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

(10) **DE 698 33 417 T2** 2006.08.10

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 913 813 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 33 417.5**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 308 767.7**
(96) Europäischer Anmeldetag: **27.10.1998**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.05.1999**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **08.02.2006**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.08.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G11B 5/55*** (2006.01)
G11B 5/584 (2006.01)
G11B 15/62 (2006.01)
G11B 5/127 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
959509 **28.10.1997** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:
Hewlett-Packard Development Co., L.P., Houston, Tex., US

(74) Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(72) Erfinder:
Beck, Patricia A., Palo Alto, CA 94304, US;
Poorman, Paul W., Meridian, ID 83642, US;
Clifford, George M. Jnr., Los Altos Hill, CA 94022, US;
Henze, Richard H., San Carlos, CA 94070, US

(54) Bezeichnung: **Servo-Schreibkopf**

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 bezieht sich allgemein auf ein Aufzeichnen und Lesen von Daten von Magnetspeichermedien und insbesondere auf einen verbesserten Magnetschreibkopfentwurf zum Schreiben zeitbasierter Servostrukturen auf flexible Magnetspeichermedien. Die Servoschreibköpfe könnten seriengefertigt werden.

[0002] Servosteuersysteme, die die Position eines Magnetkopfs relativ zu Spuren in Magnetspeichermedien beibehalten, sind bekannt. Die europäische Patentanmeldung EP 0 690 442 A2, veröffentlicht am 03. Januar 1995, mit dem Titel „Servo Control System", Albrecht u. a., beschreibt ein Servosteuersystem, das einen Magnetaufzeichnungskopf zum Schreiben eines Servopositionscodes über die Breite des Magnetaufzeichnungsbandes und an der Länge des Bandes herunter aufweist. Der Kopf weist außerdem mehrere Zwischenräume in der Richtung an dem Band herunter auf. Der Kopf kann eine Struktur entlang der Länge des Bandes schreiben, wobei die Struktur mehrere Zwischenräume beinhaltet, die über die Breite des Bands beabstandet sind. Der Vorteil eines derartigen Aufzeichnungskopfs ist die Fähigkeit, einen Servocode in einem einzelnen Durchlauf entlang der gesamten Länge des Bandes in diskreten Bereichen (Bändern) über die gesamte Breite des Bandes zu schreiben. Dies erhöht eine Positionsgenauigkeit einer Struktur in Bezug auf eine andere. Dies bietet außerdem einen riesigen wirtschaftlichen Vorteil, da ein separates Schreiben jedes Bands wesentlich teurer wäre.

[0003] Wie im Schnitt in Fig. 1 gezeigt ist, ist ein typischer Kopf **100** des Stands der Technik aus zwei parallelen Ferritstücken **110**, die durch eine Glasschicht **120** getrennt sind, hergestellt. Die obere Oberfläche des Ferrit-Glas-Ferrit-Kopfs **100**, ist gekrümmt, was die Kontaktoberfläche des Bandes definiert. Diese gekrümmte Oberfläche wird zuerst mit einer dünnen Magnetkeimschicht **140** und dann später mit einer Schicht **130** aus einem magnetischen Material, die mehrere Mikrometer dick ist, bedeckt. Zwischenräume **150**, die die Schreibstruktur definieren, erstrecken sich durch die magnetische Schicht **130** zu der Keimschicht **140** über die Mittelglasregion. Eine Drahtwicklung **160** mit einer oder mehreren Windungen läuft durch eine Rille **170** in dem Ferrit, die sich entlang der Längsachse des Kopfs **100** neben dem Glas erstreckt. Ein Strom, der durch den Draht **160** läuft, versorgt Magnetfelder in den Zwischenräumen **150** mit Energie. Das Magnetfeld schreibt die Zwischenraumstruktur auf das durchlaufende Band (nicht gezeigt). Ein Kontakt zwischen dem durchlaufenden Band und dem Kopf bewirkt eine Abnutzung an sowohl dem Band als auch dem Kopf, wodurch die Lebensdauer von beiden verringert wird.

[0004] Unter Verwendung des Ansatzes des Stands der Technik muss jeder Kopf **100** einzeln (d. h. diskret) hergestellt werden. Die kleine Größe und Form der diskreten Köpfe machen es schwierig, eine Photoresistschicht aufzubringen, die eine einheitliche Dicke besitzt. Ein Bilden einer einheitlichen Photoresistschicht ist eine besonders wichtige Betrachtung, da das Photoresist zur Strukturierung der Aufzeichnungszwischenräume verwendet wird. Eine Uneinheitlichkeit der Photoresistdicke beeinflusst die Qualität der Strukturen direkt und negativ, insbesondere für schmale Zwischenraumabmessungen. Derartige Strukturen erfordern die Bildung schmaler Linien (in der Größenordnung von 1,5 µm). Das Potential für eine gesenkte Linienbreite erlaubt ein effizienteres Schreiben und ein genaueres Positionssignal, was eine Servosteuerung verbessert. Außerdem muss, da die Oberfläche gekrümmt ist, die Krümmung des Kopfs in dem Photolithographievorgang ausgeglichen werden. Es ist besonders schwierig, eine gleichmäßige Schicht eines Photoresists aufzubringen, um die Aufzeichnungszwischenräume auf dieser gekrümmten Oberfläche zu strukturieren. Ein Aufbringen des Resists durch Aufschleudern ist in dem Fall schwierig, in dem das Länge-zu-Breite-Verhältnis eines Teils viel größer als Eins ist. Obwohl das Resist elektroplattiert, eingetaucht oder auf das Teil gesprüht werden kann, sind diese Verfahren mühsam und wurden nicht für geometrische Submikrometer-Tolleranzen verfeinert.

[0005] Um diese abgerundete Form zu erzeugen, müssen die Köpfe einzeln maschinell bearbeitet werden, obwohl sie in Balkenform erzeugt werden könnten, um die Herstellungskosten zu reduzieren. Fig. 2 stellt einen Balken **200** mit mehreren Köpfen **100** dar. Linien **210**, die senkrecht zu der Längsachse sind, zeigen an, wo die Balken auseinandergesägt werden könnten, um einzelne Köpfe **100** zu bilden. Obwohl die Balken **200** in mehrere Köpfe **100** geschnitten werden können, ist der Vorgang dennoch nicht sehr effizient und schafft identische oder noch schwierigere Herausforderungen, um eine Photoresisteinheitlichkeit zu erzielen.

[0006] So ist zu sehen, dass mehrere Zwischenraum-Servoschreibköpfe eine Abnutzung an den Köpfen und an dem Band bewirken, teuer in der Herstellung sind, eine eingeschränkte Servostrukturdefinition aufweisen und die Verwendung einer Magnetspeichervorrichtung in vielen Anwendungen behindern.

[0007] Die EP-A-0 690 442 (vgl. **Fig.** 21 und 22) offenbart einen Servoschreibkopf für ein Magnetband und weist eine erste und eine zweite Ferritstruktur, ein nichtmagnetisches Material zwischen der ersten und der zweiten Ferritstruktur, um einen Abstandshalter zu bilden und dadurch eine Ferrit-Nichtmagnetisch-Ferrit-Anordnung zu erzeugen, und eine

Schicht aus einem magnetischen Material, die magnetische Zwischenräume aufweist, über dem nichtmagnetischen Material, um die magnetische Struktur zum Schreiben eines Abschnitts einer Servostruktur in das Band zu bilden, auf.

[0008] Die vorliegende Erfindung möchte einen Servoschreibkopf mit verbesserter Schreibeffizienz bereitstellen.

[0009] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Servoschreibkopf für ein Magnetband bereitgestellt, wobei der Kopf folgende Merkmale aufweist: eine erste und eine zweite Ferritstruktur, die einen oberen Abschnitt bilden; ein nichtmagnetisches Material zwischen der ersten und der zweiten Ferritstruktur, um einen Abstandshalter zu bilden und dadurch eine Ferrit-Nichtmagnetisch-Ferrit-Anordnung zu erzeugen; und eine Schicht aus einem magnetischen Material, die zumindest einen magnetischen Zwischenraum über dem nichtmagnetischen Material aufweist, um die magnetische Struktur zum Schreiben eines Abschnitts einer Servostruktur in das Band zu bilden, dadurch gekennzeichnet, dass: die erste und die zweiten Ferritstruktur Teil eines oberen Ferritwafers sind, dadurch, dass der Kopf ferner einen unteren Ferrit-Wafer-Teil aufweist, der mit den Ferritstrukturen verbunden ist und einen Unterabschnitt bildet, um eine Magnetschaltung um den Zwischenraum herum zu vervollständigen, und dadurch, dass zwischen der ersten und der zweiten Ferritstruktur einerseits und dem unteren Ferrit-Wafer-Teil andererseits ein Kanal unterhalb des nichtmagnetischen Materials und oberhalb des Unterabschnitts gebildet ist.

[0010] Vorzugsweise weist der Servoschreibkopf eine im Wesentlichen planare Kopfoberfläche auf. Eine vordere Kante ist derart benachbart zu der Kopfoberfläche angeordnet, dass das Band die vordere Kante berührt, bevor es über die Kopfoberfläche läuft. Bei einem bevorzugen Ausführungsbeispiel ist die vordere Kante abgerundet, um ein Luftlager zwischen der Kopfoberfläche und dem Band zu bilden. Eine abgerundete hintere Kante könnte derart benachbart zu der Kopfoberfläche angeordnet sein, dass das Band über die hintere Kante läuft, nachdem es über die Kopfoberfläche läuft. Beide der vorderen und hinteren Kante könnten durch Verschneiden, Schleifen oder Kantenabschrägung von der Kopfoberfläche abgerundet sein.

[0011] Der Kopf kann vorzugsweise eine Einzeldurchlaufsaufzeichnung von Servodaten über die Breite und Länge des Bands erlauben. Ein Kopf, wie er beschrieben ist, erfährt eine reduzierte Abnutzung der Magnetaufzeichnungsregion des Kopfs. Bei einem bevorzugen Ausführungsbeispiel bewirkt die Geometrie des Kopfs einen geringen Kontaktdruck auf ein Band an den Kanten des Kopfes, so dass eine Abnutzung, die an Kanten des Kopfs auftritt, reduziert wird und die Lebensdauer verlängert wird.

[0012] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zu Herstellen eines Servoschreibkopfs für ein Magnetband bereitgestellt, das folgende Schritte aufweist: Herstellen einer Struktur aus einem Ferrit-Material und einem nichtmagnetischen Material, derart, dass in der oberen Region des Kopfs, in der das Ferritmaterial Teil eines ersten Ferritwafers ist, das Ferritmaterial im Wesentlichen das nichtmagnetische Material sandwichartig als ein Abstandshalter an einer ersten und einer zweiten Seite desselben umgibt, und dass in einer unteren Region, in der das Ferritmaterial Teil eines zweiten Ferrits ist, das Ferritmaterial die erste und die zweite Seite des Ferritmaterials der oberen Region verbindet, während ein Kanal zwischen der oberen und der unteren Region definiert wird; Aufbringen einer Schicht aus einem magnetischen Material auf das nichtmagnetische Material in der oberen Region des Kopfs und Bereitstellen eines oder mehrerer Zwischenräume in dem magnetischen Material über dem nichtmagnetischen Material, um die magnetische Struktur zum Schreiben eines Abschnitts einer Servostruktur in das Band zu bilden.

[0013] Bei einem bevorzugten Herstellungsverfahren wird das nichtmagnetische Material photolithographisch definiert, um Zwischenräume über dem Abstandshalter zu erzeugen. Das nichtmagnetische Material könnte ein Photoresist, Halbleitermaterialien, Glas, Metall oder dergleichen sein. Das Material könnte sogar später entfernt werden, um Luftzwischenräume zu hinterlassen. Das nichtmagnetische Material bildet eine Region, in der das Feld schleifenförmig nach außen läuft, um das durchlaufende Band zu schneiden, wodurch eine magnetische Struktur auf das Band übertragen wird. Die definierte Zwischenraumstruktur könnte sich von der in das Band geschriebenen Struktur unterscheiden. Durch eine geeignete Auswahl der Zwischenraumstruktur könnte die Servostruktur verbessert werden. Ein zusätzlicher nichtmagnetischer Raum oder Kanal ist in der Rückseite des oberen Ferritwafers nahe dem Abstandshalter gebildet, um die Magnetschaltung zu verbessern. Der untere Ferritwafer ist mit dem oberen Ferritwafer zusammengepasst, um eine Magnetschaltung um die Zwischenräume herum zu vervollständigen. Eine induktive Wicklung könnte durch den Kanal laufen. Mehrere Köpfe könnten durch Serienfertigung des oberen und des unteren Ferritwafers gebildet werden.

[0014] Eine Serienfertigungstechnik ist beschrieben, die die Herstellungseffizienz von Servoschreibköpfen erhöht und auch eine Servostrukturdefinition für feine Merkmale verbessert, während Band- und Kopfabnutzung reduziert werden. Mehrere Köpfe werden als eine Serie aus einem oder mehreren Ferritwafern hergestellt. Eine nominell flache große Wa-

feroberfläche und ein Umriss, die geeignet zur einheitlichen Photoresistaufbringung und planaren Photolithographie sind, erlauben eine feine Servostrukturdefinition. Eine abgerundete vordere Kante auf dem Kopf erzeugt ein Luftlager, um eine Abnutzung des Bands und des Kopfs zu reduzieren. Ferner tritt eine mögliche Kopfabnutzung an der vorderen Kante auf und nicht in der Region des Kopfs, in der die Servostruktur gebildet ist.

[0015] Ferner erlaubt der Kopf eine Herstellung mit erhöhter Verfahrenssteuerung sowie erhöhter allgemeiner Dimensionssteuerung. Das Potential für eine niedrigere Linienbreite erlaubt ein effizienteres Schreiben und ein präziseres Positionssignal, was eine Servosteuerung verbessert. Die Schreibeffizienz wird durch die Vervollständigung einer Magnetschaltung um die Zwischenräume herum verbessert.

[0016] Die Erfindung wird durch die folgende detaillierte Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Strukturelemente bezeichnen, besser verständlich, und in denen:

[0017] Fig. 1 eine Zeichnung ist, die einen Ferrit-Glas-Ferrit-Kopf des Stands der Technik, der zum Schreiben von Positionsservoinformationen auf ein Magnetband verwendet wird, darstellt;

[0018] Fig. 2 eine Zeichnung ist, die einen Balken darstellt, der mehrere Servoschreibköpfe beinhaltet, ähnlich denjenigen des Stands der Technik, wobei Linien senkrecht zu der Längsachse anzeigen, wo die Balken auseinandergesägt werden könnten, um einzelne Köpfe zu bilden;

[0019] Fig. 3 eine Zeichnung ist, die einen Querschnitt eines Servoschreibkopfs gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt, wobei ein Aufzeichnungsband über den Kopf läuft;

[0020] Fig. 4 eine Zeichnung ist, die die Draufsicht eines oberen Ferritwafers zur Serienfertigung von Servoschreibköpfen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0021] Fig. 5 eine Zeichnung ist, die die Seitenansicht des oberen Ferritwafers aus Fig. 4 darstellt;

[0022] Fig. 6 eine Zeichnung ist, die einen vergrößerten Abschnitt **600** der Seitenansicht des oberen Ferritwafers aus Fig. 5 darstellt;

[0023] Fig. 7 eine Zeichnung ist, die einen vergrößerten Abschnitt **700** der Seitenansicht des oberen Ferritwafers aus Fig. 5 darstellt;

[0024] Fig. 8 eine Zeichnung ist, die die Draufsicht eines unteren Ferritwafers zur Serienfertigung von Servoschreibköpfen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0025] Fig. 9 eine Zeichnung ist, die die Seitenansicht des unteren Ferritwafers aus Fig. 8 darstellt;

[0026] Fig. 10 eine Seitenansichtszeichnung ist, die das Zusammenpassen des oberen Ferritwafers aus Fig. 5 mit dem unteren Ferritwafer aus Fig. 9 zur Serienfertigung von Servoschreibköpfen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0027] Fig. 11 eine Zeichnung ist, die einen vergrößerten Abschnitt **1100** der Seitenansicht des oberen Ferritwafers aus Fig. 10 darstellt;

[0028] Fig. 12 eine Zeichnung ist, die einen Block abwechselnder Schichten aus nichtmagnetischem Material und Ferrit gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0029] Fig. 13 eine Zeichnung ist, die abwechselnde Schichten aus nichtmagnetischem Material und konturiertem Ferrit gemäß einem Beispiel, das nützlich für die Erklärung der vorliegenden Erfindung ist, darstellt; und

[0030] Fig. 14 eine Zeichnung ist, die einen oberen Kopfabschnitt, der als eine Abnutzungsschicht und eine zusätzliche Dünnschicht aufweisend gebildet ist, gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0031] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind unten Bezug nehmend auf die Fig. 1 bis Fig. 14 erläutert. Fachleute auf diesem Gebiet werden jedoch ohne Weiteres erkennen, dass die hierin Bezug nehmend auf diese Figuren gegebene detaillierte Beschreibung zu Erklärungszwecken dient, da sich die Erfindung über diese eingeschränkten Ausführungsbeispiele hinaus erstreckt.

[0032] Die vorliegende Erfindung soll zum Schreiben von Positionsservoinformationen auf ein Magnetband in einer ähnlichen Weise wie bei dem Kopf, der durch Albrecht u. a. in der europäischen Patentanmeldung EP 0 690 442 A2, oben, beschrieben ist, verwendet werden.

[0033] Fig. 3 ist eine Zeichnung, die einen Querschnitt eines Servoschreibkopfs **300**, wobei ein Aufzeichnungsband **310** über den Kopf **300** läuft, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Das Band **310** berührt zuerst den Kopf **300** auf der gekrümmten Oberfläche **320**, die an der vorderen Kante des Kopfs **300** angeordnet ist. Das Band **310** läuft weiter über die flache Oberfläche **330** gestützt durch ein Luftlager, das sich zwischen dem

Band **310** und der Kopfoberfläche **330** gebildet hat.

[0034] Um den Servocode auf dem Band **310** zu reproduzieren, befindet sich ein magnetischer Zwischenraum **150** (oder Zwischenräume) in einer erwünschten Struktur nahe der Mitte des Kopfs **300**. Diese Strukturen können in einer Dünnschicht **390** (in der Größenordnung von einigen µm) aus einem magnetischen Material mit hohem Moment (wie z. B. Eisen-Aluminium-Nitrid (FeAlN, FeTaN oder NiFe)), die über einem nichtmagnetischen Abstandshalter **340** aufgebracht ist, photolithographisch definiert oder geätzt werden.

[0035] Das Band **310** läuft weiter zu der gegenüberliegenden Kante des Kopfs und verlässt den Kopf über eine hintere gekrümmte Kante **350**, ähnlich wie bei dem Eintritt. Für ein Ausführungsbeispiel beträgt der Winkel des Bands **310** relativ zu der oberen Oberfläche **330** des Kopfs **300** etwa 1–2 Grad. Die Kanten **320** und **350** sind mit einem bevorzugten Radius von 0,5–2,0 mm geformt.

[0036] Für ein Ausführungsbeispiel gibt es einen glatten Übergang zu der flachen Oberfläche **330** auf der Oberseite des Kopfs **300** an den Kanten **320** und **350**. Alternativ können die abgerundeten Kanten **320** oder **350** so gebildet sein, dass eine abrupte Veränderung der Neigung an der Kante der flachen Oberfläche **330** vorliegt. Dies bedeutet z. B., dass eine Radiusschneidertiefe so eingestellt werden kann, dass die Radiusmittellinie näher an der flachen Oberfläche ist als der Wert des Radius.

[0037] Diese abgerundete Kantengeometrie erlaubt es dem Band **310**, mit einem geringen Kontaktdruck über die beiden Kanten **320** und **350** zu laufen und über den flachen Abschnitt **330** des Kopfs **300**, von der Oberfläche durch ein dünnes Luftlager getrennt, fortzulaufen. Die Tatsache, dass das Band **310** von dem Kopf **300** getrennt ist, bedeutet, dass der Kopf **300** in der Umgebung des Abstandhalters **340** weniger abgenutzt wird und weniger Material zwischen dem Kopf **300** und dem Band **310** übertragen wird. Die Beabstandung zwischen dem flachen Abschnitt **330** des Kopfs **300** und dem Band **310** wird durch die Auswahl von Radius, Bandspannung, Bandgeschwindigkeit und Bandcharakteristika gesteuert. Eine kleine Kopf-Band-Beabstandung (für eine gute Strukturübertragung bevorzugt) wird durch ein Minimieren der Menge an Luft, die zwischen dem Band **310** und der vorderen Kante **320** des Kopfs **300** eingeschlossen ist, beibehalten.

[0038] Wenn das Band **310** an der vorderen Kante **320** in Kontakt mit dem Kopf **300** kommt, wird verhindert, dass ein Großteil der Luft, die an dem Band haftet, in die Luftlagerregion getragen wird. Diese vordere Kante **320** beinhaltet einen kleinen Radius an dem Bandeintrittspunkt. Obwohl eine scharfe Kante den gleichen Zweck erfüllen würde, würde dies zu einem extrem hohen Kontaktdruck zwischen dem Band **310** und dem Kopf **300** führen und so zu einer Beschädigung an dem Band **310** führen. Zusätzlich würde so viel Luft von der Grenzfläche ausgeschlossen werden, dass das Band den Kopf über der gesamten Oberfläche berühren würde, was eine Abnutzung erhöht. Durch ein Auswählen eines geeignet kleinen Radius bei dem Entwurf wird der Kontaktdruck minimiert, während dennoch ausgeschlossen wird, dass eine große Menge Luft in die Luftlagerregion getragen wird.

[0039] Wie im Stand der Technik umfasst ein Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Region eines Abstandshalters **340**, in der ein nichtmagnetisches Material (wie z. B. Glas) zwei Stücke Ferrit **360** um z. B. eine Entfernung von 100–500 Mikrometern trennt. Der Magnetfluss, der durch den Schreibstrom erzeugt wird, ist dann größtenteils auf die magnetische Schicht **390** begrenzt, die auf der oberen Oberfläche **330** des Kopfs **300** aufgebracht ist. Dieses Material **390** (mit Strukturschreibzwischenräumen **150**) erstreckt sich über die flache Oberseite des nichtmagnetischen Materials **340** und des Ferrits **360** und kann sich über die gekrümmten Kanten **320** und **350** erstrecken.

[0040] Im Gegensatz zum Stand der Technik ist das Ferrit **360** nicht vollständig durch das nichtmagnetische Material in zwei Hälften geteilt wie in Fig. 1, sondern weist viel mehr einen nichtmagnetischen Abstandshalter **340** nur in der Umgebung des Zwischenraums **150** auf (wie in Fig. 3 gezeigt). So erstreckt sich der Abstandshalter **340** nicht zu der Unterseite des Kopfs.

[0041] Windungen **160** sind um beide Seiten des unteren Abschnitts **370** des Kopfs **300** gewickelt. Alternativ können die Windungen **160** um die Unterseite des unteren Abschnitts **370** gewickelt sein oder um den oberen Abschnitt **360** gewickelt sein.

[0042] Der Magnetkopf der Erfindung kann auf Ferritwafer-artigen Platten (die quadratisch oder rund sind, um einen maximalen Ertrag zu schaffen, andere Formen sind jedoch möglich, jedoch nicht so effizient) unter Verwendung von Photolithographie zur Definition der Zwischenräume **150**, wie bereits beschrieben wurde, seriengefertigt werden. Fig. 4 ist eine Zeichnung, die die Draufsicht eines oberen Ferritwafers **400** zur Serienfertigung von Servoschreibköpfen darstellt. Fig. 5 ist eine Zeichnung, die die Seitenansicht des oberen Ferritwafers **400** darstellt. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet eine flache Oberfläche in der Region der magnetischen Zwischenräume, was es erlaubt, dass viele Köpfe effizient auf einem großen Ferrit- und Glaswafer (oder einem anderen nichtmagnetischen Material, wie z. B. Keramik) ausgelegt werden können. Das Glas kann

durch eines mehrerer Verfahren hinzugefügt werden. Rillen **410** können in den oberen Ferritwafer **400** geschnitten, mit Glasfritte gefüllt und umgeschmolzen werden. Wenn die Rillen **410** geeignet klein sind, könnten dieselben durch ein anderes nichtmagnetisches Material gefüllt werden, das in der Halbleiterindustrie bekannt ist, wie z. B. eine Keramik, und in einem Damaszenervorgang abpoliert werden. Vorzugsweise ist die obere Oberfläche geeignet flach und poliert.

[0043] Alternativ kann ein Sandwich **1200** aus einem nichtmagnetischen Material **1210** und einem Ferrit **1220**, wie in Fig. 12 gezeigt ist, aufgebaut werden. So ist im einfachsten Fall der Wafer ein Stück Ferrit/Glas/Ferrit, das in einem „Fleischerblock"-Stil, wie in Fig. 12 gezeigt ist, zusammengebracht wurde. Photolithographie, Magnetmaterialaufbringung und dergleichen werden an dem resultierenden „Fleischerblock" durchgeführt, der auseinandergeschnitten und konturiert wird, falls erforderlich, um einzelne Köpfe mit einem nichtmagnetischen Abstandshalter innerhalb des Ferrits zu bilden. Es ist auch möglich, einen großen „Fleischerblock" zu formen, der dann in Platten geschnitten wird, um als der kürzere Einplatten-„Fleischerblock", der gerade beschrieben wurde, verarbeitet zu werden.

[0044] Alternativ kann die Form der Struktur vor einer Laminierung definiert werden. Fig. 13 ist eine Zeichnung, die einen Kopf, der wie in Fig. 12 gebildet ist, wobei der Kopf abwechselnde Schichten eines nichtmagnetischen Materials **1210** und eines konturierten Ferrits **1220** aufweist, gemäß einem Beispiel, das nützlich für eine Erklärung der vorliegenden Erfindung ist, darstellt. Es wird angemerkt, dass, obwohl Fig. 13 Ferritschichten **1220** zeigt, die symmetrisch um die nichtmagnetische Schicht **1210** sind, alternativ die Ferritschichten **1220** asymmetrisch sein können. Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung erstreckt sich das nichtmagnetische Material **1210** nicht den gesamten Weg bis zu der Unterseite des Teils.

[0045] Die Kanten dieser Köpfe können durch eine maschinelle Bearbeitung einer Serie niedriger Rillen **420** auf der Oberfläche des Ferritwafers parallel zu den mit Glas gefüllten Rillen **410** definiert sein. Fig. 6 zeigt niedrige Rillen **420** und mit Glas gefüllte Rillen **410** in einem vergrößerten Abschnitt **600** von Fig. 5. Ähnlich zeigt Fig. 7 eine Seite der niedrigen Rille **420** in einem vergrößerten Abschnitt **700** von Fig. 5. Ein Radius oder eine weitere abgerundete Kante kann durch eine Vielzahl von Techniken, wie z. B. Verschneiden, Schleifen oder Kantenabschrägung, auf diese Kanten aufgebracht werden. Ein Verschneiden beinhaltet das Brechen einer Kante mit einem Läppapier oder einen ähnlichen Vorgang. Ein Schleifen (oder eine maschinelle Bearbeitung) wird unter Verwendung einer definierten Form (d. h. einer speziell gebildeten Form) erzielt. Eine Kantenabschrägung ist eine Technik, bei der eine Serie kleiner Schnitte mit progressiv größeren Winkeln durchgeführt werden.

[0046] Da das Band nur einige Grade der vorderen und hinteren Kante (wo ein Radius eingeführt wurde) umwickelt, müssen der Radius und die resultierenden Rillen nur bis zu einer Tiefe mehrerer zehn Mikrometer oder weniger maschinell gearbeitet werden. Die exakte Maschinenbearbeitungstiefe hängt von dem erwünschten Radius, dem Umwicklungswinkel des Bandes und von Herstellungsbetrachtungen ab. Für ein Ausführungsbeispiel wird maschinell bis zu einer Tiefe von etwa 50 µm gearbeitet, um ein besseres Polieren an den Seiten zu erhalten. Für dieses Ausführungsbeispiel ist der Winkel **710** zwischen 5 und 15 Grad und der Winkel **720** beträgt etwa 45 Grad. Um die vordere und die hintere Kante gekrümmt herzustellen, könnte es wünschenswert sein, tiefere Rillen entlang der Kante jedes Kopfs maschinell zu arbeiten. Tiefere Rillen jedoch stellen ein schwierigeres Photoresistaufbringungsproblem. So ist eine planarere Struktur wünschenswert. In einem derartigen Fall erlaubt ein Füllen (ganz oder teilweise) oder Abdecken der Rillen mit einem Material (oder andernfalls unter Verwendung eines Materials zum Überspannen der Rille) eine einheitlichere Photoresistaufbringung.

[0047] Eine Serienfertigung vieler Köpfe auf einem Wafer, der niedrige Rillen aufweist, erlaubt die Aufbringung einer einheitlichen Photoresistschicht. Die einheitliche Photoresistschicht wiederum unterstützt eine Definition akkurat gebildeter Zwischenräume in der Magnetschicht oberhalb des nichtmagnetischen Abstandshalters, wodurch eine präzise Servostruktur auf das Band aufgezeichnet wird. Wenn das Fluid-Photoresist aufgeschleudert wird, fließt es mit einer einheitlichen Dicke über die flachen Oberflächen der Ferritplatte. Die niedrige Tiefe, die relativ breite Breite und die geneigten Seitenwände erlauben es, dass das Fluid-Photoresist der Kontur der Rillen folgt und sich radial nach außen bewegt, und nicht um scharfe Unregelmäßigkeiten herum Pfützen bildet oder fließt. Alternativ können die Photolithographie und die Aufbringungen auf einer flachen Oberfläche, bevor die Konturen gebildet werden, durchgeführt werden.

[0048] Eine präzise Linienbreitensteuerung erlaubt präzise Servostrukturen, die wesentlich für zukünftige Verbesserungen der Spurdichte sind. Die flache Oberfläche in der Umgebung der Zwischenräume erlaubt es außerdem, dass ein scharfes Bild der Maske über die gesamte Zwischenraumfläche projiziert werden kann, wenn das Photoresist belichtet wird.

[0049] Standardhalbleitermasken können eine Struktur nur auf einer flachen Oberfläche optimal abbilden (selbst Schrittgeber nehmen eine lokal flache

Oberfläche an). Der Kopf im Stand der Technik weist eine große zylindrische Oberfläche auf, was eine präzise Photolithographiebelichtung auf den Scheitelpunkt der zylindrischen Oberfläche einschränkt. Die Linienbreitenvariation sollte +/– 0,5 μm oder weniger betragen. Wenn die Struktur sich weiter von dem Scheitelpunkt verteilt, wird eine Linienbreitensteuerung herausfordernder. Entweder muss die laterale Breite der Struktur, die auf die Oberfläche abgebildet werden kann, stark eingeschränkt werden oder Schritte müssen unternommen werden, um die Veränderungen auszugleichen.

[0050] Ein Differenzialvorspannen der Maske (Varieren der Linienbreite des Zwischenraums auf der Maske über die Maskenfläche, um sich verändernde Verfahrensparameter unterzubringen, wie z. B. die variierenden Entfernungen von der flachen Maske zu der gekrümmten Kopfoberfläche) ist mühsam, unpräzise und nimmt an, dass die Krümmung der Oberfläche von Mal zu Mal exakt die gleiche ist. Gekrümmte Oberflächen sind schwieriger wiederholt zu schleifen und zu polieren als flache Oberflächen.

[0051] Mit der flachen Oberfläche der Erfindung ist ein Differenzialvorspannen der Maske unnötig und standardmäßige Photolithographieabbildungstechniken, ob nun Projektion, Direktschreiben oder Kontakt, minimieren eine Linienbreitevariation und erhöhen eine Verfahrenseinheitlichkeit und Wiederholbarkeit. Variationen können auf 0,1 μm oder weniger reduziert werden. Ferner wird eine Herstellungseffizienz erzielt, da die Magnetschicht über den gesamten Wafer **400** auf einmal aufgebracht werden kann (nicht nur über einen einzelnen Teil).

[0052] Ferner kann die Unterseite des oberen Ferritwafers **400** maschinell auf eine geeignete Dicke weggearbeitet werden. Da der nichtmagnetische Abstandshalter der Rille **410** sich nicht zu der Unterseite des Wafers erstreckt, kann das Ferrit maschinell bearbeitet werden, bis das Trennelement frei liegt. Wie in Fig. 11 gezeigt ist (die eine vergrößerte Zeichnung des Abschnitts **1100** aus Fig. 10 ist), können gewinkelte Rillen **430**, die einen zusätzlichen nichtmagnetischen Raum erzeugen, in die Unterseite des oberen Ferritwafers **400** maschinell gearbeitet werden, parallel zu den Trennrillen laufend, um die Effizienz der Magnetschaltung zu verbessern und das Trennelement frei zu legen. Für ein Ausführungsbeispiel beträgt der Winkel **1110** etwa 90 Grad. Alternativ können die Rillen rechteckig sein.

[0053] Wie in der Industrie bekannt ist, kann eine dünne Abnutzungsschicht auf der Oberfläche des Kopfs, über die das Band läuft, aufgebracht werden. Diese Abnutzungsschicht kann verwendet werden, obwohl für einige Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung ein Luftlager zwischen dem Kopf und dem Band gebildet wird. Die Magnetschicht weist minimalen Einfluss auf die Fähigkeit des Schreibens auf, da die Schicht so dünn ist.

[0054] Fig. 14 ist eine Zeichnung, die einen oberen Kopfabschnitt **1400**, der mit einer Abnutzungsschicht **1420** und einer zusätzlichen dünnen weichmagnetischen oder nichtmagnetischen Schicht **1430** gebildet ist, gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Für dieses Ausführungsbeispiel ist eine Dünn- (d. h. vorzugsweise in der Größenordnung von 1.000 Angströms) Schicht **1430** zwischen der Ferritschicht **360** (die einen nichtmagnetischen Abstandshalter **340** aufweist) und einer FeAlN-Schicht **390** (die Photoresistzwischenräume **150** aufweist) gebildet. Die Dünnschicht **1430** hat sich als vorteilhaft erwiesen, da sie die Oberfläche der Materialien bedeckt oder füllt und dadurch glättet. Zusätzlich unterstützt die Dünnschicht **1430**, wenn sie elektrisch leitfähig ist, eine Untersuchung (z. B. durch Rasterelektronenmikroskop). Es wird angemerkt, dass die Abnutzungsschicht **1420** über der FeAlN-Schicht **390** und den Photoresistzwischenräumen **150** gebildet ist. Ein zusätzlicher Vorteil eines Hinzufügens der Abnutzungsschicht **1410** besteht darin, dass die Oberfläche **1410** glatt gemacht werden kann, ohne dass Zwischenraummaterial **150** gegenüber dem Band frei liegt.

[0055] Wie in Fig. 8 (Draufsicht) und Fig. 9 (Seitenansicht) gezeigt ist, sind Kanäle **810** maschinell in einen unteren Ferritwafer **800** gearbeitet. Die Oberseite des unteren Wafers **800** ist mit der Unterseite des oberen Wafers **400** (mit der Photolithographiestruktur) zusammengepasst, wie in Fig. 10 gezeigt ist. Nachdem die Wafer **400** und **800** miteinander verbunden sind, wird die laminierte Struktur entlang der Kantenrillen **1010**, wie in Fig. 10 gezeigt ist, zu Balken gesägt und dann quer in einzelne Köpfe **300** gesägt.

[0056] Alternativ könnte zur Erhöhung einer Handhabungsstärke die Struktur erzeugt und verbunden werden, bevor die Lithographie durchgeführt wird.

[0057] Für wiederum ein weiteres Ausführungsbeispiel ist der Kopf mit nichtkonturierten, konturierten oder vorkonturierten Teilen gebildet, wie in Fig. 12 gezeigt ist. In dem Fall eines nichtkonturierten flachen Wafers kann das Merkmal der vorderen und der hinteren Kante nach einem Trennen des „Fleischerblocks" in Balken oder einzelne Köpfe hergestellt werden.

[0058] Wieder Bezug nehmend auf Fig. 3 wird der Kanal der unteren Hälfte **370** ein Durchgang (Luftraum), der sich der Länge nach herunter zu der Mitte des Kopfs **300** erstreckt, senkrecht zu der Bewegungsrichtung des Bands **310**. Draht **160** ist um das Loch und um die Außenseite des Kerns gewickelt, um ringförmige Windungen zu bilden, die die Magnet-

schaltung mit Energie versorgen, wenn ein Strom angelegt wird, ähnlich wie im Stand der Technik. Die Magnetschaltung der vorliegenden Erfindung jedoch ist effizienter als die des Stands der Technik. Dies ist so, da ein kontinuierlicher Magnetweg aus Ferrit (mit Ausnahe der dünnen Verbindungslinien) vorliegt, der sich von einer Seite der dünnen magnetischen oberen Schicht zu der anderen erstreckt. Ein kleiner Nebenschluss aus magnetischem Material kann Abschnitte **360** direkt oberhalb oder unterhalb des nichtmagnetischen Abstandshalters **340** verbinden, ohne jedoch den Kopf außer Betrieb zu setzen, wobei ein derartiger Nebenschluss unterhalb des nichtmagnetischen Abstandshalters **340** nicht bevorzugt wird. Andererseits ist die Hinzufügung des magnetischen Abschnitts **370** gegenüber dem Stand der Technik besonders von Vorteil, da sie die Magnetschaltung vervollständigt, die die Abschnitte **360** umfasst. Ferner könnte ein Teil der oder die gesamte offene Mittelfläche, die durch Abschnitte **340**, **360** und **370** eingegrenzt ist, durch die Zugabe eines nichtmagnetischen Materials, wie z. B. Glas, aufgefüllt werden (z. B. zur Hinzufügung einer Strukturunterstützung).

[0059] Für wiederum ein weiteres Ausführungsbeispiel sind die abgerundeten Kanten des Kopfs durch ein Hinzufügen von Schichten aus einem Material auf die Kopfoberfläche auf in etwa den erwünschten Querschnitt gebildet.

[0060] So wurde ein Servoschreibkopf für ein Magnetband beschrieben. Der Kopf kann vorzugsweise eine Einzeldurchlaufaufzeichnung von Servodaten erlauben. Eine Kopfgeometrie, wie beschrieben, erfährt eine reduzierte Abnutzung der Magnetaufzeichnungsregion des Kopfs und bewirkt an den Kanten des Kopfs einen geringeren Kontaktdruck auf das Band, so dass die Abnutzung reduziert wird und die Kopflebensdauer verlängert.

[0061] Ferner ist der Entwurf des Kopfs derart, dass der Kopf ohne Weiteres durch Serienfertigung hergestellt werden kann. Ferner erlaubt der Kopf eine Herstellung mit erhöhter Verfahrenssteuerung, sowie erhöhter allgemeiner Dimensionssteuerung. Das Potential für eine gesenkte Linienbreite auf einer flachen Oberfläche erlaubt ein effizienteres Schreiben und eine präzisere Servosteuerung. Die Schreibeffizienz wird gegenüber dem Stand der Technik durch die Vervollständigung der Magnetschaltung weiter verbessert.

[0062] Die vielen Merkmale und Vorteile der Erfindung sind aus der schriftlichen Beschreibung ersichtlich und so ist es durch die Ansprüche beabsichtigt, alle derartigen Merkmale und Vorteile der Erfindung abzudecken.

Patentansprüche

1. Ein Servoschreibkopf (**300**) für ein Magnetband, wobei der Kopf folgende Merkmale aufweist:
eine erste und eine zweite Ferritstruktur, die einen oberen Abschnitt (**360**) bilden;
ein nichtmagnetisches Material zwischen der ersten und der zweiten Ferritstruktur, um einen Abstandshalter (**340**) zu bilden und dadurch eine Ferrit-Nichtmagnetisch-Ferrit-Anordnung zu erzeugen; und
eine Schicht (**390**) aus einem magnetischen Material, die zumindest einen magnetischen Zwischenraum (**150**) über dem nichtmagnetischen Material aufweist, um die magnetische Struktur zum Schreiben eines Abschnitts einer Servostruktur auf das Band zu bilden, **dadurch gekennzeichnet**, dass:
die erste und die zweite Ferritstruktur Teil eines oberen Ferritwafers (**400**) sind, dadurch, dass der Kopf ferner einen unteren Ferritwaferteil (**370**) aufweist, der mit den Ferritstrukturen verbunden ist und einen Unterabschnitt bildet, um eine Magnetschaltung um den Zwischenraum herum zu vervollständigen, und dadurch, dass zwischen der ersten und der zweiten Ferritstruktur einerseits und der unteren Ferritwaferteil andererseits ein Kanal unter dem nichtmagnetischen Material und über dem Unterabschnitt gebildet ist.

2. Der Kopf gemäß Anspruch 1, bei dem die Schicht (**390**) aus einem magnetischen Material eine Mehrzahl der magnetischen Zwischenräume (**150**) über dem nichtmagnetischen Material aufweist, um die magnetische Struktur zum Schreiben der Servostruktur in das Band zu bilden.

3. Der Kopf gemäß Anspruch 1 oder 2, der eine induktive Wicklung (**160**) aufweist, die durch den Kanal läuft.

4. Der Kopf gemäß Anspruch 1 oder 2, der eine induktive Wicklung (**160**) aufweist, die um den Unterabschnitt (**370**) gewickelt ist.

5. Der Kopf gemäß Anspruch 1 oder 2, der eine induktive Wicklung (**160**) aufweist, die um den oberen Abschnitt (**360**) gewickelt ist.

6. Der Kopf gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der obere Ferritwafer (**400**) eine im Wesentlichen planare Kopfoberfläche und eine vordere Kante (**320**) aufweist, wobei die vordere Kante derart benachbart zu der Kopfoberfläche angeordnet ist, dass ein Band die vordere Kante berührt, bevor es über die Kopfoberfläche läuft, wobei die vordere Kante so abgerundet ist, um ein Luftlager zwischen der Kopfoberfläche und dem Band zu bilden.

7. Der Kopf gemäß Anspruch 6, der eine hintere Kante (**350**) aufweist, wobei die hintere Kante derart benachbart zu der Kopfoberfläche angeordnet ist,

dass das Band über die hinter Kante läuft, nachdem es über die Kopfoberfläche läuft, wobei die hintere Kante abgerundet ist.

8. Ein Verfahren zum Herstellen eines Servoschreibkopfs (**300**) für ein Magnetband, mit folgenden Schritten:
Herstellen einer Struktur aus einem Ferritmaterial (**360**, **370**) und einem nichtmagnetischen Material (**340**), derart, dass in der oberen Region des Kopfs, in der das Ferritmaterial (**360**) Teil eines ersten Ferritwafers (**400**) ist, das Ferritmaterial im Wesentlichen das nichtmagnetische Material als ein Abstandshalter an einer ersten und einer zweiten Seite desselben sandwichartig umgibt, und derart, dass in einer unteren Region, in der das Ferritmaterial (**370**) Teil eines zweiten Ferritwafers (**800**) ist, das Ferritmaterial die erste und die zweite Seite des Ferritmaterials der oberen Region miteinander verbindet, während ein Kanal zwischen der oberen und der unteren Region definiert wird; und
Aufbringen einer Schicht aus einem magnetischen Materials (**390**) auf das nichtmagnetische Material in der oberen Region des Kopfs und Bereitstellen eines oder mehrerer Zwischenräume (**150**) in dem magnetischen Material (**390**) über dem nichtmagnetischen Material (**340**), um die magnetische Struktur zum Schreiben eines Abschnitts einer Servostruktur in das Band zu bilden.

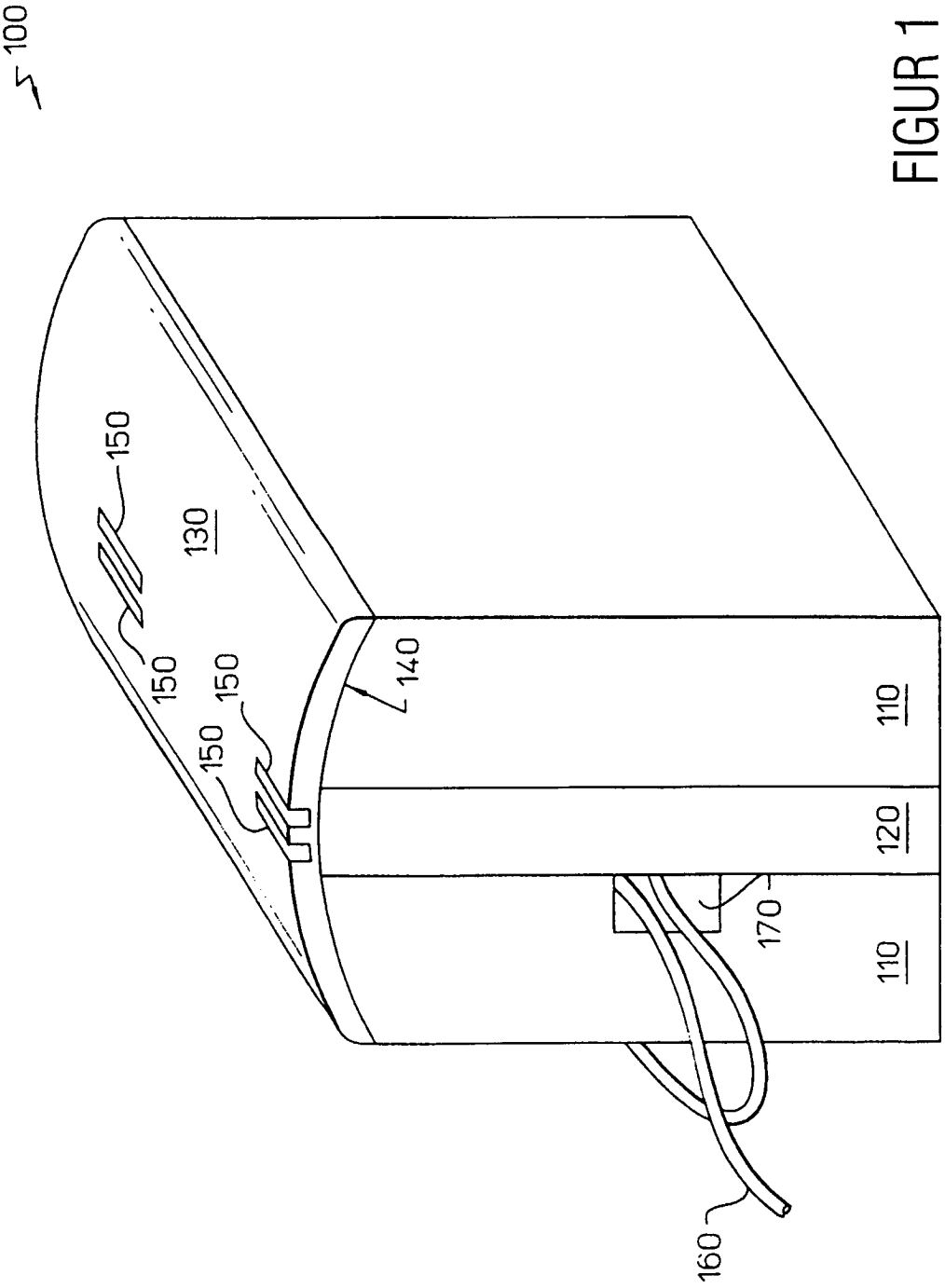
9. Das Verfahren gemäß Anspruch 8, bei dem die Regionen des Ferrit-Materials an der Oberseite des Kopfs Teil eines Ferritwafers sind und eine Mehrzahl der Köpfe durch eine Serienfertigung des Ferritwafers gebildet wird.

10. Das Verfahren gemäß Anspruch 8 oder 9 zum Herstellen eines Kopfs gemäß Anspruch 6, wobei die Abrundung der vorderen Kante durch einen oder mehrere ausgewählte Vorgänge eines Verblendens, eines Schleifens, einer maschinellen Bearbeitung und einer Kantenabschrägung zu der Kopfoberfläche erzielt wird.

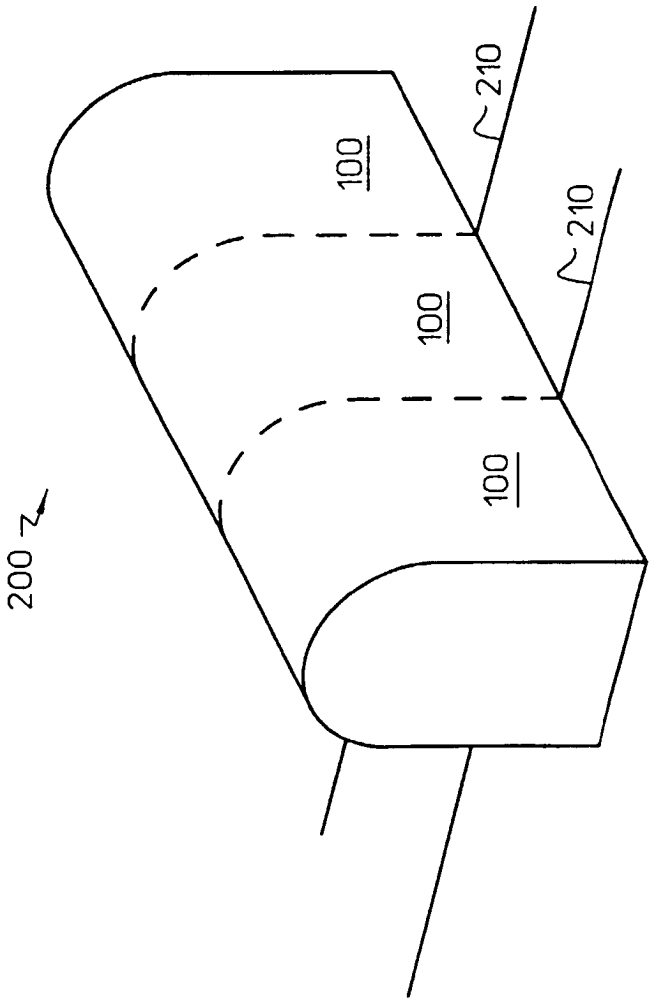
11. Das Verfahren gemäß Anspruch 8 oder 9 zum Herstellen eines Kopfs gemäß Anspruch 7, bei dem das Abrunden der hinteren Kante durch einen oder mehrere ausgewählte Vorgänge eines Verblendens, eines Schleifens, einer maschinellen Bearbeitung und einer Kantenabschrägung von der Kopfoberfläche erzielt wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

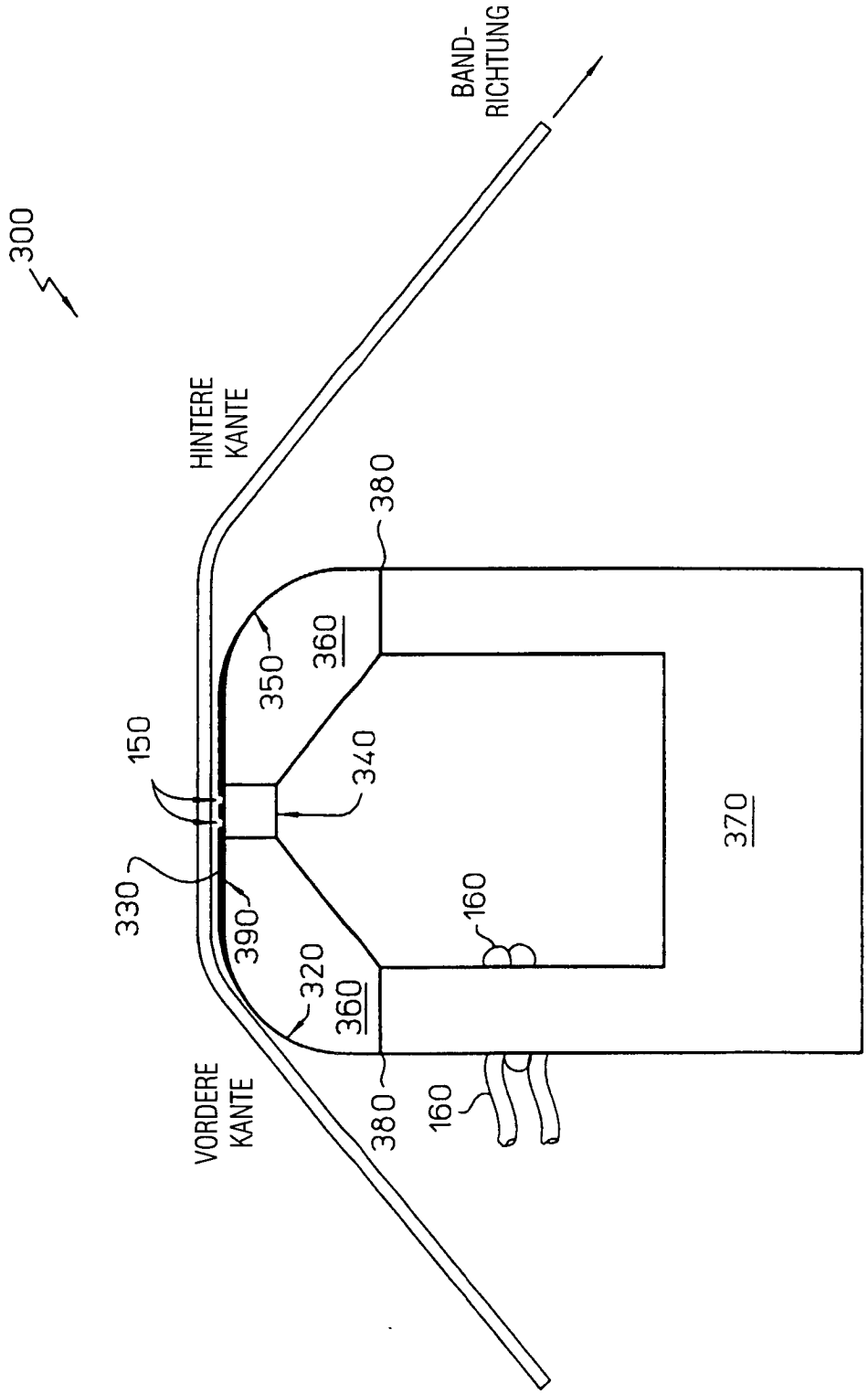
Anhängende Zeichnungen



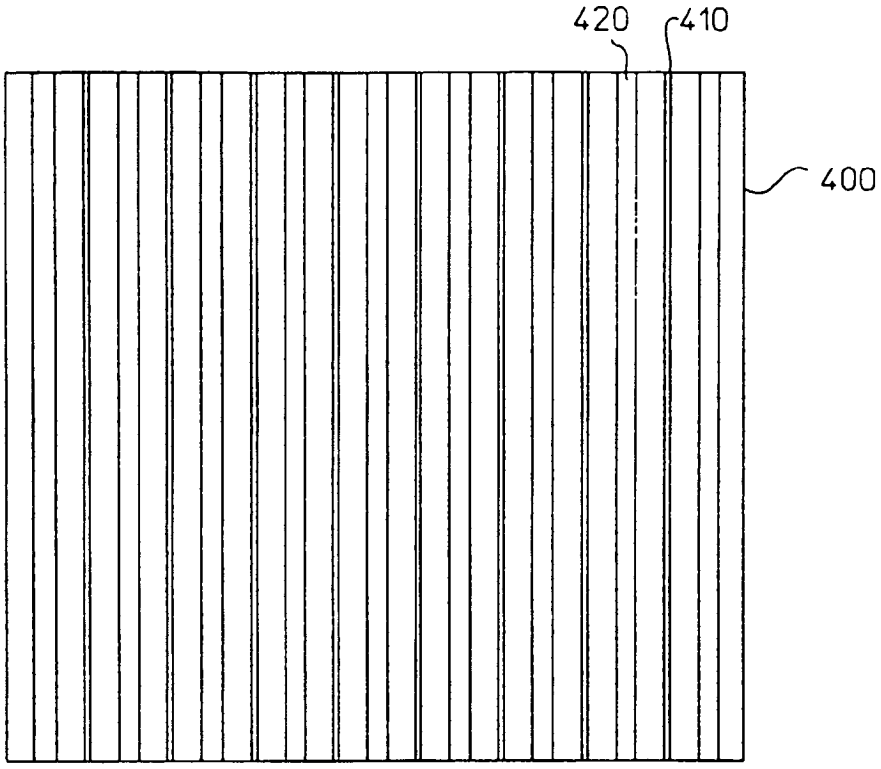
FIGUR 1
(STAND DER TECHNIK)



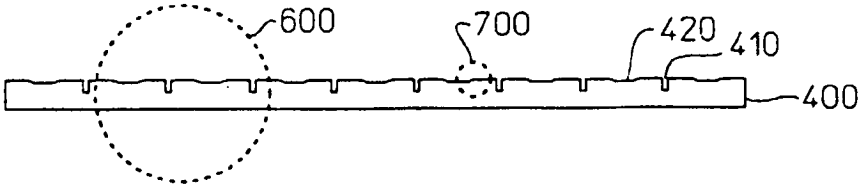
FIGUR 2


300
BAND-
RICHTUNG
HINTERE
KANTE
380
360
350
150
340
370
330
390
160
320
360
VORDERE
KANTE
380
160

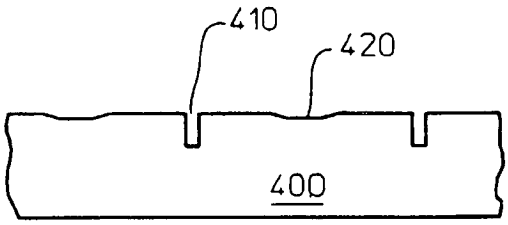
FIGUR 3



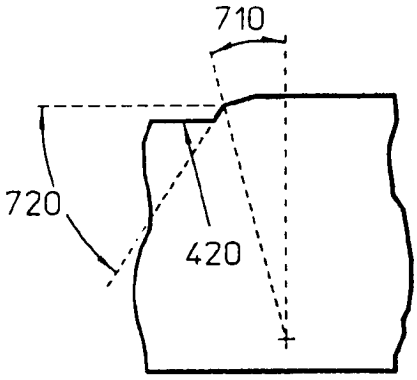
FIGUR 4



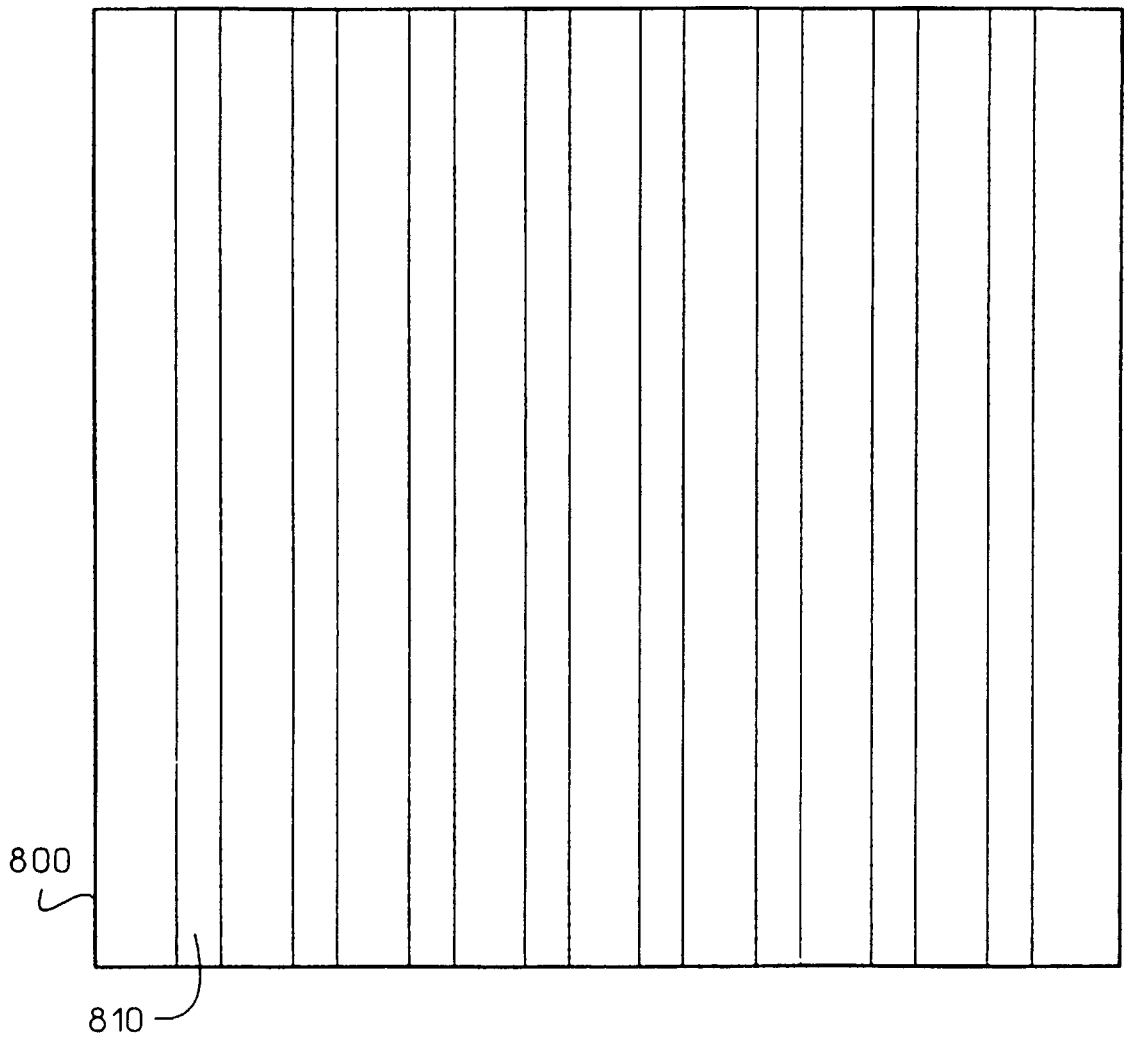
FIGUR 5



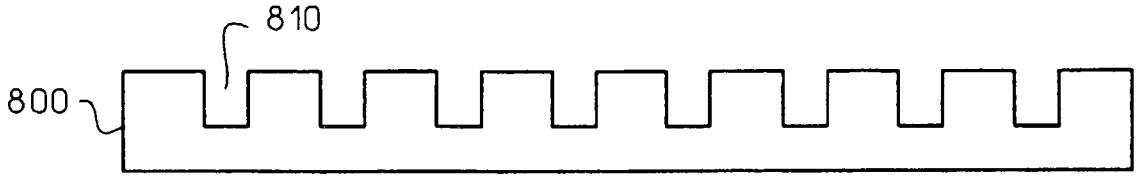
FIGUR 6



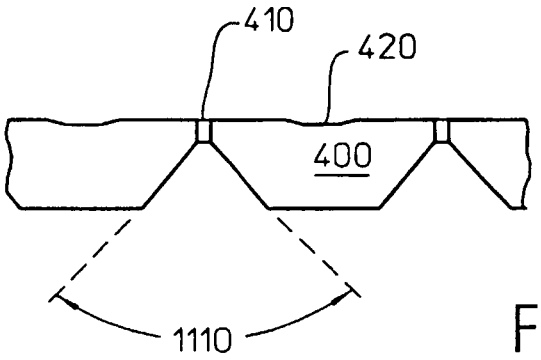
FIGUR 7



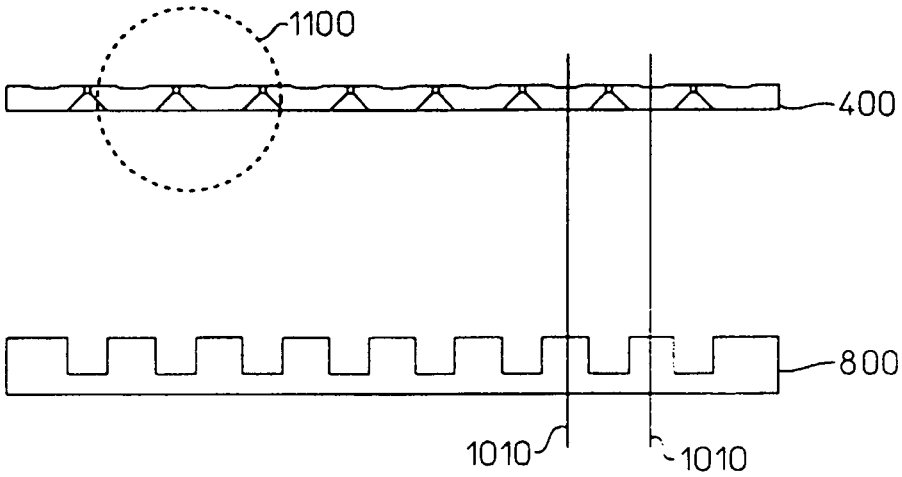
FIGUR 8



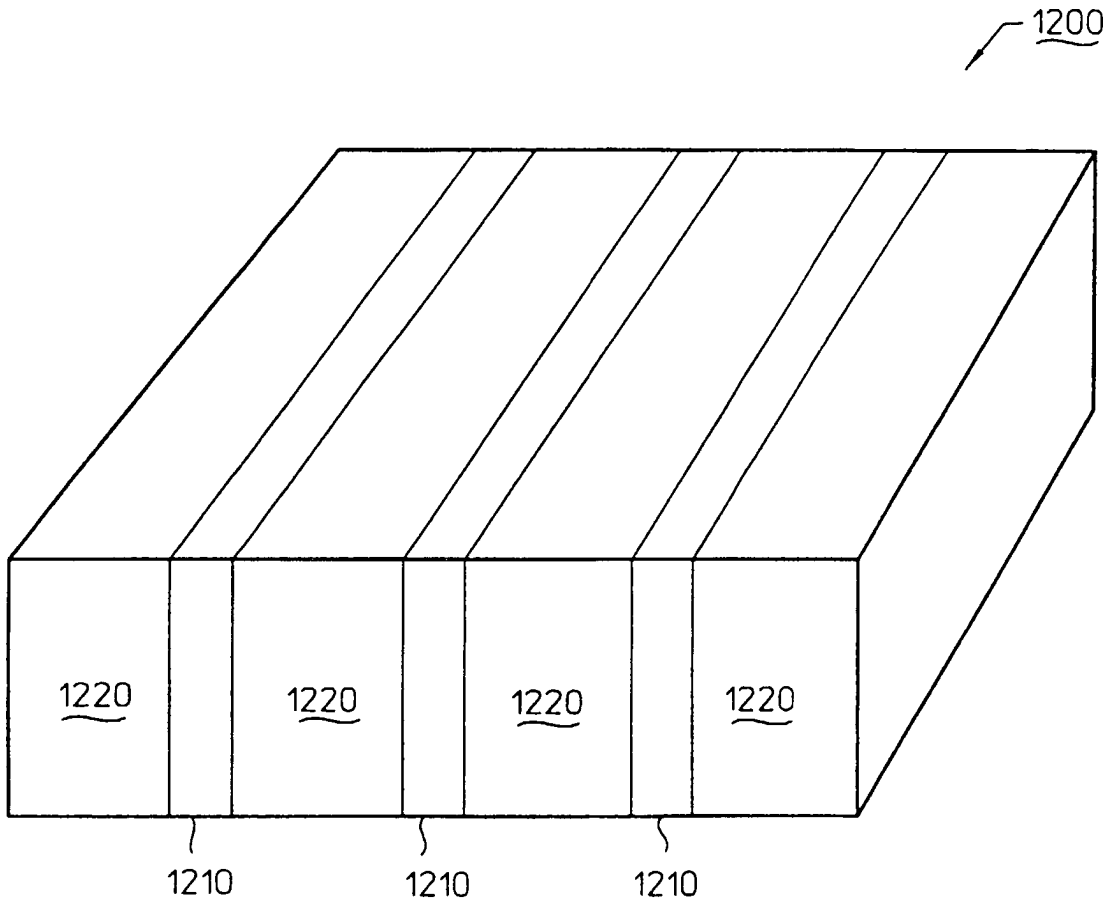
FIGUR 9



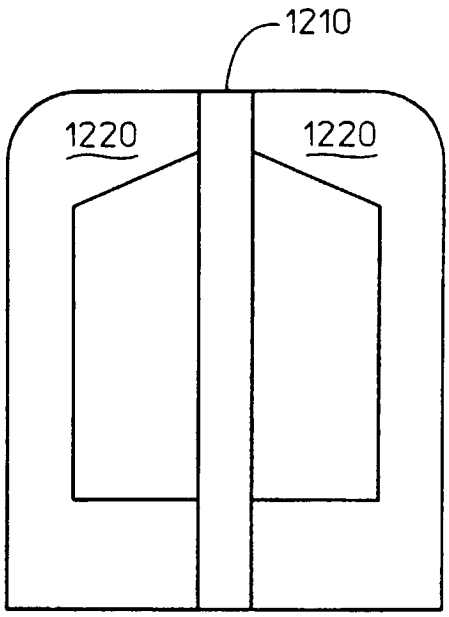
FIGUR 11



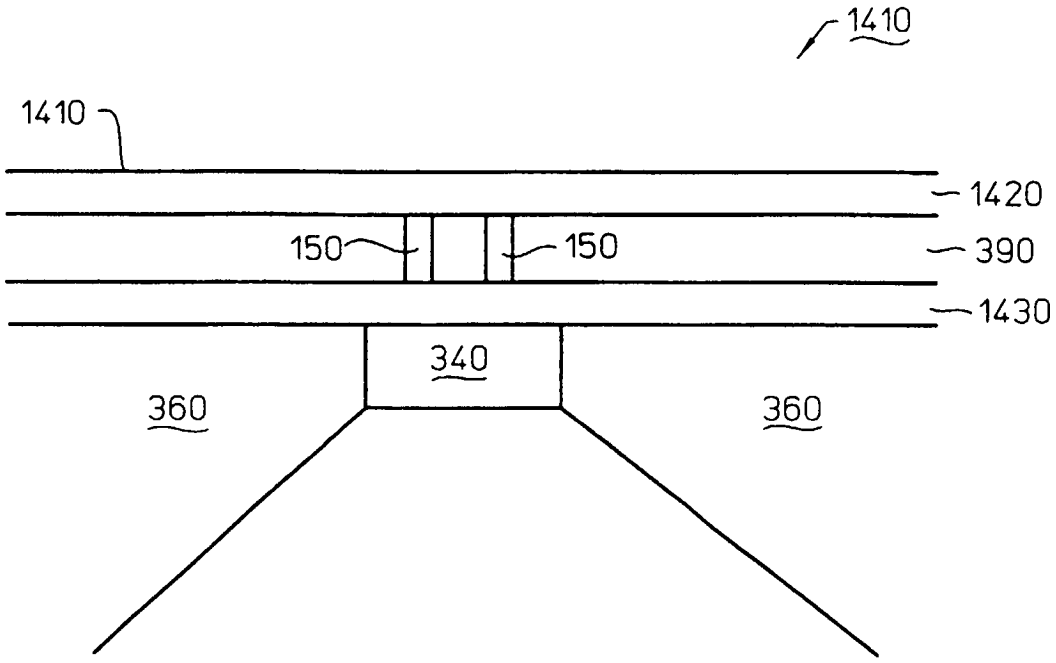
FIGUR 10



FIGUR 12



FIGUR 13



FIGUR 14