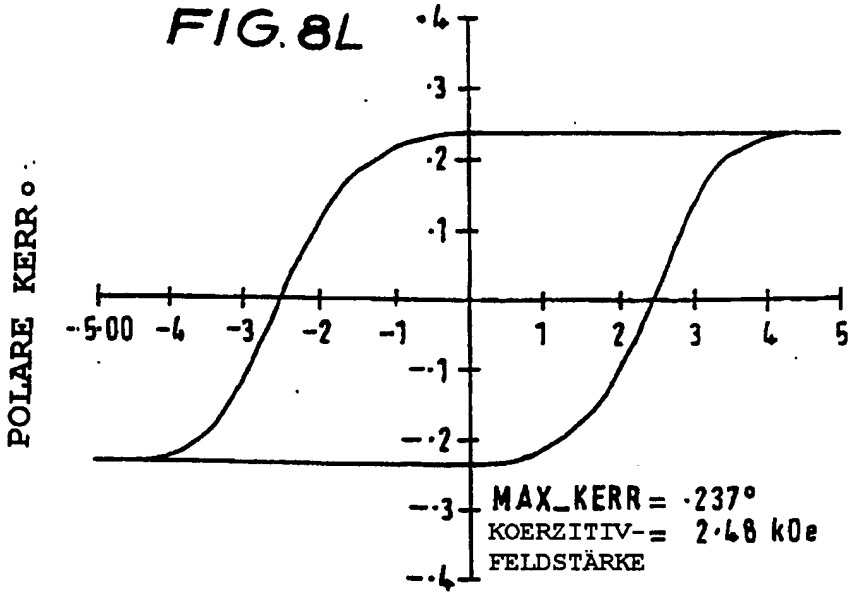


FIG. 9A(i)

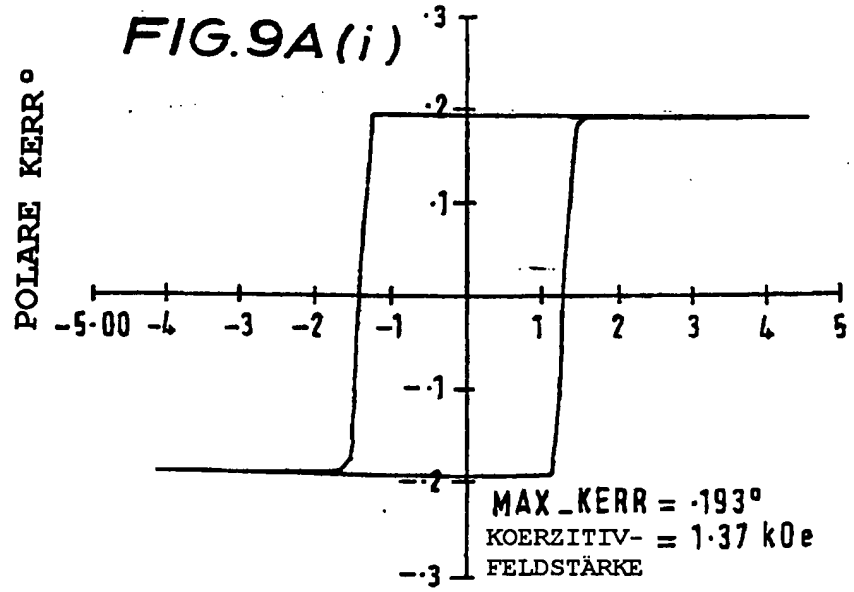


FIG. 9A(ii)

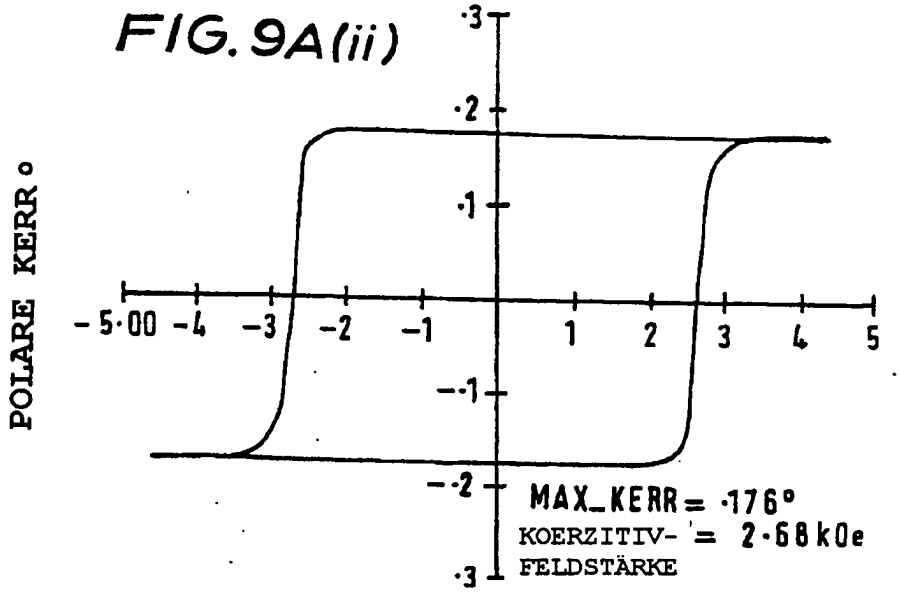


FIG. 9B(i)

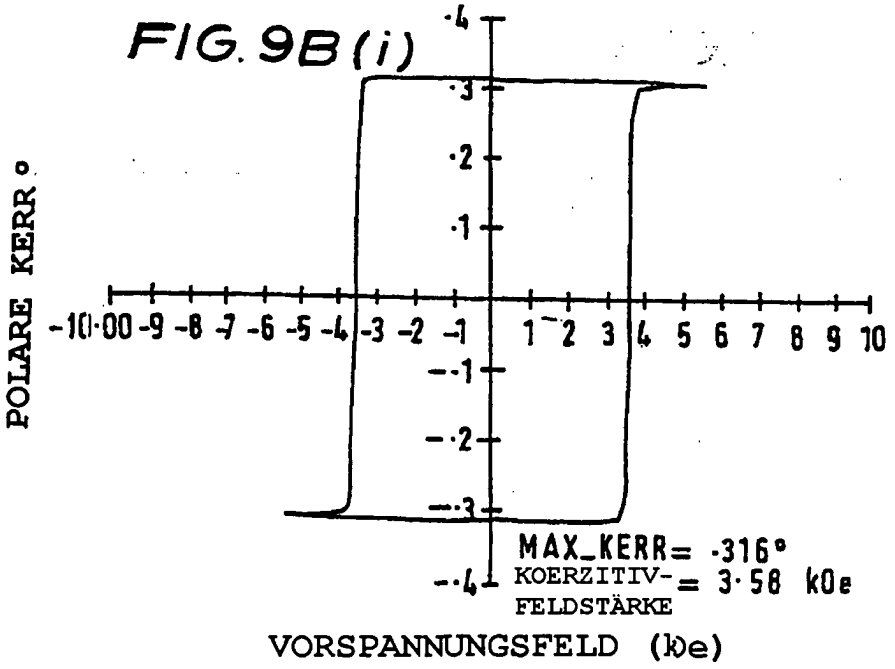


FIG.9B(ii)

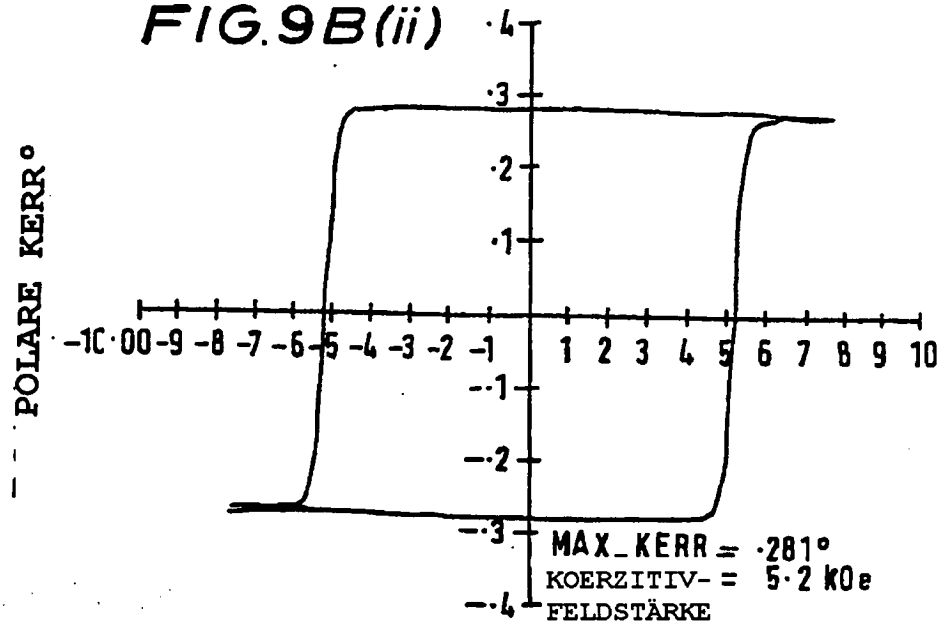


FIG.9C(i)

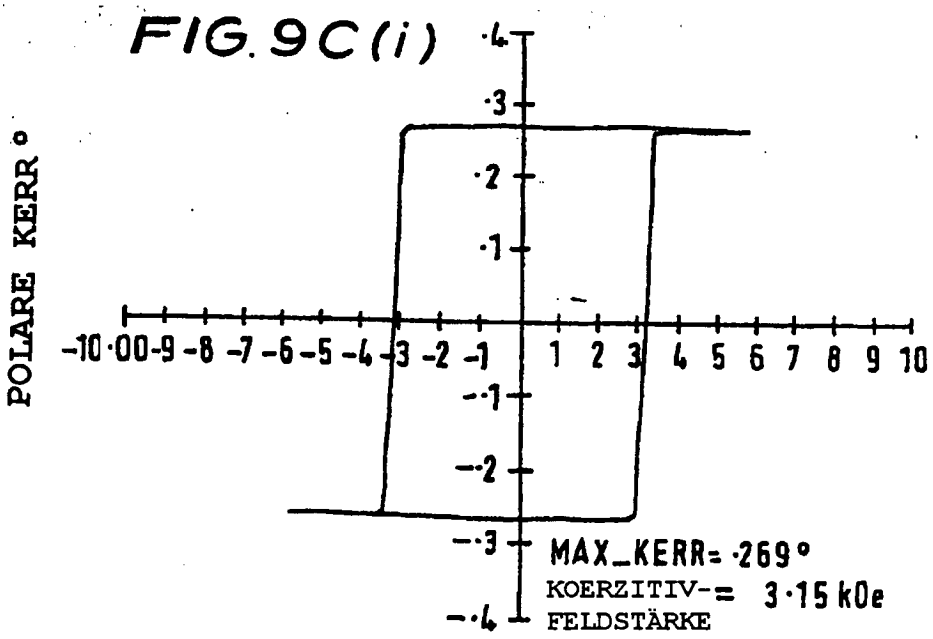


FIG. 9C(ii)

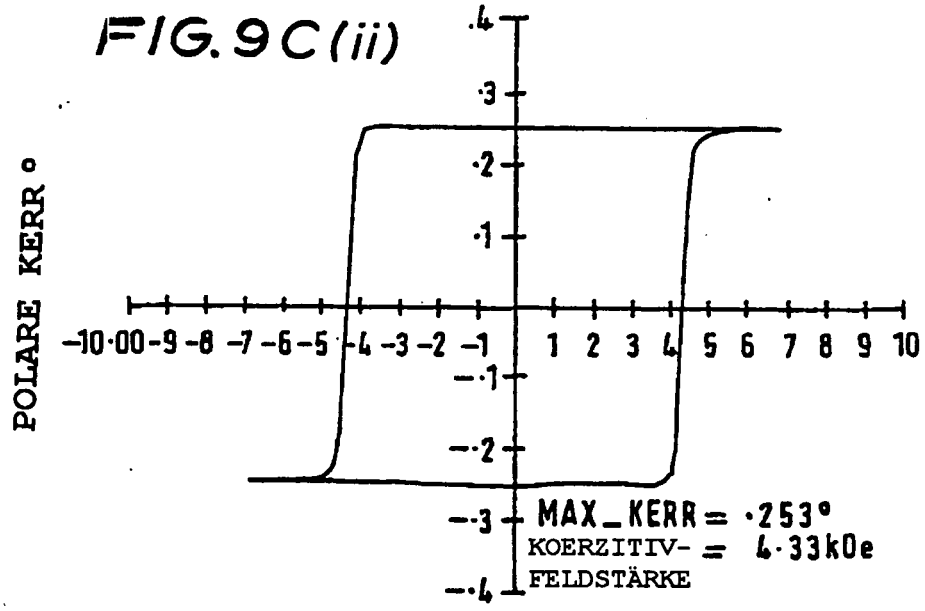


FIG. 9C(iii)

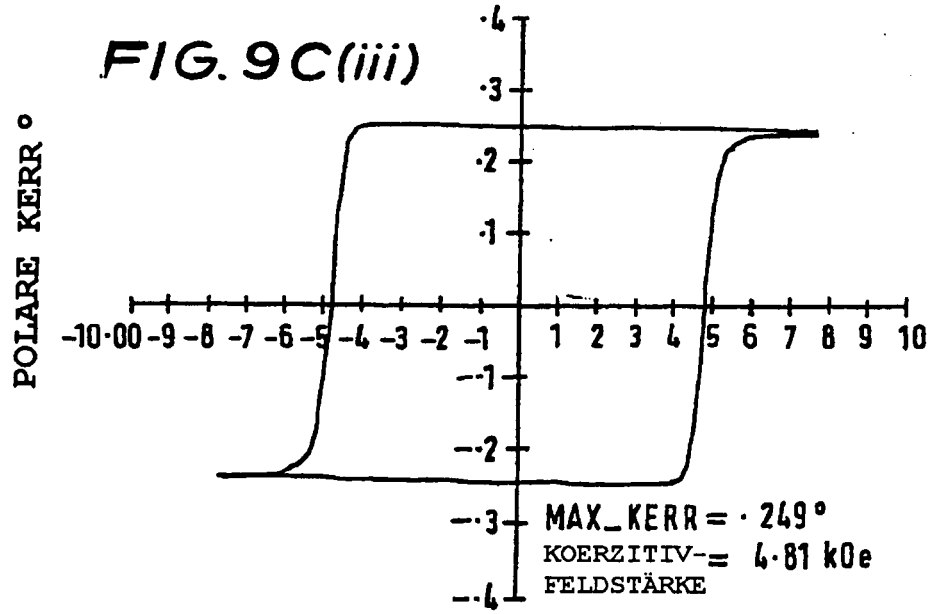


FIG.9C(iv)

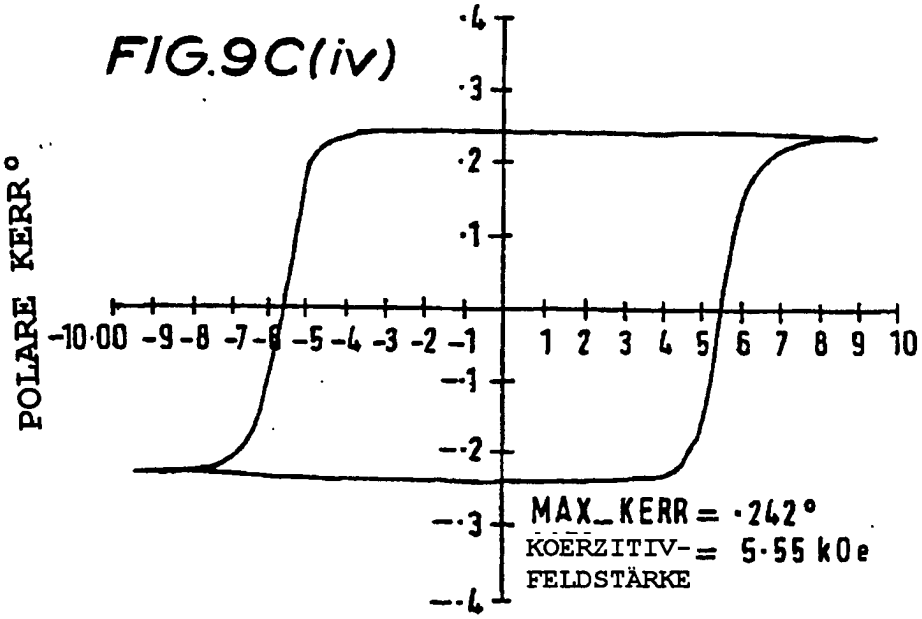


FIG.9C(v)

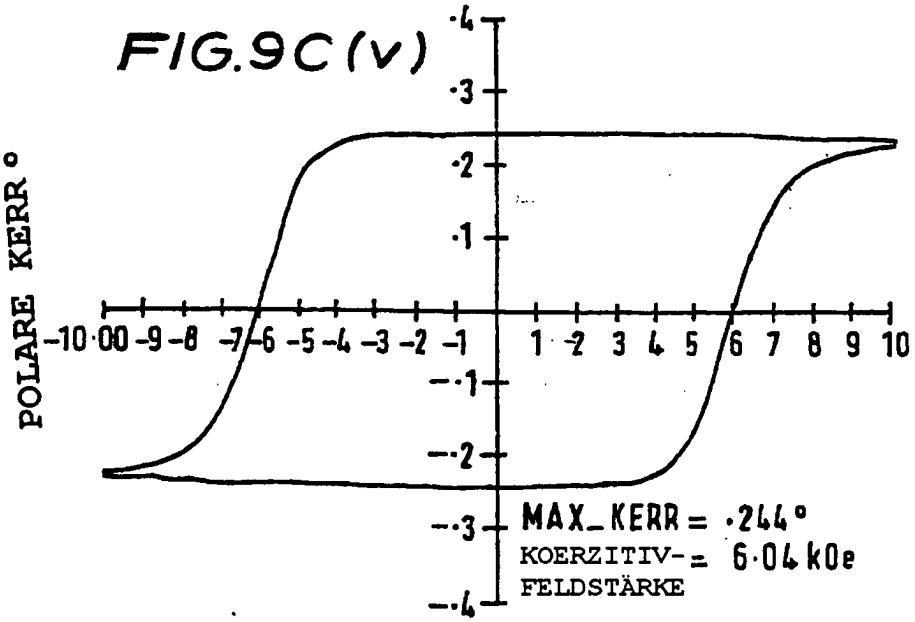


FIG.10A(i)

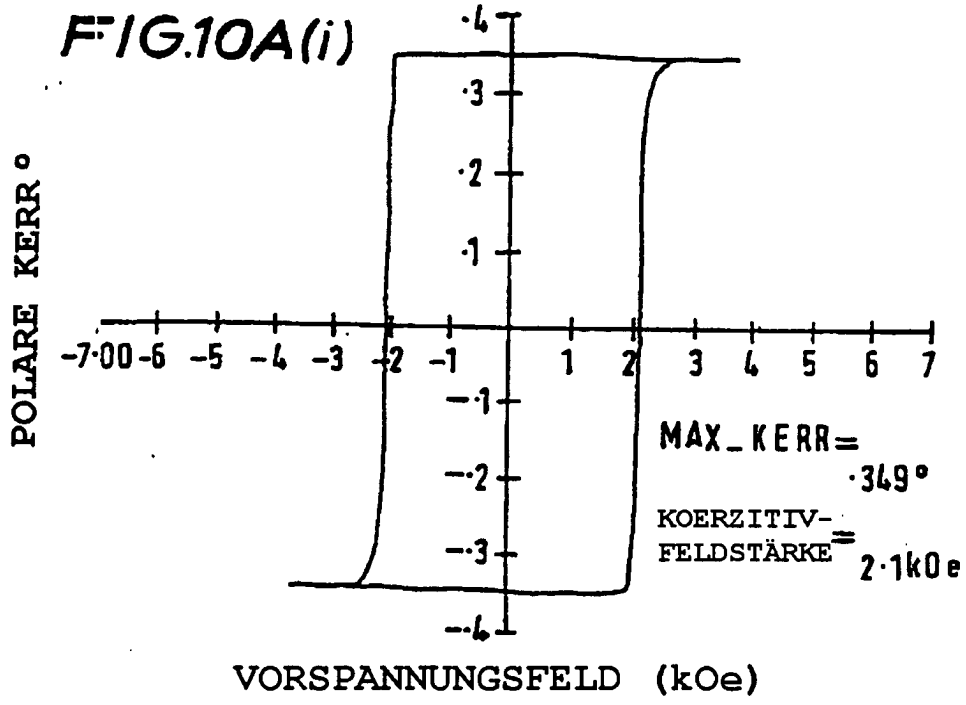


FIG.10A(ii)

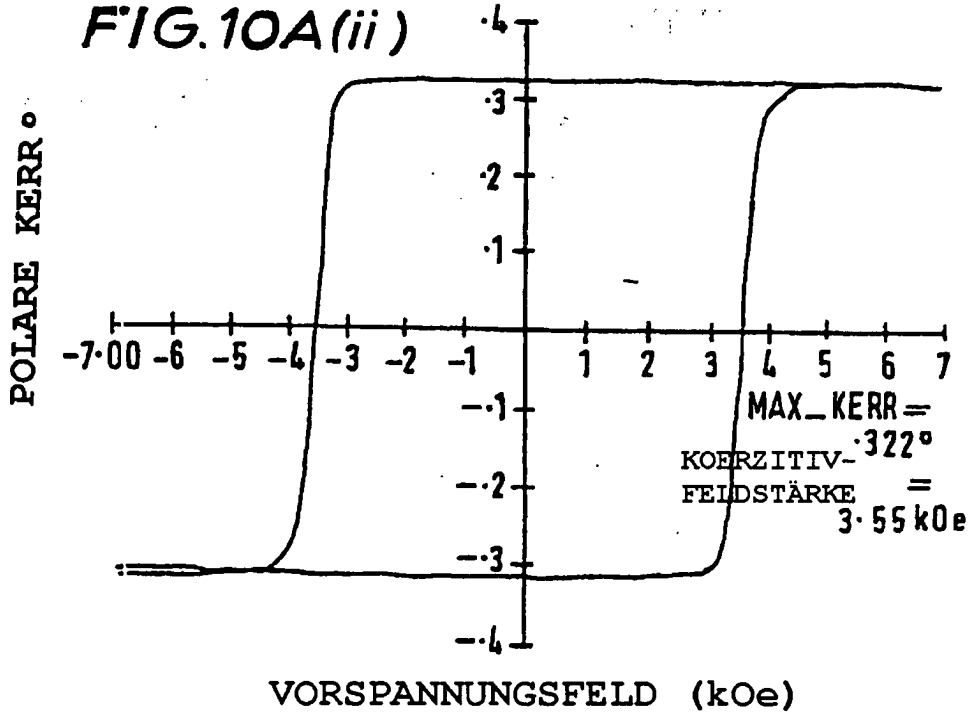


FIG.10B(i)

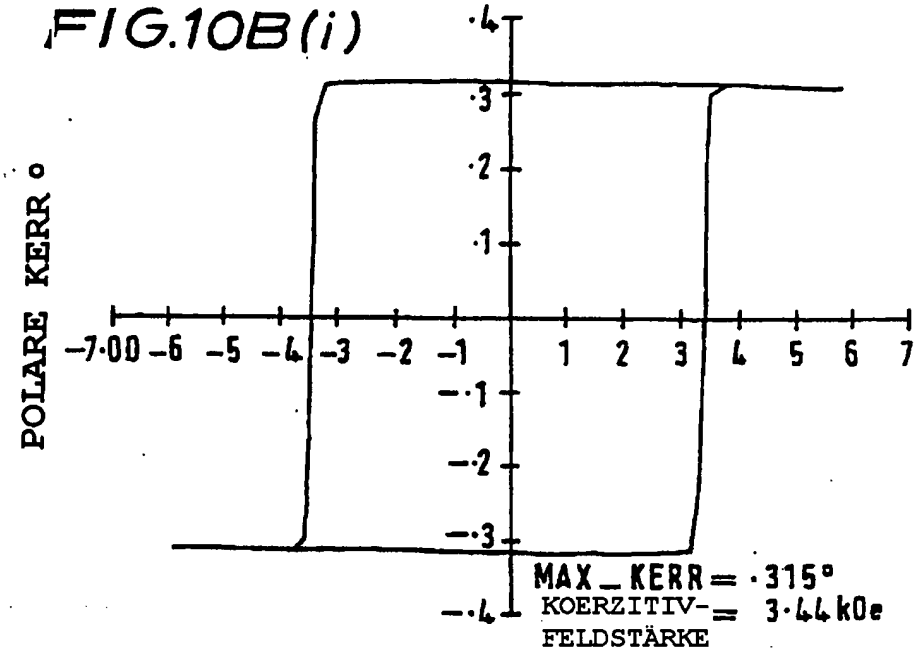


FIG.10B(ii)

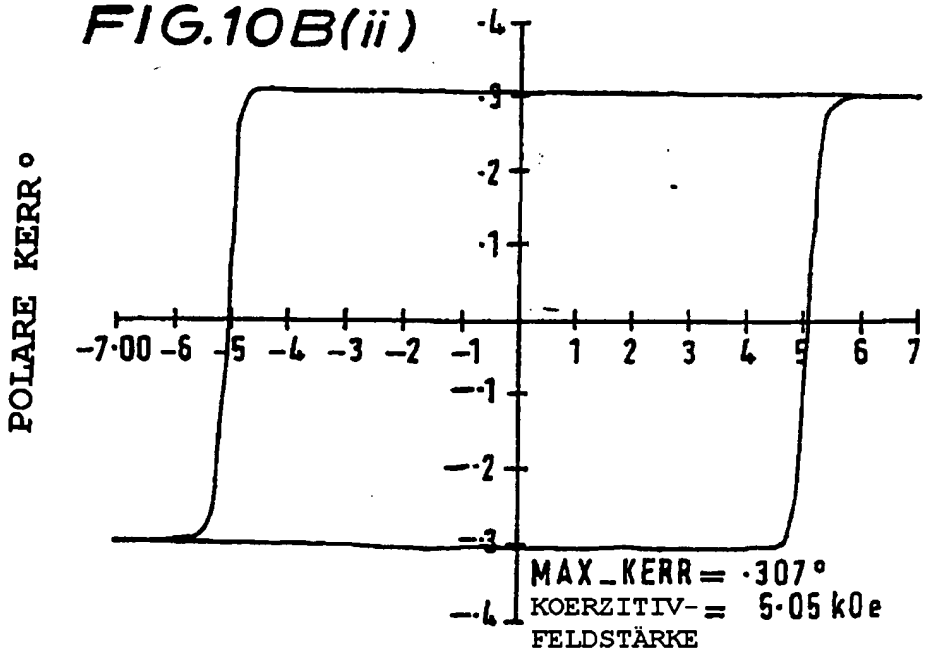
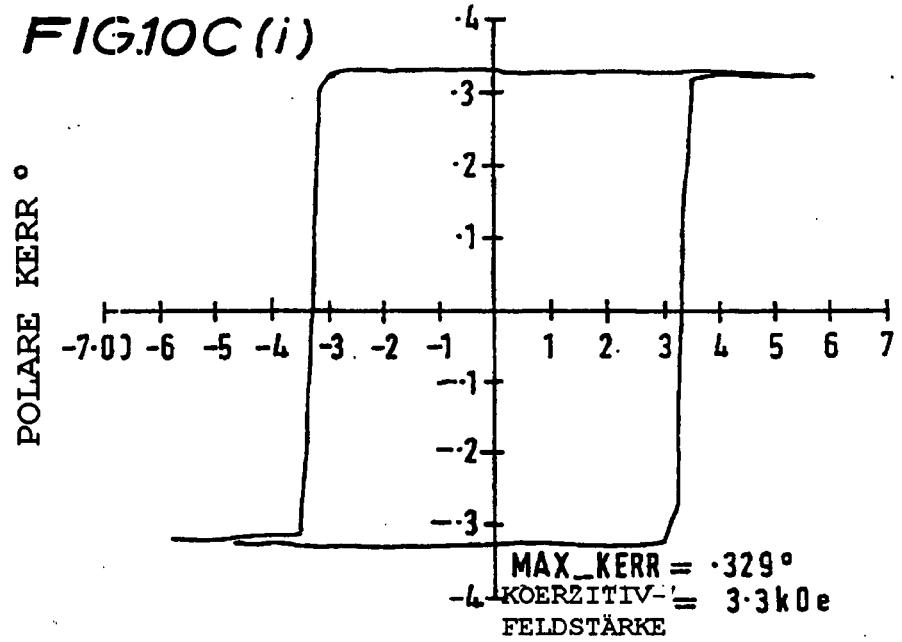
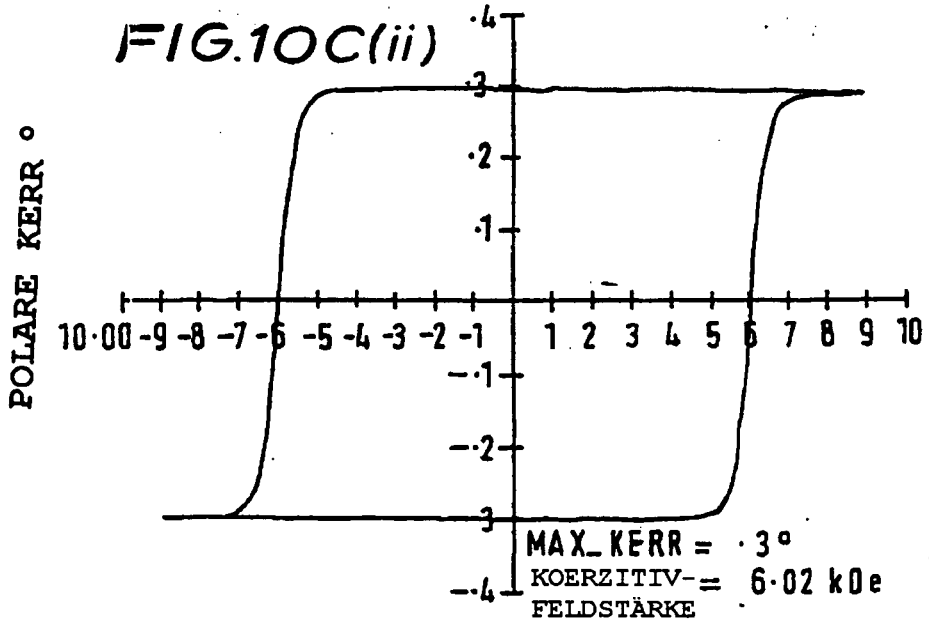


FIG.10C(i)



POLARE KERRSCHLEIFE DURCH SUBSTRAT

FIG.10C(ii)



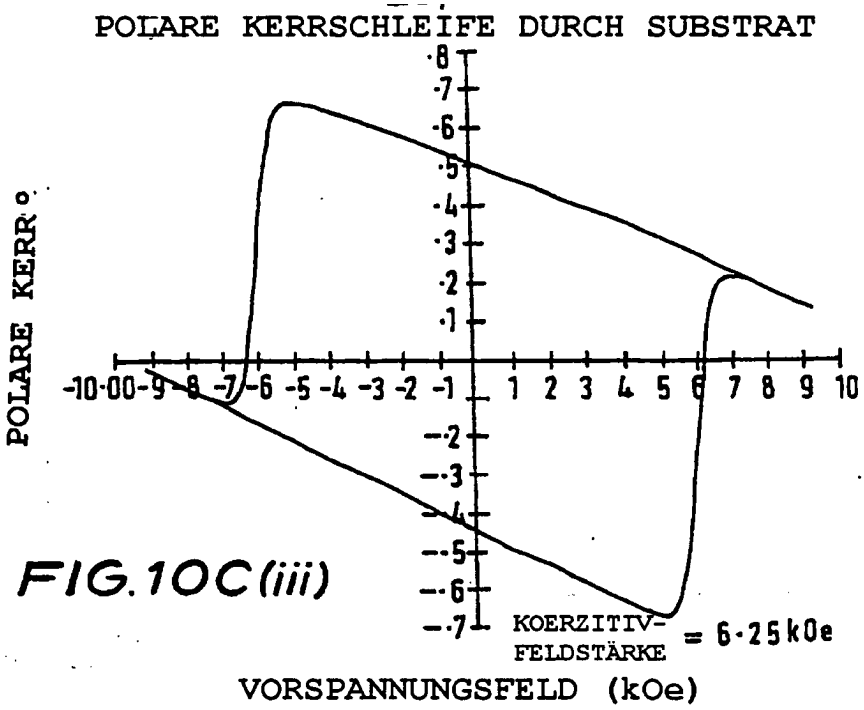


FIG.10C(iii)

FIG.11A

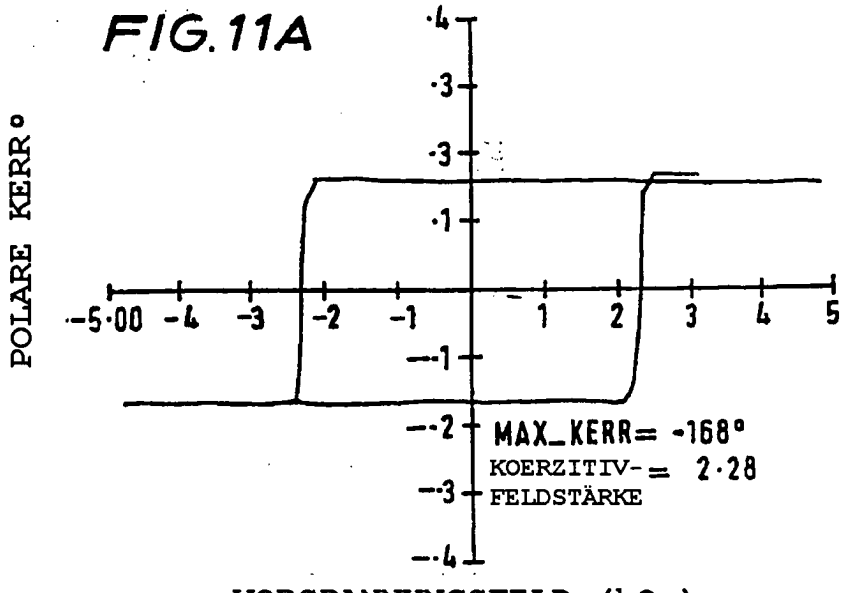


FIG.11B

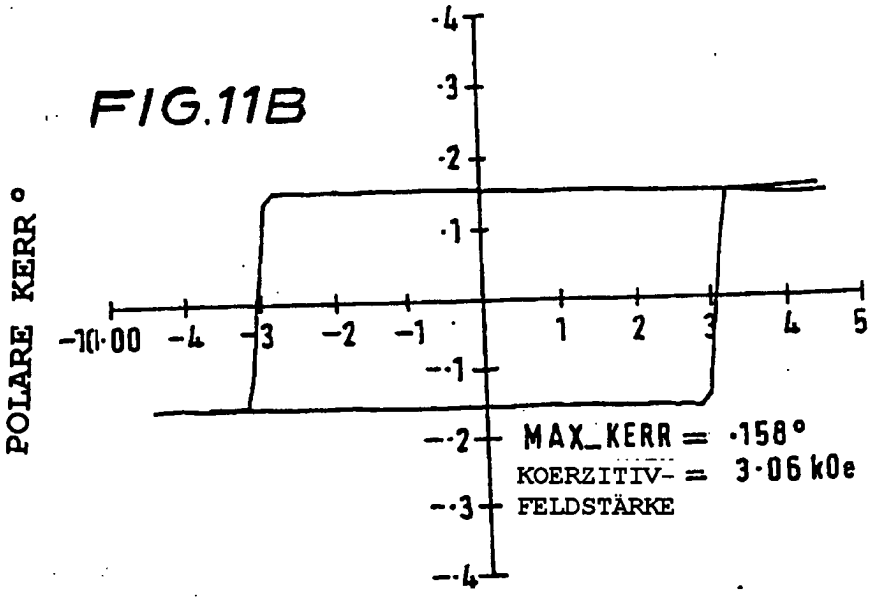


FIG.14

