



<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : H01L 43/08, G11C 11/16</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/52771 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. September 2000 (08.09.00)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/00310 (22) Internationales Anmeldedatum: 1. Februar 2000 (01.02.00) (30) Prioritätsdaten: 199 08 519.6 26. Februar 1999 (26.02.99) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, D-81541 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHWARZL, Siegfried [DE/DE]; Josef-Kyrein-Strasse 11B, D-85579 Neubiberg (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: INFINEON TECHNOLOGIES AG; Zedlitz, Peter, Postfach 22 13 17, D-80503 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	

(54) Title: STORAGE CELL ARRANGEMENT AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

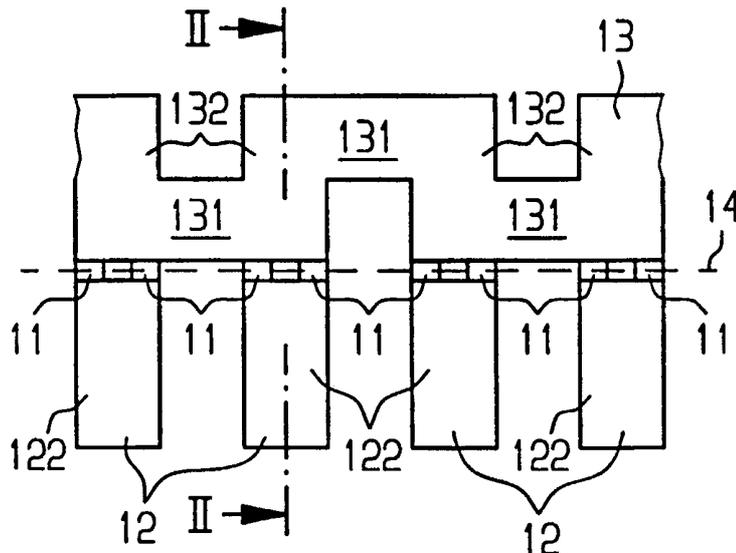
(54) Bezeichnung: SPEICHERZELLENANORDNUNG UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG

(57) Abstract

The invention relates to a storage cell arrangement comprising a magnetoresistive element (11) which has a ring-shaped cross-section in a stratified plane. A first line (12) and a second line (13) which intersect each other are provided in said storage cell arrangement. The magnetoresistive element (11) is located in the intersection area between the first line (12) and the second line (13). Said first line (12) and/or said second line have at least one first line section (131) in which a current component which is oriented parallel to the stratified plane is predominant and a second line section (132) in which a current component which is oriented vertically to the stratified plane is predominant.

(57) Zusammenfassung

In einer Speicherzellenanordnung mit einem magnetoresistiven Element (11), das in einer Schichtebene einen ringförmigen Querschnitt aufweist, sind eine erste Leitung (12) und eine zweite Leitung (13), die sich kreuzen, vorgesehen. Das magnetoresistive Element (11) ist im Kreuzungsbereich zwischen der ersten Leitung (12) und der zweiten Leitung (13) angeordnet. Die erste Leitung (12) und/oder die zweite Leitung weisen mindestens einen ersten Leitungsanteil (131), in dem eine parallel zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, und einen zweiten Leitungsanteil (132), in dem eine senkrecht zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, auf.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Speicherzellenanordnung und Verfahren zu deren Herstellung.

- 5 Die Erfindung betrifft eine Speicherzellenanordnung mit mindestens einem magnetoresistiven Element sowie ein Verfahren zu deren Herstellung.

Als magnetoresistives Element, auch Magnetowiderstandselement
10 genannt, wird in der Fachwelt eine Struktur verstanden, die mindestens zwei ferromagnetische Schichten und eine dazwischen angeordnete nichtmagnetische Schicht aufweist. Je nach Aufbau der Schichtstruktur wird dabei unterschieden zwischen GMR-Element, TMR-Element und CMR-Element (siehe S. Mengel,
15 Technologieanalyse Magnetismus, Band 2, XMR-Technologien, Herausgeber VDI Technologiezentrum Physikalische Technologien, August 1997).

Der Begriff GMR-Element wird für Schichtstrukturen verwendet,
20 die mindestens zwei ferromagnetische Schichten und eine dazwischen angeordnete nichtmagnetische, leitende Schicht aufweisen und den sogenannten GMR (giant magnetoresistance)-Effekt zeigen. Unter dem GMR-Effekt wird die Tatsache verstanden, daß der elektrische Widerstand des GMR-Elementes abhängig davon ist, ob die Magnetisierungen in den beiden ferromagnetischen Schichten parallel oder antiparallel ausgerichtet sind. Der GMR-Effekt ist im Vergleich zum sogenannten AMR (anisotropic magnetoresistance)-Effekt groß. Als AMR-Effekt wird die Tatsache verstanden, daß der Widerstand in
25 magnetisierten Leitern parallel und senkrecht zur Magnetisierungsrichtung verschieden ist. Bei dem AMR-Effekt handelt es sich um einen Volumeneffekt, der in ferromagnetischen Einfachschichten auftritt.

35 Der Begriff TMR-Element wird in der Fachwelt für Tunneling Magnetoresistance-Schichtstrukturen verwendet, die mindestens zwei ferromagnetische Schichten und eine dazwischen angeord-

nete isolierende, nichtmagnetische Schicht aufweisen. Die isolierende Schicht ist dabei so dünn, daß es zu einem Tunnelstrom zwischen den beiden ferromagnetischen Schichten kommt. Diese Schichtstrukturen zeigen ebenfalls einen magnetoresistiven Effekt, der durch einen spinpolarisierten Tunnelstrom durch die zwischen den beiden ferromagnetischen Schichten angeordnete isolierende, nichtmagnetische Schicht bewirkt wird. Auch in diesem Fall ist der elektrische Widerstand des TMR-Elementes abhängig davon, ob die Magnetisierungen in den beiden ferromagnetischen Schichten parallel oder antiparallel ausgerichtet sind. Die relative Widerstandsänderung beträgt dabei etwa 6 bis ca. 40 Prozent bei Raumtemperatur.

Ein weiterer Magnetowiderstandseffekt, der wegen seiner Größe (relative Widerstandsänderung von 100 bis 400 Prozent bei Raumtemperatur) CMR (colossal magnetoresistance)-Effekt genannt wird, erfordert wegen seiner hohen Koerzitivkräfte ein hohes Magnetfeld zum Umschalten zwischen den Magnetisierungszuständen.

Es ist vorgeschlagen worden, (siehe zum Beispiel D. D. Tang et al, IEDM 95, Seiten 997 bis 999, J. M. Daughton, Thin Solid Films, Bd. 216 (1992), Seiten 162 bis 168, Z. Wang et al, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Bd. 155 (1996), Seiten 161 bis 163) GMR-Elemente als Speicherelemente in einer Speicherzellenanordnung zu verwenden. Die Speicherelemente werden über Leseleitungen in Reihe verschaltet. Quer dazu verlaufen Wortleitungen, die sowohl gegenüber den Leseleitungen als auch gegenüber den Speicherelementen isoliert sind. An die Wortleitungen angelegte Signale verursachen durch den in jeder Wortleitung fließenden Strom ein Magnetfeld, das bei hinreichender Stärke die darunter befindlichen Speicherelemente beeinflußt. Zum Einschreiben von Information werden x/y-Leitungen verwendet, die sich an der zu beschreibenden Speicherzelle kreuzen. Sie werden mit Signalen beaufschlagt, die am Kreuzungspunkt ein für die Ummagnetisierung ausrei-

chendes magnetisches Feld verursachen. Dabei wird die Magnetisierungsrichtung in der einen der beiden ferromagnetischen Schichten umgeschaltet. Die Magnetisierungsrichtung in der anderen der beiden ferromagnetischen Schichten bleibt dagegen unverändert. Das Festhalten der Magnetisierungsrichtung in der zuletzt genannten ferromagnetischen Schicht erfolgt durch eine benachbarte antiferromagnetische Schicht, die die Magnetisierungsrichtung festhält, oder dadurch, daß die Schwellenschwelle für diese ferromagnetische Schicht durch anderes Material oder andere Dimensionierung, zum Beispiel die Schichtdicke, im Vergleich zu der zuerst genannten ferromagnetischen Schicht vergrößert wird.

In US 5 541 868 und US 5 477 482 sind ringförmige Speicherelemente vorgeschlagen worden, die auf dem GMR-Effekt beruhen. Ein Speicherelement umfaßt einen Stapel, der mindestens zwei ringförmige ferromagnetische Schichtelemente und ein nichtmagnetisches leitendes Schichtelement, das dazwischen angeordnet ist, aufweist und der zwischen zwei Leitungen geschaltet ist. Die ferromagnetischen Schichtelemente unterscheiden sich in ihrer Materialzusammensetzung. Eines der ferromagnetischen Schichtelemente ist magnetisch hart, das andere magnetisch weicher. Zum Einschreiben der Information wird die Magnetisierungsrichtung in dem magnetisch weicheren Schichtelement umgeschaltet, während die Magnetisierungsrichtung in dem magnetisch härteren Schichtelement erhalten bleibt.

Eine weitere Speicherzellenanordnung mit ringförmigen Speicherelementen, die auf dem GMR-Effekt beruhen, wurde in WO 96/25740 vorgeschlagen. Sie weisen Schichtelemente aus zwei magnetischen Materialien auf, von denen das eine eine hohe und das andere eine niedrige Koerzitivkraft aufweist. Zur Ansteuerung des magnetoresistiven Elementes sind zwei Treiberleitungen vorgesehen, die beide durch die Mitte des ringförmigen GMR-Elementes verlaufen. Das Umschalten der Magnetisie-

rungsrichtung erfolgt mit Hilfe eines Magnetfeldes, das durch Ströme in den beiden Treiberleitungen induziert wird.

Zum Umschalten der Magnetisierungsrichtung fließt zwischen den beiden Leitungen, zwischen die das GMR-Element geschaltet ist, ein Strom, der auch über das Speicherelement fließt. Das von diesem Strom induzierte Magnetfeld wird zur Änderung der Magnetisierungsrichtung verwendet.

Da beide Treiberleitungen durch die Mitte des ringförmigen GMR-Elementes verlaufen und gegeneinander isoliert sein müssen, ist die in dieser Anordnung erzielbare Packungsdichte begrenzt.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Speicherzellenanordnung mit mindestens einem magnetoresistiven Element anzugeben, die gegen externe magnetische Störfelder unempfindlich ist, die sowohl für magnetoresistive Elemente mit TMR-Effekt als auch mit GMR-Effekt funktionsfähig ist und die mit im Vergleich zum Stand der Technik erhöhter Packungsdichte herstellbar ist. Ferner soll ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Speicherzellenanordnung angegeben werden.

Dieses Problem wird gelöst durch eine Speicherzellenanordnung gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren zu deren Herstellung gemäß Anspruch 11. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den übrigen Ansprüchen hervor.

Die Speicherzellenanordnung weist mindestens ein magnetoresistives Element auf, das einen in einer Schichtebene ringförmigen Querschnitt aufweist. Das magnetoresistive Element weist Schichtelemente auf, die senkrecht zur Schichtebene übereinander gestapelt sind. Durch die Verwendung eines magnetoresistiven Elementes mit ringförmigem Querschnitt wird eine erhöhte Unempfindlichkeit gegen externe magnetische Störfelder erzielt, da externe magnetische Störfelder über die Ausdehnung des ringförmigen Elementes sehr homogen und

damit weitgehend wirkungslos sind. Auf zusätzliche Abschirmmaßnahmen zum Beispiel unter Verwendung von μ -Metall kann verzichtet werden.

5 Da in einem ringförmigen ferromagnetischen Schichtelement ein geschlossener Magnetfluß vorliegt, treten nach außen höchstens während des Ummagnetisierungsprozesses magnetische Streufelder auf. Schichtelemente eines oder benachbarter magneto-resistiver Elemente sind somit nahezu vollständig magnetisch entkoppelt. Daher können eine Vielzahl gleichartiger
10 magneto-resistiver Elemente mit hoher Packungsdichte in der Speicherzellenanordnung vorgesehen werden.

Da in einem ringförmigen ferromagnetischen Schichtelement ein
15 geschlossener Magnetfluß vorliegt, treten nach außen höchstens während des Ummagnetisierungsprozesses magnetische Streufelder auf. Schichtelemente eines oder benachbarter magneto-resistiver Elemente sind somit nahezu vollständig magnetisch entkoppelt. Daher können eine Vielzahl gleichartiger
20 magneto-resistiver Elemente mit hoher Packungsdichte in der Speicherzellenanordnung vorgesehen werden.

In ringförmigen Schichtelementen existieren zwei stabile Magnetisierungszustände, das heißt der Magnetisierungsfluß ist
25 entweder im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn geschlossen. Beide Zustände sind sehr stabil und die Übergänge von einem in den anderen Zustand sind unempfindlich gegen Defekte und geometrische Irregularitäten. Die Wahrscheinlichkeit von Informationsverlusten durch irreversible Magnetisierungsprozesse sind daher geringer als für konventionelle,
30 einfach zusammenhängende Elementstrukturen.

Die Speicherzellenanordnung umfaßt darüber hinaus eine erste
35 Leitung und eine zweite Leitung, die sich kreuzen. Im Kreuzungsbereich zwischen der ersten Leitung und der zweiten Leitung ist das magneto-resistive Element angeordnet. Dabei sind die erste Leitung und die zweite Leitung im Kreuzungsbereich

bezüglich der Schichtebene auf unterschiedlichen Seiten des magnetoresistiven Elementes angeordnet. Die erste Leitung und/oder die zweite Leitung weisen mindestens einen ersten Leitungsanteil und einen zweiten Leitungsanteil auf. Der erste Leitungsanteil ist so ausgerichtet, daß darin eine zur Schichtebene parallel gerichtete Stromkomponente überwiegt, während in dem zweiten Leitungsanteil im Kreuzungsbereich zwischen der ersten Leitung und der zweiten Leitung eine zur Schichtebene senkrecht gerichtete Stromkomponente überwiegt. Insbesondere verläuft der erste parallel zu der Schichtebene, der zweite Leitungsanteil kreuzt im Kreuzungsbereich zwischen der ersten Leitung und der zweiten Leitung eine zur Schichtebene parallele Ebene. Insbesondere sind die erste Leitung und/oder die zweite Leitung senkrecht zur Schichtebene gekröpft.

Die durch die derart gestalteten Leitungen fließenden Ströme erzeugen am Ort der ringförmigen magnetoresistiven Elemente ein Magnetfeld, das zum Ummagnetisieren der magnetoresistiven Elemente beim Schreibvorgang geeignet ist. Dabei tragen sowohl die in der Schichtebene azimuthalen (zirkularen) Magnetfelder der vertikalen Stromkomponenten, als auch die lateralen, das heißt in der Schichtebene zur Längsrichtung der Leitung senkrecht gerichteten Magnetfeldkomponenten der parallelen Stromkomponenten zum Ummagnetisierungsfeld bei. Die zur Schichtebene parallelen Stromkomponenten tragen zur Ummagnetisierung bei, weil die ersten Leitungsanteile der ersten wie auch der zweiten Leitung unterschiedliche Abstände zum ringförmigen magnetoresistiven Element haben und sich daher dort nicht kompensieren.

Durch die derart gestalteten Leitungen sind Speicherzellenanordnungen möglich, die im Vergleich zu bisherigen Lösungen einfacher und mit größerer Packungsdichte hergestellt werden können. Die sich am Ort des Speicherelementes kreuzenden ersten und zweiten Leitungen sind zum Schreiben und Lesen ausreichend. Weitere Leitungen, zum Beispiel durch die ringfö-

migen Speicherelemente sind im Gegensatz zu der aus WO 96/25740 bekannten Lösung nicht erforderlich. Dadurch entsteht ein geringerer Flächenbedarf pro Speicherzelle.

- 5 Außerdem kann die Speicherzellenanordnung sowohl mit einem auf dem GMR-Effekt beruhenden magnetoresistiven Element als auch mit einem auf dem TMR-Effekt beruhenden magnetoresistiven Element realisiert werden, da im Gegensatz zu der aus US 5 477 482 und 5 541 868 bekannten Lösung zur Erzeugung des magnetischen Schaltfeldes kein Strom über das magnetoresistive Element erforderlich ist.

Vorzugsweise weist sowohl die erste Leitung als auch die zweite Leitung jeweils mindestens einen ersten Leitungsanteil, in dem eine zur Schichtebene parallel gerichtete Stromkomponente überwiegt, und einen zweiten Leitungsanteil, in dem eine zur Schichtebene senkrecht gerichtete Stromkomponente überwiegt, auf. Werden die erste Leitung und die zweite Leitung so beschaltet, daß der Strom durch den zweiten Leitungsanteil der ersten Leitung und der Strom durch den zweiten Leitungsanteil der zweiten Leitung in derselben Richtung fließen, so überlagern sich die azimuthalen Magnetfelder dieser Ströme konstruktiv und verstärken sich am Ort des magnetoresistiven Elementes. Auf diese Weise ist selektives Schreiben in Speicherzellenfeldern möglich.

Wird das magnetoresistive Element zwischen die erste Leitung und die zweite Leitung geschaltet, so kann die gespeicherte Information über die erste Leitung und die zweite Leitung ausgelesen werden. Dazu wird der Widerstand des magnetoresistiven Elementes bewertet. Dies kann durch Messung des Absolutwiderstandes des magnetoresistiven Elementes, durch Messung der Widerstandsänderung beim Schalten des magnetoresistiven Elementes oder durch Widerstandsvergleich mit einem benachbarten magnetoresistiven Elementes bekannten Magnetisierungszustandes erfolgen. Zum Auslesen der gespeicherten

Information sind alle Verfahren zur Widerstandsbewertung des magnetoresistiven Elementes geeignet.

Das magnetoresistive Element weist vorzugsweise jeweils ein
5 erstes ferromagnetisches Schichtelement, ein nichtmagnetisches Schichtelement und ein zweites ferromagnetisches Schichtelement auf, wobei das nichtmagnetische Schichtelement zwischen dem ersten ferromagnetischen Schichtelement und dem
10 zweiten ferromagnetischen Schichtelement angeordnet ist. Das magnetoresistive Element kann sowohl auf dem GMR-Effekt als auch dem TMR-Effekt beruhen. Die Verwendung eines magnetoresistiven Elementes, das auf dem TMR-Effekt beruht wird wegen des im Vergleich zu einem GMR-Element größeren Widerstandes, des dadurch bedingten geringeren Leistungsverbrauchs und des
15 meist größeren Magnetowiderstandseffektes bevorzugt. Darüber hinaus kann das magnetoresistive Element auf dem CMR-Effekt beruhen, falls die Anordnung die erforderlichen magnetischen Schaltfelder erzeugen kann.

20 Das erste ferromagnetische Schichtelement und das zweite ferromagnetische Schichtelement enthalten vorzugsweise mindestens eines der Elemente Fe, Ni, Co, Cr, Mn, Gd, Dy, Bi. Das erste ferromagnetische Schichtelement und das zweite ferromagnetische Schichtelement unterscheiden sich vorzugsweise bezüglich der magnetischen Härte und/oder ihrer Schichtdicke.
25

Senkrecht zur Schichtebene weisen das erste ferromagnetische Schichtelement und das zweite ferromagnetische Schichtelement vorzugsweise eine Dicke zwischen 2 nm und 20 nm auf. Das
30 nichtmagnetische Schichtelement enthält im Fall des TMR-Effektes vorzugsweise mindestens eines der Materialien Al_2O_3 , NiO, HfO_2 , TiO_2 , NbO, SiO_2 und weist senkrecht zur Schichtebene eine Dicke zwischen 1 und 4 nm auf. Im Fall eines GMR-Elementes enthält das nichtmagnetische Schichtelement vorzugsweise mindestens einen der Stoffe Cu, Au, Ag und/oder Al
35 und weist senkrecht zur Schichtebene eine Dicke zwischen 2 und 5 nm auf. Das erste ferromagnetische Schichtelement, das

zweite ferromagnetische Schichtelement und das nichtmagnetische Schichtelement weisen parallel zur Schichtebene vorzugsweise Abmessungen zwischen 50 nm und 400 nm auf.

5 Zur Speicherung großer Datenmengen weist die Speicherzellenanordnung eine Vielzahl gleichartiger magnetoresistiver Elemente auf, die matrixartig angeordnet sind. Ferner sind eine Vielzahl gleichartiger erster Leitungen und gleichartiger
10 zweiter Leitungen vorgesehen. Die ersten Leitungen und die zweiten Leitungen kreuzen sich. Im Kreuzungsbereich zwischen einer der ersten Leitungen und einer der zweiten Leitungen ist jeweils eines der magnetoresistiven Elemente angeordnet. Die ersten Leitungen und/oder die zweiten Leitungen weisen
15 jeweils alternierend erste Leitungsanteile, in denen eine parallel zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, und zweite Leitungsanteile, in denen eine senkrecht zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, auf. Da die ringförmigen magnetoresistiven Elemente magnetisch nahezu entkoppelt sind, kann dabei eine hohe Packungsdichte erzielt werden.
20

Vorzugsweise weisen sowohl die ersten Leitungen als auch die zweiten Leitungen jeweils erste Leitungsanteile und zweite Leitungsanteile auf, so daß ein selektives Schreiben in die
25 einzelnen Speicherzellen möglich ist.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung sind die ersten Leitungsanteile und die zweiten Leitungsanteile einer der ersten Leitungen und/oder der zweiten Leitungen so angeordnet, daß
30 die betreffende Leitung parallel zur Schichtebene einen streifenförmigen Querschnitt aufweist. In dieser Ausgestaltung kann ein Flächenbedarf pro Speicherzelle von $4 F^2$ erzielt werden, wobei F die in der jeweiligen Technologie minimal herstellbare Strukturgröße ist, sofern die Breite der
35 Leitungen parallel zur Schichtebene als auch der Abstand zwischen benachbarten Leitungen F beträgt. In dieser Anordnung entstehen in der Schichtebene am Ort jedes ringförmigen Spei-

cherelementes durch konstruktive Überlagerung der von den vertikalen Stromkomponenten in den ersten und/oder zweiten Leitungen ein azimuthales Magnetfeld, das für das Ummagnetisieren der ringförmigen magnetoresistiven Elemente primär verantwortlich ist. Magnetfeldbeiträge, die von den zur Schichtebene parallelen Stromkomponenten herrühren, führen zu einer Asymmetrie des resultierenden magnetischen Schaltfeldes, die sich hinsichtlich reduzierter Schaltfeldschwelle positiv auswirkt.

10

In einer weiteren Ausgestaltung der Speicherzellenanordnung sind die magnetoresistiven Elemente in Zeilen und Spalten zwischen den ersten und zweiten Leitungen angeordnet, wobei die Schichtebene durch die Mittelebenen der magnetoresistiven Elemente aufgespannt wird. Dabei verlaufen die Richtung der Zeilen und die Richtung der Spalten parallel zur Schichtebene, wobei sich die Richtung der Zeilen mit der Richtung der Spalten kreuzt. Die Projektionen der ersten Leitungsanteile einer der ersten Leitungen auf die Schichtebene sind jeweils zwischen benachbarten magnetoresistiven Elementen dieser Zeile so angeordnet, daß die Projektionen bezüglich der Verbindungsgeraden durch die magnetoresistiven Elemente dieser Zelle seitlich alternierend versetzt angeordnet sind. Die Projektion der ersten Leitungsanteile einer der zweiten Leitungen auf die Schichtebene ist jeweils zwischen benachbarten magnetoresistiven Elementen einer der Spalten angeordnet, wobei die Projektion bezüglich einer Verbindungslinie zwischen den benachbarten magnetoresistiven Elementen seitlich versetzt angeordnet ist. Die Projektionen von entlang einer der Leitungen benachbarten ersten Leitungsanteilen auf die Schichtebene ist bezüglich der jeweiligen Verbindungslinien nach entgegengesetzten Seiten versetzt angeordnet. Die Projektionen der ersten Leitungen und der zweiten Leitungen auf die Schichtebene sind somit keine langgestreckten Rechtecke, sondern wellenförmig. In dieser Ausgestaltung werden am Ort der magnetoresistiven Elemente zweizählig symmetrische lokale azi-

mutale Magnetfelder verursacht. Der Platzbedarf pro Speicherzelle beträgt $9 F^2$.

In dieser Ausgestaltung der Speicherzellenanordnung werden
5 magnetische Schaltfelder höherer, nämlich zweizähliger Symmetrie in der Schichtebene am Ort der ringförmigen Elemente erzeugt. Diese Ausgestaltung weist vorzugsweise folgende Merkmale auf:

- 10 - Die Projektion der ersten und zweiten Leitungen auf die Schichtebene sind Bänder, deren Mittellinien und Ränder wellenartige, zueinander parallele Polygonzüge sind.
- Die Strukturen in den wellenartigen Bändern wiederholen
15 sich periodisch, wobei die wellenartigen Bänder um eine mittlere Längsrichtung schwingen.
- Die benachbarten Projektionsbänder der ersten und zweiten
20 Leitungen sind gegeneinander um eine halbe Periode in Längsrichtung verschoben.
- Die Projektionsbänder der ersten Leitungen kreuzen sich mit denen der zweiten Leitungen in den "Nullstellen" der Wellenbänder, wobei die mittleren Längsrichtungen einen rechten Winkel bilden, die Bänder abschnittsweise aber parallel
25 zueinander verlaufen. Als Nullstelle wird dabei jeweils der Kreuzungspunkt des Projektionsbandes mit der jeweiligen mittleren Längsrichtung bezeichnet.
- 30 - Die ringförmigen magnetoresistiven Elemente sind in der Schichtebene an den Kreuzungsstellen zwischen den ersten und zweiten Leitungen in Zeilen und Spalten angeordnet.
- Die ersten und zweiten Leitungen sind an den Kreuzungsstellen senkrecht zur Schichtebene gekröpft, so daß an diesen
35 Stellen zweite Leitungsanteile mit senkrechten Stromkomponenten existieren.

Bei konstruktiver Überlagerung der von den vertikalen Stromkomponenten der ersten und zweiten Leitungen erzeugten Magnetfelder und ausreichender Stromstärke lassen sich mit dieser Anordnung zweizählig symmetrische Schaltfelder am Ort der ringförmigen magneto-resistiven Elemente erzeugen.

Diese Ausgestaltung läßt sich mit einem Platzbedarf pro Speicherzelle von $9F^2$ realisieren. Dazu weist die Speicherzellenanordnung zusätzlich folgende Merkmale auf:

- Die Periode der wellenartigen Bänder beträgt $6F$, ihre Amplitude $F/2$.
- Die Bänder haben senkrecht zu ihrer Längsrichtung eine minimale Breite und einen minimalen Abstand F .
- Die Projektionsbänder der ersten Leitungen und der zweiten Leitungen verlaufen in Segmenten der Länge F parallel zueinander.
- Die ringförmigen Speicherelemente sind in der Schichtebene an den Kreuzungsstellen zwischen den ersten und zweiten Leitungen in Abständen von $3F$ in Zeilen und Spalten angeordnet.

Zur Herstellung der Speicherzellenanordnung wird auf einer Hauptfläche eines Substrats eine erste Leitung erzeugt. Durch Abscheiden und Strukturieren einer ersten ferromagnetischen Schicht, einer nichtmagnetischen Schicht und einer zweiten ferromagnetischen Schicht wird das magneto-resistive Element gebildet, das in einer Schichtebene einen ringförmigen Querschnitt aufweist. Es wird eine zweite Leitung erzeugt, die die erste Leitung so kreuzt, daß das magneto-resistive Element im Kreuzungsbereich angeordnet ist. Die erste Leitung und/oder die zweite Leitung werden so erzeugt, daß sie mindestens einen ersten Leitungsanteil, in dem eine parallel zur

Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, und einen zweiten Leitungsanteil, in dem eine senkrecht zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, aufweisen.

- 5 Die Strukturierung der ersten ferromagnetischen Schicht, der nichtmagnetischen Schicht und der zweiten ferromagnetischen Schicht erfolgt vorzugsweise mit ein und derselben Maske.

10 Zur Strukturierung des ringförmigen, magnetoresistiven Elementes ist es vorteilhaft, einen selbstjustierten Prozeß zu verwenden. Zu diesem Zweck wird in einer Schicht, die an einer Hauptfläche eines Substrats angeordnet ist, eine Öffnung erzeugt, über deren Flanken eine konforme Schicht abgeschieden wird. Durch anisotropes Rückätzen der konformen Schicht
15 entsteht an den Flanken ein ringförmiger Spacer, der als Maske für die anisotrope Strukturierung verwendet wird. Wird die Öffnung mit einer Abmessung von F erzeugt, so lassen sich auf diese Weise magnetoresistive Elemente mit einem Außendurchmesser von F und einem Innendurchmesser kleiner F herstellen.

20 Vorzugsweise werden die erste Leitung und die zweite Leitung jeweils in zwei Schritten hergestellt. Dabei werden zunächst untere Segmente der ersten Leitung bzw. der zweiten Leitung gebildet und danach obere Segmente der ersten Leitung bzw.
25 der zweiten Leitung. Die Projektion der unteren Segmente und die Projektion der oberen Segmente der jeweiligen Leitung auf die Hauptfläche des Substrats überlappen sich teilweise, so daß zusammenhängende und gekröpfte erste und zweite Leitungen entstehen. Die zweiten Leitungsanteile, in denen zur Schicht-
30 ebene vertikale Stromkomponenten auftreten, entstehen in den Überlappungsbereichen der unteren und oberen Segmente der jeweiligen Leitung. Dazwischen angeordnete Teile der unteren Segmente bzw. der oberen Segmente stellen die ersten Leitungsanteile, die parallel zur Schichtebene verlaufen, dar.

35 Bei der Herstellung der unteren Segmente der ersten Leitung bzw. der zweiten Leitung wird gleichzeitig in der Peripherie

der Speicherzellenanordnung eine erste Metallisierungsebene, die in der Fachwelt meist als Metall 1 bezeichnet wird, bzw. eine zweite Metallisierungsebene, die in der Fachwelt meist als Metall 2 bezeichnet wird, gebildet. Bei der Herstellung der oberen Segmente der ersten Leitung bzw. der zweiten Leitung werden gleichzeitig in der Peripherie erste Kontakte, die in der Fachwelt als Via 1 bezeichnet werden, bzw. zweite Kontakte, die in der Fachwelt meist als Via 2 bezeichnet werden, gebildet.

10

Vorzugsweise werden die ersten Leitungen des Zellenfeldes über die erste Metallisierungsebene und die zweiten Leitungen des Zellenfeldes über die zweite Metallisierungsebene der Peripherie kontaktiert.

15

Die Herstellung der ersten Leitung und der zweiten Leitung erfolgt vorzugsweise mit Hilfe der Damascene-Technik. Dazu wird eine erste isolierende Schicht abgeschieden und mit Hilfe photolithographischer Prozeßschritte und anisotroper Plasmaätzschritte (RIE) so strukturiert, daß sie im Bereich der nachfolgend herzustellenden ersten Metallisierungsebene der Peripherie und der unteren Segmente der ersten Leitungen des Zellenfeldes entfernt wird. Es wird eine erste leitende Schicht oder ein erstes leitendes Schichtsystem abgeschieden und durch ein planarisierendes Ätzverfahren, zum Beispiel CMP, strukturiert. Dadurch werden die unteren Segmente der ersten Leitungen und die erste Metallisierungsebene der Peripherie gebildet. Nachfolgend wird eine zweite isolierende Schicht abgeschieden und mit Hilfe photolithographischer Prozeßschritte und anisotroper Ätzschritte so strukturiert, daß sie im Bereich der nachfolgend herzustellenden ersten Kontakte der Peripherie und der oberen Segmente der ersten Leitung entfernt wird. Die ersten Kontakte und die oberen Segmente der ersten Leitung werden durch Abscheiden einer zweiten leitenden Schicht oder eines zweiten leitenden Schichtsystems und deren Strukturierung durch ein planarisierendes Ätzverfahren, zum Beispiel CMP, gebildet.

35

Entsprechend werden die unteren Segmente der zweiten Leitung und die zweite Metallisierungsebene der Peripherie durch Abscheidung und Strukturierung einer dritten isolierenden Schicht und einer dritten leitenden Schicht oder eines dritten leitenden Schichtsystems und die oberen Segmente der zweiten Leitung und die zweiten Kontakte der Peripherie durch Abscheidung und Strukturierung einer vierten isolierenden Schicht und einer vierten leitenden Schicht gebildet.

10

Durch die Herstellung der ersten Leitung und der zweiten Leitung jeweils in zwei Schritten kann die Herstellung der Speicherzellenanordnung auf einfache Weise in einen Mehrlagenverdrahtungsprozeß integriert werden. Zur Bildung der unteren und oberen Segmente der ersten bzw. zweiten Leitung werden Abscheideschritte und Strukturierungsschritte verwendet, die für die Herstellung der peripheren Metallisierungsebenen sowie der dazwischen erforderlichen Kontakte, auch Via genannt, erforderlich sind. Die Bildung der unteren bzw. oberen Segmente der ersten Leitungen des Zellenfeldes im selben Arbeitsgang wie die Bildung der ersten Metallisierungsebene (Metall 1) bzw. der ersten Kontakt-Ebene (Via 1) der Peripherie. Desgleichen werden die unteren bzw. oberen Segmente der zweiten Leitungen gleichzeitig mit der zweiten Metallisierungsebene (Metall 2) bzw. der zweiten Kontakt-Ebene (Via 2) gebildet.

15

20

25

30

35

Durch diese Vorgehensweise wird außerdem das technische Problem gelöst, daß zwischen übereinander angeordneten Metallisierungsebenen der Peripherie ein sehr viel größerer vertikaler Abstand als zwischen den ersten und den zweiten Leitungen des Zellenfeldes vorhanden ist. Der vertikale Abstand zwischen den ersten und zweiten Leitungen im Zellenfeld wird von den Abmessungen des magnetoresistiven Elementes bestimmt, die typischerweise 20 bis 40 nm betragen. Der Abstand zwischen benachbarten Metallisierungsebenen der Peripherie muß zur Reduzierung parasitärer Kapazitäten wesentlich größer sein. Bei

einer 0,35 μm Technologie beträgt er typischerweise 350 bis 400 nm. Durch das beschriebene Vorgehen wird dieses Problem gelöst, ohne daß zusätzliche Metallisierungsebenen, zusätzliche Topographie oder Vias mit großen Aspektverhältnissen entstehen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen, die in den Figuren dargestellt sind, näher erläutert.

10

Figur 1 zeigt einen Schnitt durch eine Speicherzellenanordnung mit ringförmigen magnetoresistiven Elementen und ersten Leitung und zweiten Leitungen, die jeweils erste Leitungsanteile, die parallel zur Schichtebene verlaufen, und jeweils zweite Leitungsanteile, die senkrecht zur Schichtebene verlaufen, aufweisen.

15

Figur 2 zeigt den in Figur 1 mit II-II bezeichneten Schnitt.

20

Figur 3 zeigt eine Aufsicht auf eine Speicherzellenanordnung mit magnetoresistiven ringförmigen Elementen und ersten Leitungen und zweiten Leitungen, deren Projektionen auf die Schichtebene streifenförmige Bänder sind.

25

Figur 4 zeigt eine Aufsicht auf eine Speicherzellenanordnung mit ringförmigen magnetoresistiven Elementen und ersten Leitungen und zweiten Leitungen, deren Projektionen auf die Schichtebene wellenförmige, polygonzugartige Bänder sind.

30

Figur 5 zeigt den in Figur 4 mit V-V bezeichneten Schnitt durch ein magnetoresistives Element und die benachbarten Bereiche der zugehörigen ersten Leitung und der zugehörigen zweiten Leitung.

35

Figur 6 zeigt einen Schnitt durch ein Substrat mit einer ersten SiO_2 -Schicht, einer ersten Si_3N_4 -Schicht und einer zweiten SiO_2 -Schicht.

5 Figur 7 zeigt den Schnitt durch das Substrat nach Bildung unterer Segmente erster Leitungen des Zellenfeldes und einer ersten Metallisierungsebene der Peripherie.

10 Figur 8 zeigt das Substrat nach Abscheidung und Strukturierung einer zweiten Si_3N_4 -Schicht und einer dritten SiO_2 -Schicht.

15 Figur 9 zeigt das Substrat nach Bildung erster Kontakte der Peripherie und oberer Segmente der ersten Leitungen im Zellenfeld.

20 Figur 10 zeigt das Substrat nach Abscheidung einer ersten leitenden Barrierschicht, einer ersten ferromagnetischen Schicht, einer nichtmagnetischen Schicht, einer zweiten ferromagnetischen Schicht und einer zweiten leitenden Barrierschicht.

25 Figur 11 zeigt das Substrat nach Bildung von magnetoresistiven Elementen durch Strukturierung der zuvor abgedruckten Schichten unter Anwendung eines selbstjustierten, auf Spacerbildung basierenden Verfahrens, das anhand von Figur 20 bis 22 erläutert wird.

30 Figur 12 zeigt das Substrat nach Bildung einer planarisierenden isolierenden Schicht.

35 Figur 13 zeigt das Substrat nach Abscheidung und Strukturierung einer dritten Si_3N_4 -Schicht und einer vierten SiO_2 -Schicht.

Figur 14 zeigt das Substrat nach Strukturierung der vierten SiO_2 -Schicht und der planarisierenden isolierenden Schicht.

5 Figur 15 zeigt das Substrat nach Bildung unterer Segmente von zweiten Leitungen im Zellenfeld und einer zweiten Metallisierungsebene in der Peripherie.

10 Figur 16 zeigt das Substrat nach Abscheidung und Strukturierung einer vierten Si_3N_4 -Schicht und einer fünften SiO_2 -Schicht.

15 Figur 17 zeigt das Substrat nach Bildung oberer Segmente der zweiten Leitungen im Zellenfeld und zweiter Kontakte der Peripherie.

20 Figur 18 zeigt das Substrat nach Abscheidung und Strukturierung einer fünften Si_3N_4 -Schicht und einer sechsten SiO_2 -Schicht.

Figur 19 zeigt das Substrat nach Bildung einer dritten Metallisierungsebene.

25 Figur 20 zeigt einen Schnitt durch ein Substrat mit einem oberen Segment der ersten Leitung nach Abscheidung einer ersten ferromagnetischen Schicht, einer nicht-magnetischen Schicht und einer zweiten ferromagnetischen Schicht, nach Abscheidung und Strukturierung einer Hilfsschicht und nach Abscheidung einer konformen Schicht.

30

Figur 21 zeigt den Schnitt durch das Substrat nach anisotropem Ätzen der konformen Schicht, wodurch eine spacerförmige Maske gebildet wird.

35

Figur 22 zeigt das Substrat nach Entfernen der strukturierten Hilfsschicht und nach Bildung magnetoresistiver Ele-

mente durch Strukturierung der ersten ferromagnetischen Schicht, der nichtmagnetischen Schicht und der zweiten ferromagnetischen Schicht.

- 5 Figur 23 zeigt ein magnetoresistives Element mit ringförmigen Schichtelementen.

In einer Speicherzellenanordnung sind ringförmige magnetoresistive Elemente 11 jeweils zwischen einer ersten Leitung 12
10 und einer zweiten Leitung 13 angeordnet (siehe Figur 1 und Figur 2). Die magnetoresistiven Elemente weisen in einer Schichtebene 14, die senkrecht zur Zeichenebene verläuft, einen ringförmigen Querschnitt auf. Die ersten Leitungen 12 weisen erste Leitungsanteile 121 und zweite Leitungsanteile
15 122 auf. Die ersten Leitungsanteile 121 verlaufen parallel zu der Schichtebene 14, die zweiten Leitungsanteile 122 dagegen senkrecht zur Schichtebene 14. Entsprechend weisen die zweiten Leitungen 13 erste Leitungsanteile 131 und zweite Leitungsanteile 132 auf. Die ersten Leitungsanteile 131 verlaufen
20 parallel zur Schichtebene 14, die zweiten Leitungsanteile 132 vertikal zur Schichtebene 14. Fließt ein Strom durch die erste Leitung 12 bzw. durch die zweite Leitung 13, so überwiegt in den ersten Leitungsanteilen 121 bzw. 131 eine parallel zu der Schichtebene 14 gerichtete Stromkomponente. In den
25 zweiten Leitungsanteilen 122 bzw. 132 überwiegt dagegen eine senkrecht zu der Schichtebene 14 gerichtete Stromkomponente.

Fließt ein Strom durch die erste Leitung 12, so bewirken durch die zweiten Leitungsanteile 122 fließende, vertikale
30 Stromkomponenten am Ort der magnetoresistiven Elemente 11 ein azimuthales Magnetfeld. Entsprechend bewirken in der zweiten Leitung 13 durch die zweiten Leitungsanteile 132 fließende vertikale Stromkomponenten ein azimuthales Magnetfeld am Ort der magnetoresistiven Elemente 11. Werden die ersten Leitungen
35 und die zweiten Leitungen 13 so gepolt, daß am Ort des im Kreuzungsbereich zwischen einer der ersten Leitungen 12 und einer der zweiten Leitungen 13 angeordneten magnetoresistiven

Elementes 11 die vertikalen Stromkomponenten in dem jeweiligen zweiten Leitungsanteil 122, 132 in derselben Richtung fließen, so kommt es zu einer konstruktiven Überlagerung dieser azimuthalen Magnetfelder und die Magnetisierung des in diesem Kreuzungsbereich angeordneten magnetoresistiven Elementes 11 kann umgeschaltet werden.

Das Vorsehen der ersten Leitungsanteile 121, 131 und der zweiten Leitungsanteile 122, 132 führt dazu, daß die ersten Leitungen 12 bzw. die zweiten Leitungen 13 in einer Ebene senkrecht zu der Schichtebene 14 einen stufenförmigen Querschnitt aufweisen.

Eine Speicherzellenanordnung weist erste Leitungen 31 auf, die untereinander parallel verlaufen, und zweite Leitungen 32, die untereinander ebenfalls parallel verlaufen und die die ersten Leitungen 31 kreuzen (siehe Figur 3). In der Aufsicht weisen die ersten Leitungen 31 und die zweiten Leitungen 32 jeweils einen streifenförmigen Querschnitt auf. Sie weisen eine Breite von 0,35 μm , einen gegenseitigen Abstand von 0,35 μm und eine von der Zellenfeldgröße abhängige Länge von ca. 70 bis 700 μm auf.

Im Kreuzungsbereich zwischen einer der ersten Leitungen 31 und einer der zweiten Leitungen 32 ist jeweils ein magnetoresistives Element 33 mit einem ringförmigen Querschnitt angeordnet. Da es in der Aufsicht in Figur 3 von der zweiten Leitung 32 jeweils verdeckt ist, ist in Figur 3 die Kontur des magnetoresistiven Elementes 33 jeweils gestrichelt eingezeichnet.

Die ersten Leitungen 31 sowie die zweiten Leitungen 32 weisen in einem Schnitt senkrecht zur Zeichenebene und parallel zum streifenförmigen Verlauf einen stufenförmigen Querschnitt mit ersten Leitungsanteilen, die parallel zur Zeichenebene verlaufen, und zweiten Leitungsanteilen, die senkrecht zur Zeichenebene verlaufen, auf, wie anhand von Figur 1 und 2 be-

schrieben. Fließt ein Strom durch die erste Leitung 31 bzw. durch die zweite Leitung 32, so überwiegt in den ersten Leitungsanteilen jeweils eine parallel zu dem ringförmigen Querschnitt gerichtete Stromkomponente. In den zweiten Leitungsanteilen überwiegt dagegen eine senkrecht zu dem ringförmigen Querschnitt gerichtete Stromkomponente. Oberhalb und unterhalb jedes der magnetoresistiven Elemente 33 ist ein zweiter Leitungsanteil der zugehörigen ersten Leitung 31 und der zugehörigen zweiten Leitung 32 angeordnet, in dem ein Strom senkrecht zu dem ringförmigen Querschnitt des magnetoresistiven Elementes 33 fließen kann.

In einer Speicherzellenanordnung sind ringförmige magnetoresistive Elemente 41 in einer Ebene, die als Schichtebene bezeichnet wird, rasterförmig in Zeilen und Spalten angeordnet (siehe Figur 4).

Jedes der magnetoresistiven Elemente 41 ist zwischen einer ersten Leitung 42 und einer zweiten Leitung 43 angeordnet. Die Projektion der ersten Leitungen 42 und der zweiten Leitungen 43 auf die Schichtebene sind jeweils wellenförmige, polygonzugartige Bänder, die zu der jeweiligen Zeile bzw. Spalte parallele Anteile enthalten. Diese parallelen Anteile sind bezüglich der Geraden durch die Mittelpunkte benachbarter magnetoresistiver Elemente 41 alternierend parallel versetzt angeordnet.

Senkrecht zu der Zeichenebene weisen die ersten Leitungen 42 und die zweiten Leitungen 43 einen stufenförmigen Querschnitt auf (siehe Figur 5, in der der in Figur 4 mit V-V bezeichnete Schnitt dargestellt ist). Die erste Leitung 42 weist einen ersten Leitungsanteil 421 und einen zweiten Leitungsanteil 422 auf. Der erste Leitungsanteil 421 verläuft parallel zur Zeichenebene, der zweite Leitungsanteil 422 verläuft dagegen senkrecht zur Zeichenebene.

Die zweite Leitung 43 weist einen ersten Leitungsanteil 431 auf, der parallel zur Zeichenebene verläuft. Die zweite Leitung 43 weist darüber hinaus einen zweiten Leitungsanteil 432 auf, der senkrecht zur Zeichenebene verläuft.

5

Entlang jeder der ersten Leitungen 42 und der zweiten Leitungen 43 sind alternierende erste Leitungsanteile 421, 431 und zweite Leitungsanteile 422, 432 angeordnet.

10 Auf ein Substrat 61 aus monokristallinem Silizium, das Bauelemente wie MOS-Transistoren und dergleichen enthält, werden eine erste SiO₂-Schicht 62 in einer Schichtdicke von 50 bis 100 nm, eine erste Si₃N₄-Schicht 63 in einer Schichtdicke von 30 bis 50 nm und eine zweite SiO₂-Schicht 64 in einer
15 Schichtdicke von 400 bis 800 nm aufgebracht (siehe Figur 6). Unter Verwendung einer photolithographisch erzeugten Lackmaske und anisotropem Ätzen wird die zweite SiO₂-Schicht 64 so strukturiert, daß in der zweiten SiO₂-Schicht 64 Gräben 64' geöffnet werden.

20

Nachfolgend werden ganzflächig eine erste leitende Diffusionsbarriereschicht 65 aus TaN/Ta in einer Dicke von 50 nm und eine erste leitende Schicht aus Kupfer abgeschieden. Die erste leitende Schicht aus Kupfer wird in einer solchen Dicke
25 abgeschieden, daß sie die Gräben 64' vollständig auffüllt. Die erste leitende Diffusionsbarriereschicht 65 und die erste leitende Schicht werden durch chemisch mechanisches Polieren strukturiert. Dabei werden die Oberfläche der zweiten SiO₂-Schicht 64 freigelegt und die in die Gräben 64' eingebetteten
30 unteren Segmente 67 einer ersten Leitung im Bereich eines Zellenfeldes Z und Leitungen einer ersten Metallisierungsebene 68 im Bereich einer Peripherie P erzeugt (siehe Figur 7).

Nachfolgend werden eine zweite Si₃N₄-Schicht 69 in einer Dicke von 30 bis 50 nm und eine dritte SiO₂-Schicht 610 in einer
35 Dicke von 400 bis 800 nm abgeschieden und mit Hilfe einer photolithographisch erzeugten Lackmaske und anisotropem Ätzen

strukturiert (siehe Figur 8). Dabei werden Gräben 610' gebildet.

Anschließend werden ganzflächig eine zweite leitende Barriere-
5 reschicht 611 und eine zweite leitende Schicht 612 abgeschie-
den. Die zweite leitende Barrierschicht 611 wird in einer
Schichtdicke von 50 nm aus TaN/Ta gebildet. Die zweite lei-
tende Schicht wird aus Kupfer in einer solchen Schichtdicke
abgeschieden, daß sie die Gräben 610' auffüllt. Durch CMP
10 werden die zweite leitende Schicht und die zweite leitende
Barrierschicht 611 planarisiert, so daß die Oberfläche der
zweiten SiO₂-Schicht 610 freigelegt wird und in die Gräben
610' eingebettete obere Segmente der ersten Leitung 613 und
erste Kontakte 614 erzeugt werden (siehe Figur 9). Die oberen
15 Segmente 613 der ersten Leitung und die unteren Segmente 67
der ersten Leitung überlappen sich teilweise.

Anschließend wird ganzflächig eine erste Barrierschicht 615,
eine erste ferromagnetische Schicht 616, eine nichtmagneti-
20 sche Schicht 617, eine zweite ferromagnetische Schicht 618
und eine zweite Diffusionsbarrierschicht 619 abgeschieden
(siehe Figur 10). Die erste Diffusionsbarrierschicht 615 und
die zweite Diffusionsbarrierschicht 619 werden in einer
Schichtdicke von 10 bis 30 nm aus Ta gebildet. Die erste fer-
25 romagnetische Schicht 616 wird in einer Schichtdicke von 3
bis 10 nm aus Co gebildet. Die nichtmagnetische Schicht 617
wird in einer Schichtdicke von 1 bis 3 nm aus Al₂O₃ gebildet.
Die zweite ferromagnetische Schicht 618 wird in einer
Schichtdicke von 3 bis 10 nm aus NiFe gebildet. In Figur 10
30 sind der Überlichtlichkeit halber die erste ferromagnetische
Schicht 616, die nichtmagnetische Schicht 617 und die zweite
ferromagnetische Schicht 618 als Dreifachschicht 616, 617,
618 dargestellt.

35 Unter Verwendung einer Maske 620 werden durch anisotropes Ät-
zen der ersten Diffusionsbarrierschicht 615, der ersten fer-
romagnetischen Schicht 616, der nichtmagnetischen Schicht

617, der zweiten ferromagnetischen Schicht 618 und der zweiten Diffusionsbarriereschicht 619 magnetoresistive Elemente 621 gebildet, die parallel zur Oberfläche des Substrats 61 einen ringförmigen Querschnitt aufweisen (siehe Figur 11).

5 Die Maske 620 wird mit einem selbstjustierten Prozeß erzeugt, der anhand der Figuren 20 bis 22 weiter unten erläutert.

Durch Abscheidung und Planarisierung mit CMP einer vierten SiO_2 -Schicht 622 werden die magnetoresistiven Elemente 621
10 mit isolierendem Material umgeben (siehe Figur 12).

Nachfolgend wird eine dritte Si_3N_4 -Schicht 623 abgeschieden und unter Verwendung einer Photolackmaske 624 so strukturiert, daß die magnetoresistiven Elemente 621 von der dritten
15 Si_3N_4 -Schicht 623 bedeckt bleiben, während diese Schicht im Bereich der Peripherie entfernt wird (siehe Figur 13).

Nach Entfernen der Photolackmaske 624 wird ganzflächig eine fünfte SiO_2 -Schicht 625 in einer Dicke von 400 bis 800 nm abgeschieden, an deren Oberfläche durch photolithographische
20 Prozeßschritte eine Photolackmaske 626 gebildet wird.

Unter Verwendung der Photolackmaske 626 als Ätzmaske werden die fünfte SiO_2 -Schicht 625 und die vierte SiO_2 -Schicht 622
25 strukturiert. Dabei werden Gräben 625' erzeugt (siehe Figur 14). Oberhalb der magnetoresistiven Elemente 621 verbleibt die dritte Si_3N_4 -Schicht 623.

Nach Entfernen der Maske 626 wird eine dritte leitende Barriereschicht 627 und eine dritte leitende Schicht abgeschieden, die die Gräben 625' auffüllen (siehe Figur 15). Die
30 dritte leitende Barriereschicht 627 wird in einer Schichtdicke von 30 bis 50 nm aus Ta/TaN gebildet. Die dritte leitende Schicht wird aus Kupfer gebildet. Durch chemisch mechanisches
35 Polieren werden die dritte leitende Barriereschicht 627 und die dritte leitende Schicht planarisiert. Dabei wird die Oberfläche der fünften SiO_2 -Schicht 625 freigelegt. Im Zel-

lenfeld Z wird ein unteres Segment 629 einer zweiten Leitung und in der Peripherie P eine zweite Metallisierungsebene 630 gebildet (siehe Figur 15). Es werden ganzflächig eine vierte Si_3N_4 -Schicht 631 in einer Schichtdicke von 30 bis 50 nm und
5 eine sechste SiO_2 -Schicht 632 in einer Schichtdicke von 400 bis 800 nm abgeschieden. Darauf wird eine Maske 633 aus Photolack mit Hilfe photolithographischer Prozeßschritte hergestellt. Durch anisotropes Ätzen werden die sechste SiO_2 -Schicht 632 und die vierte Si_3N_4 -Schicht 631 strukturiert,
10 wobei Gräben 632' gebildet werden (siehe Figur 16).

Nach Entfernen der Maske 633 werden an den Flanken der Gräben 632' eine vierte leitende Barrierschicht 634 und eine vierte leitende Schicht abgeschieden, die die Gräben 632' auffüllen.
15 Die vierte leitende Barrierschicht 634 wird aus TaN/Ta in einer Schichtdicke von 50 nm gebildet. Der Boden der Gräben wird durch Sputter- und/oder RIE-Prozesse freigelegt. Die vierte leitende Schicht wird aus Kupfer in einer solchen Schichtdicke gebildet, daß die Gräben 632 aufgefüllt werden.
20 Die vierte leitende Barrierschicht 634 und die vierte leitende Schicht werden durch CMP planarisiert, wobei die Oberfläche der sechsten SiO_2 -Schicht 632 freigelegt wird. Gleichzeitig werden aus der vierten leitenden Schicht zweite Kontakte 636 in der Peripherie P und obere Segmente 637 der
25 zweiten Leitung im Zellenfeld Z gebildet (siehe Figur 17).

Es folgt die Abscheidung und Strukturierung einer fünften Si_3N_4 -Schicht 638 in einer Dicke von 30 bis 50 nm und einer siebten SiO_2 -Schicht 639 in einer Dicke von 400 bis 800 nm.
30 Bei der Strukturierung mit Hilfe einer nicht dargestellten Photolackmaske und anisotropem Ätzen werden Gräben 639 geöffnet, die auf zweite Kontakte 636 reichen (siehe Figur 18).

Durch Abscheidung und Planarisierung mit Hilfe von CMP von
35 einer fünften leitenden Barrierschicht 640 aus Ta/TaN in einer Schichtdicke von 30 bis 50 nm und einer fünften leitenden

Schicht aus Kupfer werden die Gräben 639' mit einer dritten Metallisierungsebene 642 aufgefüllt (siehe Figur 19).

Auf ein Substrat 71, das im Bereich der Oberfläche eine Diffusionsbarriereschicht aufweist, werden eine erste ferromagnetische Schicht 72 aus Co in einer Schichtdicke von 3 bis 10 nm, eine nichtmagnetische Schicht 73 aus Al_2O_3 in einer Schichtdicke von 1 bis 3 nm und eine zweite ferromagnetische Schicht 74 aus NiFe in einer Schichtdicke von 3 bis 10 nm aufgebracht (siehe Figur 20).

Auf die zweite ferromagnetische Schicht 74 wird eine Hilfsschicht 75 aus Si_3N_4 in einer Dicke von 50 bis 100 nm aufgebracht und mit Hilfe einer Photolackmaske (nicht dargestellt) strukturiert. Dabei wird in der Hilfsschicht 75 eine Öffnung erzeugt, in der die Oberfläche der zweiten ferromagnetischen Schicht 74 freigelegt ist.

Nachfolgend wird eine konforme Schicht 76 aus SiO_2 oder Ta in einer Schichtdicke von 80 bis 120 nm gebildet.

Durch anisotropes Ätzen (RIE) mit F- oder Cl-haltigen Reaktionsgasen wird aus der konformen Schicht 76 ein Spacer 77 gebildet, der herstellungsbedingt ringförmig ist (siehe Figur 21). Der Spacer 77 wird nach Entfernen der strukturierten Hilfsschicht 75 als Ätzmaske verwendet, um die zweite ferromagnetische Schicht 74, die nichtmagnetische Schicht 73 und die erste ferromagnetische Schicht 72 (eventuell einschließlich nicht gezeichneter Diffusionsbarrieren) zu strukturieren. Dabei wird ein ringförmiges, magnetoresistives Element 78 gebildet. Wenn der Spacer 77 aus Ta gebildet wurde, das Diffusionsbarrierewirkung aufweist, kann er als Diffusionsbarriere in der Speicherzellenanordnung verwendet werden.

Ein magnetoresistives Element 81, das einen ringförmigen Querschnitt aufweist, umfaßt mindestens ein erstes ferromagnetisches Schichtelement 82, ein nichtmagnetisches Schichte-

lement 83 und ein zweites ferromagnetisches Schichtelement 84, die als Stapel übereinander angeordnet sind. Das erste ferromagnetische Schichtelement 82 weist eine Schichtdicke von 3 bis 10 nm, einen Außendurchmesser von 350 nm und einen Innendurchmesser von 100 bis 190 nm auf und enthält Co. Das nichtmagnetische Schichtelement 83 weist eine Dicke von 1 bis 3 nm auf und enthält Al_2O_3 . Das zweite ferromagnetische Schichtelement 84 weist eine Dicke zwischen 3 und 10 nm auf und enthält NiFe. Das nichtmagnetische Schichtelement 83 und das zweite ferromagnetische Schichtelement 84 weisen den gleichen Querschnitt wie das erste ferromagnetische Schichtelement auf.

Das erste ferromagnetische Schichtelement 82 und das zweite ferromagnetische Schichtelement 84 können jeweils eine Magnetisierung im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn aufweisen. Stimmt die Magnetisierung des ersten ferromagnetischen Schichtelementes 82 mit der des zweiten ferromagnetischen Schichtelementes 84 in der Richtung überein, so weist das magnetoresistive Element 81 einen geringeren Widerstand auf, als wenn die Magnetisierungen des ersten ferromagnetischen Schichtelementes 82 und des zweiten ferromagnetischen Schichtelementes 84 entgegengesetzt ausgerichtet sind.

Zur Verstärkung der Vertikalkomponenten der Schreibströme in den ersten und zweiten Leitungen und der dadurch erzeugten azimuthalen Magnetfelder am Ort der Speicherelemente, zur Einsparung einer photolithographischen Strukturierungsebene und zur sicheren lateralen Isolation der magnetoresistiven Elemente können folgende Prozeßmodifikationen des anhand von Figur 6 bis Figur 19 beschriebenen Prozeßablaufes durchgeführt werden:

Die zweite SiO_2 -Schicht 64 wird mit größerer Dicke (zum Beispiel um den Faktor 2 dicker) abgeschieden. Dadurch entstehen tiefere Gräben 62' und nach dem CMP-Schritt entsprechend dickere untere Segmente 67 der ersten Leitungen. Durch naßchemi-

5 sches Rückätzen von Kupfer (zum Beispiel mit Ammonium-peroxo-
disulfat $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_6$) wird die Oberfläche dieser Segmente un-
ter die der zweiten SiO_2 -Schicht 64 abgesenkt, so daß die
Gräben 64' nur teilweise (zum Beispiel bis zur Hälfte) aufge-
füllt sind. Anschließend werden die zweite Si_3N_4 -Schicht 69
und die dritte SiO_2 -Schicht 610 abgeschieden. Die weiteren
Prozeßschritte erfolgen bis zur Fertigstellung der oberen
Segmente 613 der ersten Leitungen im wesentlichen unverän-
dert.

10

Nach Strukturierung der magneto-resistiven Elemente 621, bei
der die Ringstruktur dieser Elemente mit Hilfe selbstjustier-
ter Spacer erzeugt wurde, wird die vierte SiO_2 -Schicht 622
durch einen anisotropen RIE-Prozeß (zum Beispiel unter Ver-
wendung C- und F-haltiger Ätzgase) so zurückgeätzt, daß die
15 magneto-resistiven Elemente 621 durch SiO_2 -Spacer lateral iso-
liert werden. Anschließend wird die dritte Si_3N_4 -Schicht 623
möglichst konform abgeschieden. Ohne diese Schicht zu struk-
turieren wird die fünfte SiO_2 -Schicht 625 für die unteren
20 Segmente der zweiten Leitungen abgeschieden und durch einen
kurzen CMP-Schritte planarisiert. Dann werden die fünfte
 SiO_2 -Schicht 625 selektiv zur dritten Si_3N_4 -Schicht 623 und
diese selektiv zu den SiO_2 -Spacern der vierten SiO_2 -Schicht
622 strukturiert.

25

Alle weiteren Prozeßschritte werden wie bereits beschrieben
durchgeführt, wobei die Vertikalkomponenten des Schreibstro-
mes in den zweiten Leitungen analog wie für die ersten Lei-
tungen verstärkt werden.

Patentansprüche

1. Speicherzellenanordnung,

- 5 - mit mindestens einem magnetoresistiven Element, das einen in einer Schichtebene ringförmigen Querschnitt und Schicht-
elemente aufweist, die senkrecht zur Schichtebene überein-
ander gestapelt sind,
- 10 - mit mindestens einer ersten Leitung und mindestens einer
zweiten Leitung,
- bei der die erste Leitung die zweite Leitung kreuzt und das
magnetoresistive Element im Kreuzungsbereich zwischen der
15 ersten Leitung und der zweiten Leitung angeordnet ist,
- bei der im Kreuzungsbereich die erste Leitung und die zwei-
te Leitung bezüglich der Schichtebene auf unterschiedlichen
Seiten des magnetoresistiven Elementes angeordnet sind,
- 20 - bei der die erste Leitung und/oder die zweite Leitung min-
destens einen ersten Leitungsanteil, in dem eine parallel
zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, und
einen zweiten Leitungsanteil, in dem eine senkrecht zur
25 Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, auf-
weist/aufweisen.

2. Speicherzellenanordnung nach Anspruch 1,

- 30 - bei der der erste Leitungsanteil der ersten Leitung
und/oder der zweiten Leitung jeweils parallel zu der
Schichtebene verläuft,
- bei der der zweite Leitungsanteil der ersten Leitung
35 und/oder der zweiten Leitung jeweils im Kreuzungsbereich
zwischen der ersten Leitung und der zweiten Leitung eine
zur Schichtebene parallele Ebene kreuzt.

3. Speicherzellenanordnung nach Anspruch 1 oder 2,
bei der der zweite Leitungsanteil jeweils im wesentlichen
senkrecht zur Schichtebene verläuft.
- 5
4. Speicherzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei der die erste Leitung und die zweite Leitung jeweils min-
destens einen ersten Leitungsanteil und einen zweiten Lei-
tungsanteil aufweisen, in denen eine parallel zur Schichtebe-
10 ne gerichtete Stromkomponente überwiegt bzw. eine senkrecht
zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt
5. Speicherzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
bei der das magnetoresistive Element zwischen die erste Lei-
15 tung und die zweite Leitung geschaltet ist.
6. Speicherzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
bei der das magnetoresistive Element jeweils mindestens ein
erstes ferromagnetisches Schichtelement, ein nichtmagneti-
20 sches Schichtelement und ein zweites ferromagnetisches
Schichtelement aufweist, wobei das nichtmagnetische Schichte-
lement zwischen dem ersten ferromagnetischen Schichtelement
und dem zweiten ferromagnetischen Schichtelement angeordnet
ist.
- 25
7. Speicherzellenanordnung nach Anspruch 6,
- bei der das erste ferromagnetische Schichtelement und das
zweite ferromagnetische Schichtelement Fe, Ni, Co, Cr, Mn,
30 Bi, Gd und/oder Dy enthalten,
 - bei der das erste ferromagnetische Schichtelement und das
zweite ferromagnetische Schichtelement senkrecht zur
Schichtebene eine Dicke zwischen 2 nm und 20 nm aufweisen,
 - 35 - bei der das nichtmagnetische Schichtelement Al_2O_3 , NiO,
HfO₂, TiO₂, NbO, SiO₂, Cu, Au, Ag und/oder Al enthält und

senkrecht zur Schichtebene eine Dicke zwischen 1 nm und 5 nm aufweist,

- bei der das erste ferromagnetische Schichtelement, das
5 zweite ferromagnetische Schichtelement und das nichtmagnetische Schichtelement parallel zur Schichtebene Abmessungen zwischen 50 und 1000 nm aufweisen.

8. Speicherzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

10

- bei der eine Vielzahl gleichartiger magnetoresistiver Elemente vorgesehen ist, die matrixartig angeordnet sind,

15

- bei der eine Vielzahl gleichartiger erster Leitungen und gleichartiger zweiter Leitungen vorgesehen sind,

- bei der sich die ersten Leitungen und die zweiten Leitungen kreuzen,

20

- bei der im Kreuzungsbereich zwischen einer der ersten Leitungen und einer der zweiten Leitungen jeweils eines der magnetoresistiven Elemente angeordnet ist,

25

- bei der die ersten Leitungen und/oder die zweiten Leitungen jeweils alternierend erste Leitungsanteile, in denen eine parallel zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, und zweite Leitungsanteile, in denen eine senkrecht zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, aufweisen.

30

9. Speicherzellenanordnung nach Anspruch 8,

35

- bei der die ersten Leitungsanteile und die zweiten Leitungsanteile einer der ersten Leitungen und/oder einer der zweiten Leitungen so angeordnet sind, daß die betreffende Leitung in einer Ebene parallel zur Schichtebene einen streifenförmigen Querschnitt aufweist.

10. Speicherzellenanordnung nach Anspruch 8,

- 5 - bei der die magnetoresistiven Elemente in Zeilen und Spalten angeordnet sind, wobei die Richtung der Zeilen und die Richtung der Spalten die Schichtebene aufspannen,
- 10 - bei der die Projektion der ersten Leitungsanteile einer der ersten Leitungen auf die Schichtebene jeweils zwischen benachbarten magnetoresistiven Elementen einer der Zeilen angeordnet ist, wobei die Projektion bezüglich einer Verbindungslinie zwischen den benachbarten magnetoresistiven Elementen seitlich versetzt angeordnet ist,
- 15 - bei der die Projektion der ersten Leitungsanteile einer der zweiten Leitungen auf die Schichtebene jeweils zwischen benachbarten magnetoresistiven Elementen einer der Spalten angeordnet ist, wobei die Projektion bezüglich einer Verbindungslinie zwischen den benachbarten magnetoresistiven
20 Elementen seitlich versetzt angeordnet ist,
- bei der die Projektionen von entlang einer der Leitungen benachbarten ersten Leitungsanteilen auf die Schichtebene bezüglich der jeweiligen Verbindungslinien nach entgegengesetzten
25 Seiten versetzt angeordnet sind.

11. Verfahren zur Herstellung einer Speicherzellenanordnung,

- 30 - bei dem auf einer Hauptfläche eines Substrats eine erste Leitung erzeugt wird,
- bei dem durch Abscheiden und Strukturierung einer ersten ferromagnetischen Schicht, einer nichtmagnetischen Schicht und einer zweiten ferromagnetischen Schicht ein magnetoresistives Element gebildet wird, das in einer Schichtebene
35 einen ringförmigen Querschnitt aufweist,

- bei dem eine zweite Leitung erzeugt wird, die die erste Leitung so kreuzt, daß das magnetoresistive Element im Kreuzungsbereich angeordnet ist,
- 5 - bei dem die erste und/oder zweite Leitung so erzeugt werden, daß sie mindestens einen ersten Leitungsanteil, in dem eine parallel zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente überwiegt, und einen zweiten Leitungsanteil, in dem eine senkrecht zur Schichtebene gerichtete Stromkomponente über-
- 10 wiegt, aufweisen.
12. Verfahren nach Anspruch 11,
bei dem zur Strukturierung der ersten ferromagnetischen Schicht, der nichtmagnetischen Schicht und der zweiten ferro-
- 15 magnetischen Schicht eine spacerförmige Maske verwendet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,
- bei dem zur Bildung der ersten Leitung eine erste leitende
- 20 Schicht abgeschieden und strukturiert wird, aus der ein unterer Bereich der ersten Leitung und in einer Peripherie der Speicherzellenanordnung eine erste Metallisierungsebene gebildet werden,- bei dem eine zweite leitende Schicht abgeschieden und strukturiert wird, aus der ein oberer Bereich der ersten Leitung und in der Peripherie erste Kontakte gebildet werden,

25

 - bei der zur Bildung der zweiten Leitung eine dritte leitende Schicht abgeschieden und strukturiert wird, aus der ein unterer Bereich der zweiten Leitung und in der Peripherie eine zweite Metallisierungsebene gebildet werden,

30

 - bei der eine vierte leitende Schicht abgeschieden und strukturiert wird, aus der ein oberer Bereich der zweiten

35

Leitung und in der Peripherie zweite Kontakte gebildet werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

5

- bei dem vor der Abscheidung der ersten leitenden Schicht eine erste isolierende Schicht abgeschieden und mit Hilfe photolithographischer Prozeßschritte so strukturiert wird, daß sie im Bereich der nachfolgend herzustellenden ersten
10 Metallisierungsebene und des unteren Bereichs der ersten Leitung entfernt wird,

- bei dem die erste leitende Schicht durch ein planarisierendes Ätzverfahren strukturiert wird,

15

- bei dem vor der Abscheidung der zweiten leitenden Schicht eine zweite isolierende Schicht abgeschieden und mit Hilfe photolithographischer Prozeßschritte so strukturiert wird, daß sie im Bereich der nachfolgend herzustellenden ersten
20 Kontakten und des oberen Bereichs der ersten Leitung entfernt wird,

- bei dem die zweite leitende Schicht durch ein planarisierendes Ätzverfahren strukturiert wird,

25

- bei dem vor der Abscheidung der dritten leitenden Schicht eine dritte isolierende Schicht abgeschieden und mit Hilfe photolithographischer Prozeßschritte so strukturiert wird, daß sie im Bereich der nachfolgend herzustellenden zweiten
30 Metallisierungsebene und des unteren Bereichs der zweiten Leitung entfernt wird,

- bei dem die dritte leitende Schicht durch ein planarisierendes Ätzverfahren strukturiert wird,

35

- bei dem vor der Abscheidung der vierten leitenden Schicht eine vierte isolierende Schicht abgeschieden wird und mit

Hilfe photolithographischer Prozeßschritte so strukturiert wird, daß sie im Bereich der nachfolgend herzustellenden zweiten Kontakte und des oberen Bereichs der zweiten Leitung entfernt wird,

5

- bei dem die zweite leitende Schicht durch ein planarisierendes Ätzverfahren strukturiert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,

10 bei dem nach Fertigstellung der zweiten Leitung und Abscheidung und Strukturierung einer fünften leitenden Schicht in der Peripherie eine dritte Metallisierungsebene gebildet wird.

FIG 1

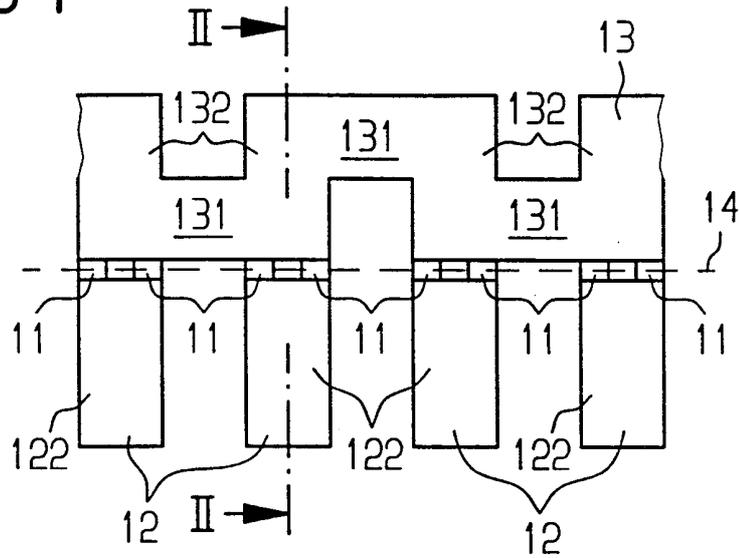


FIG 2

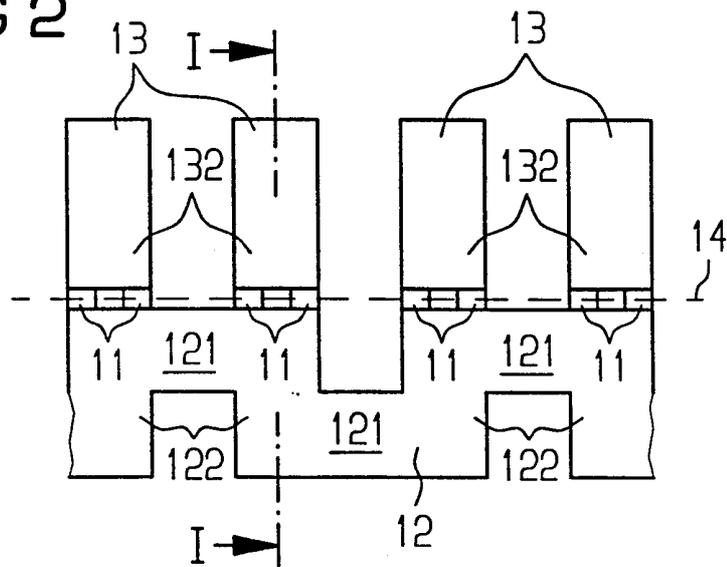


FIG 3

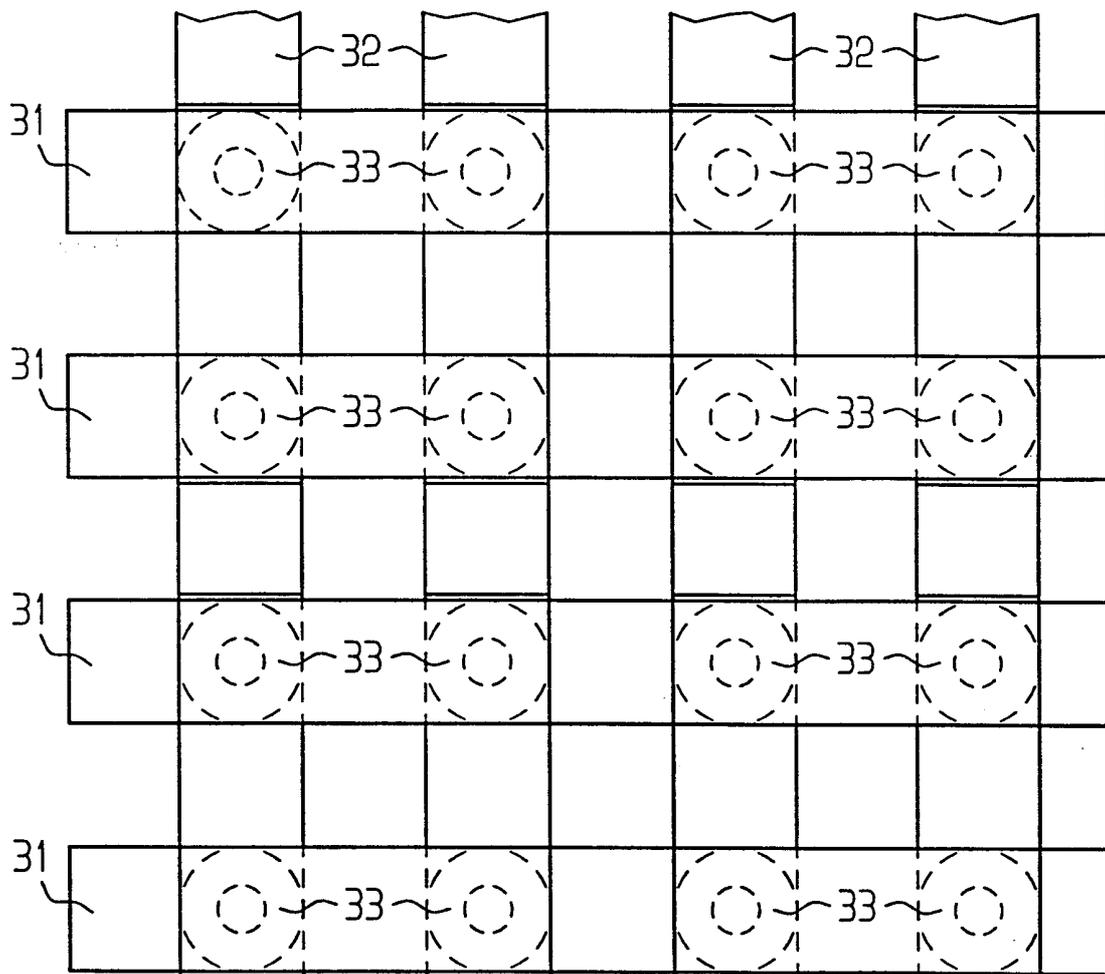


FIG 4

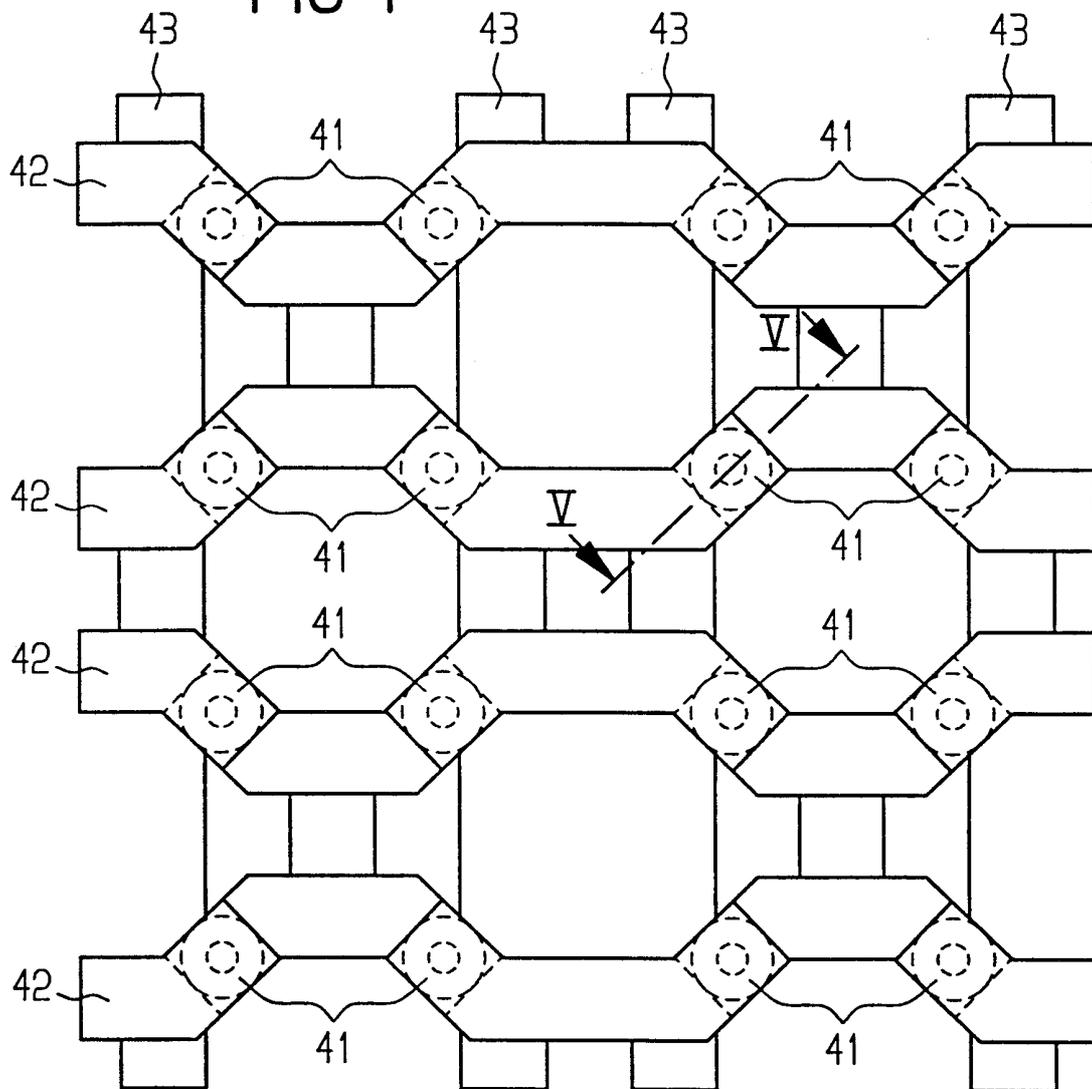


FIG 5

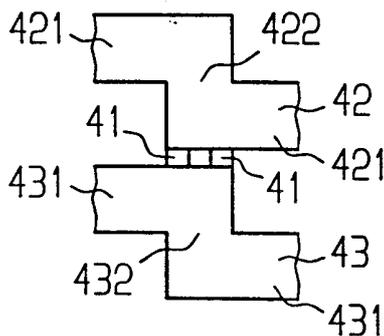


FIG 6

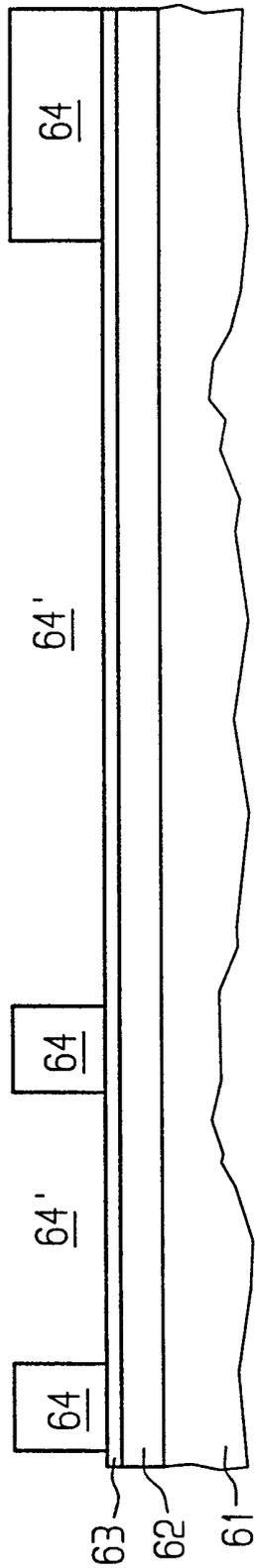
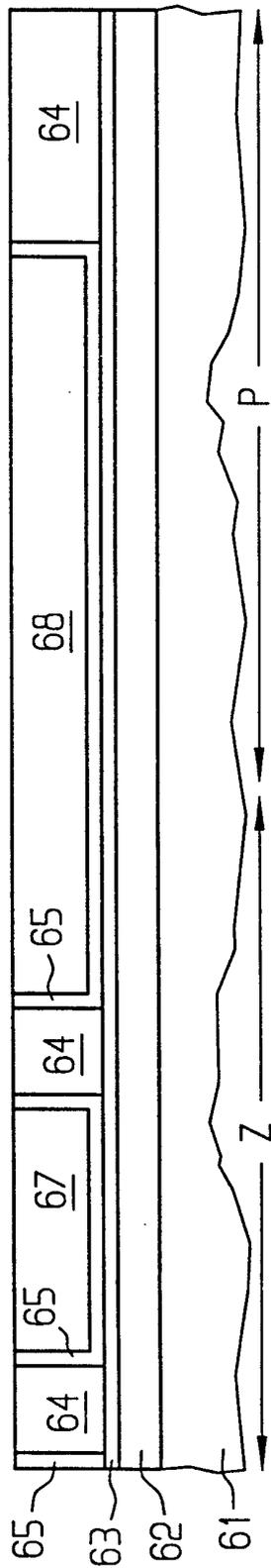
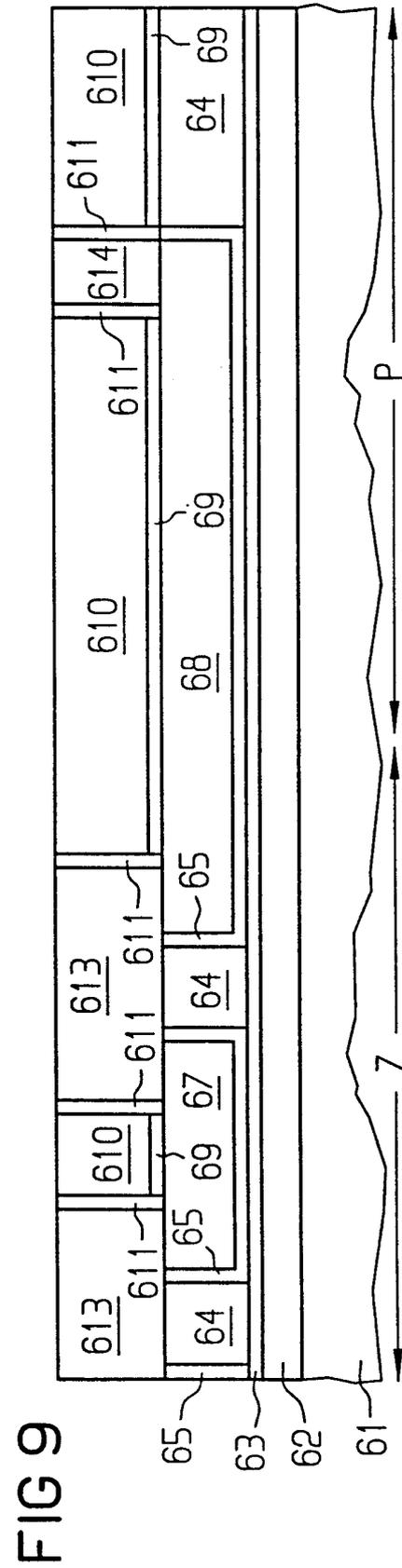
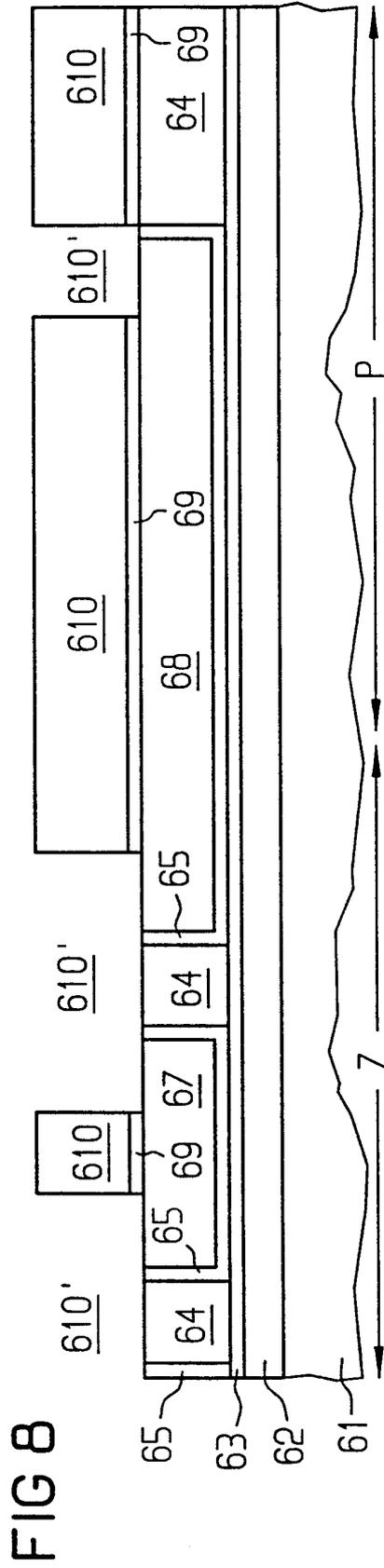
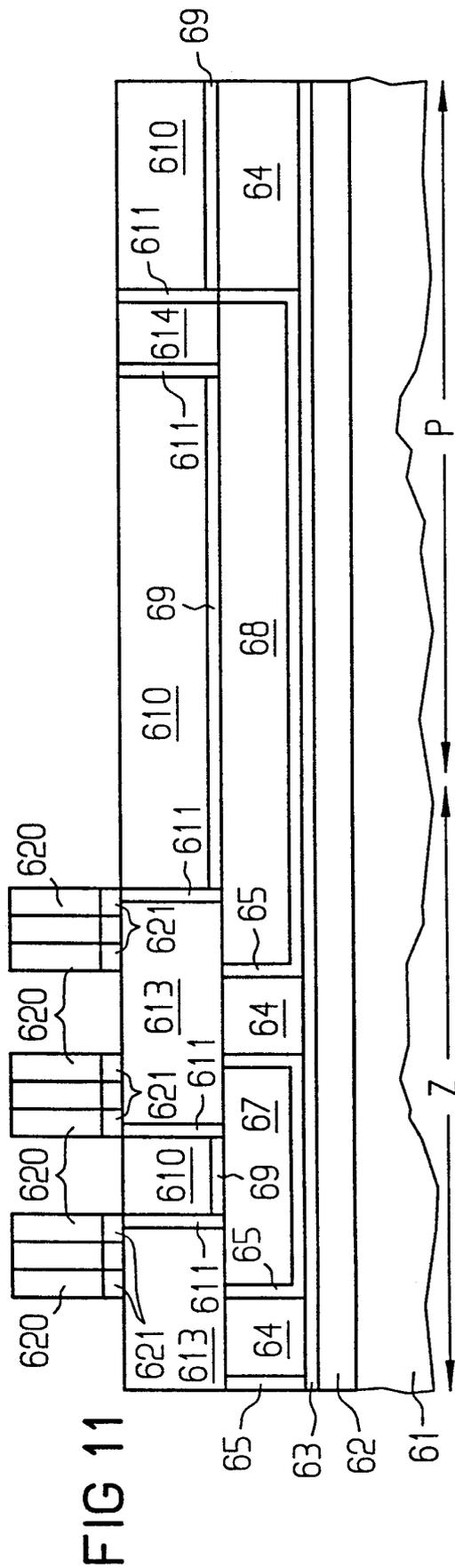
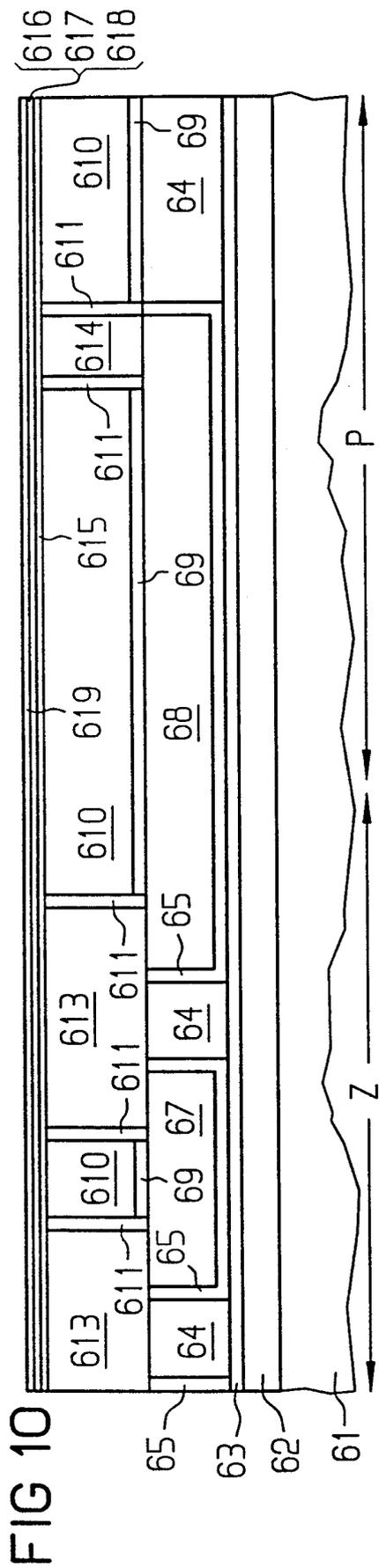


FIG 7







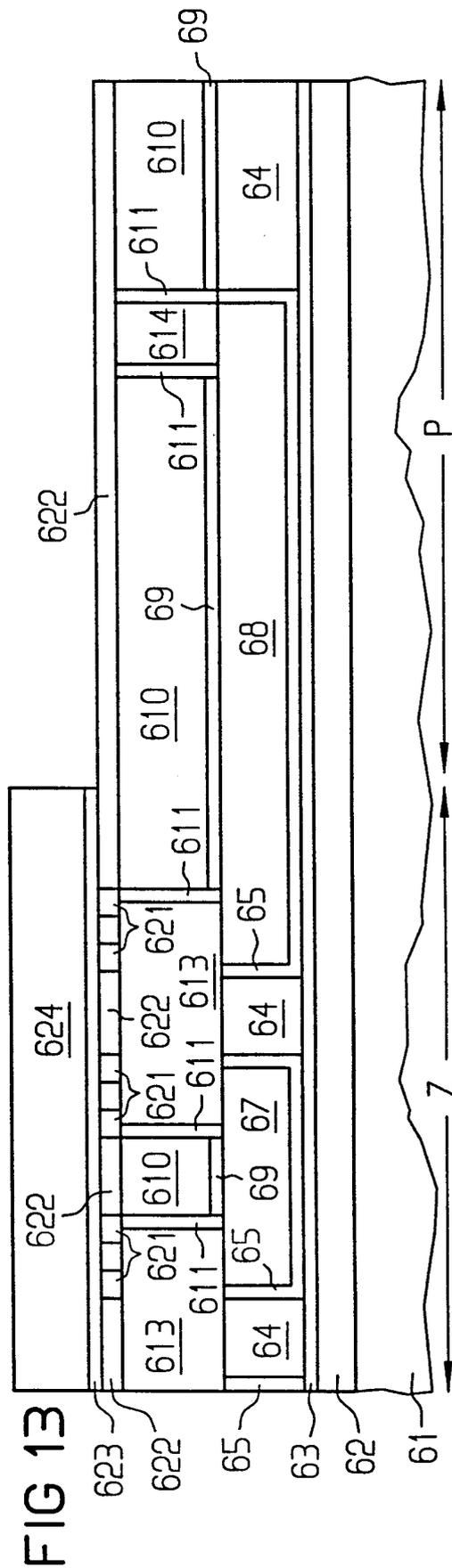
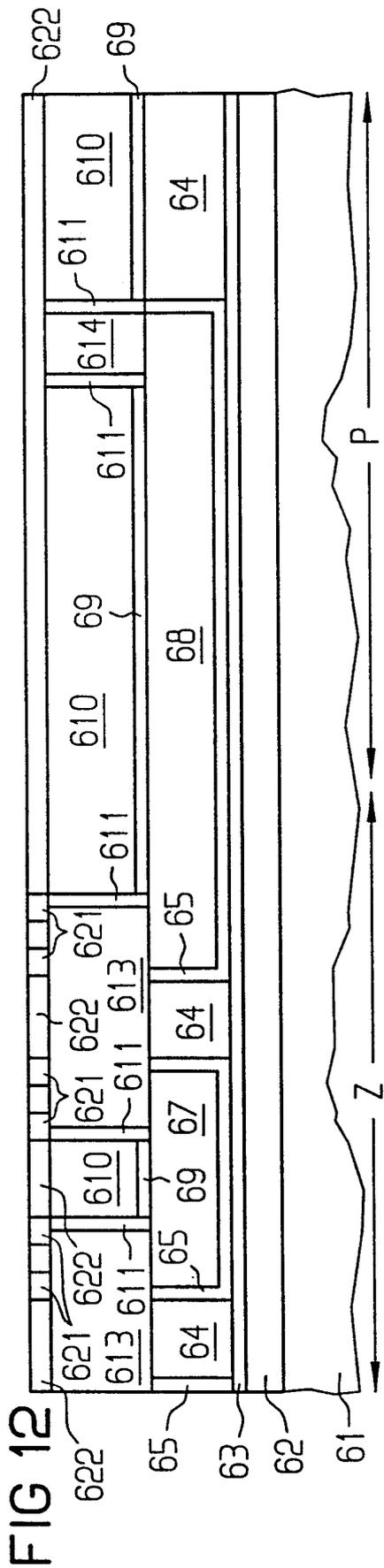


FIG 16

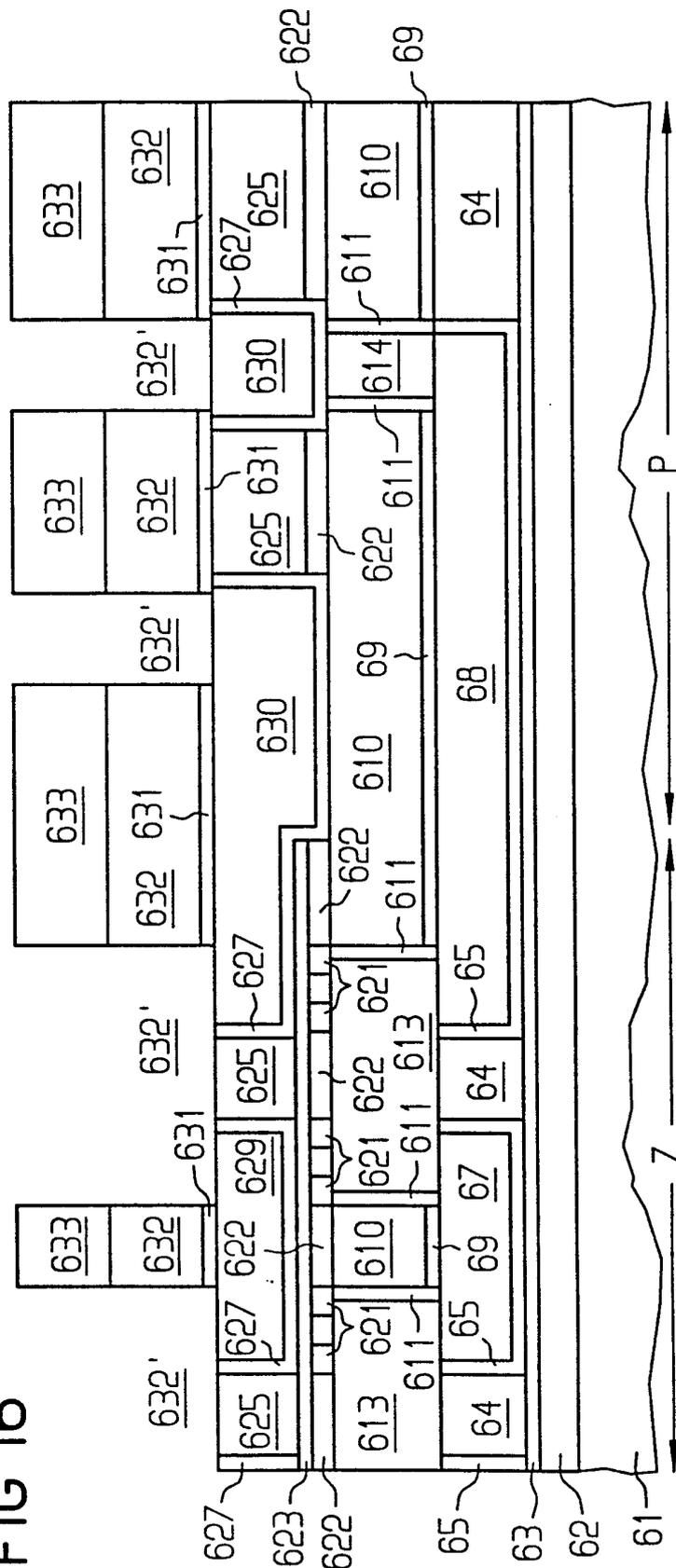


FIG 17

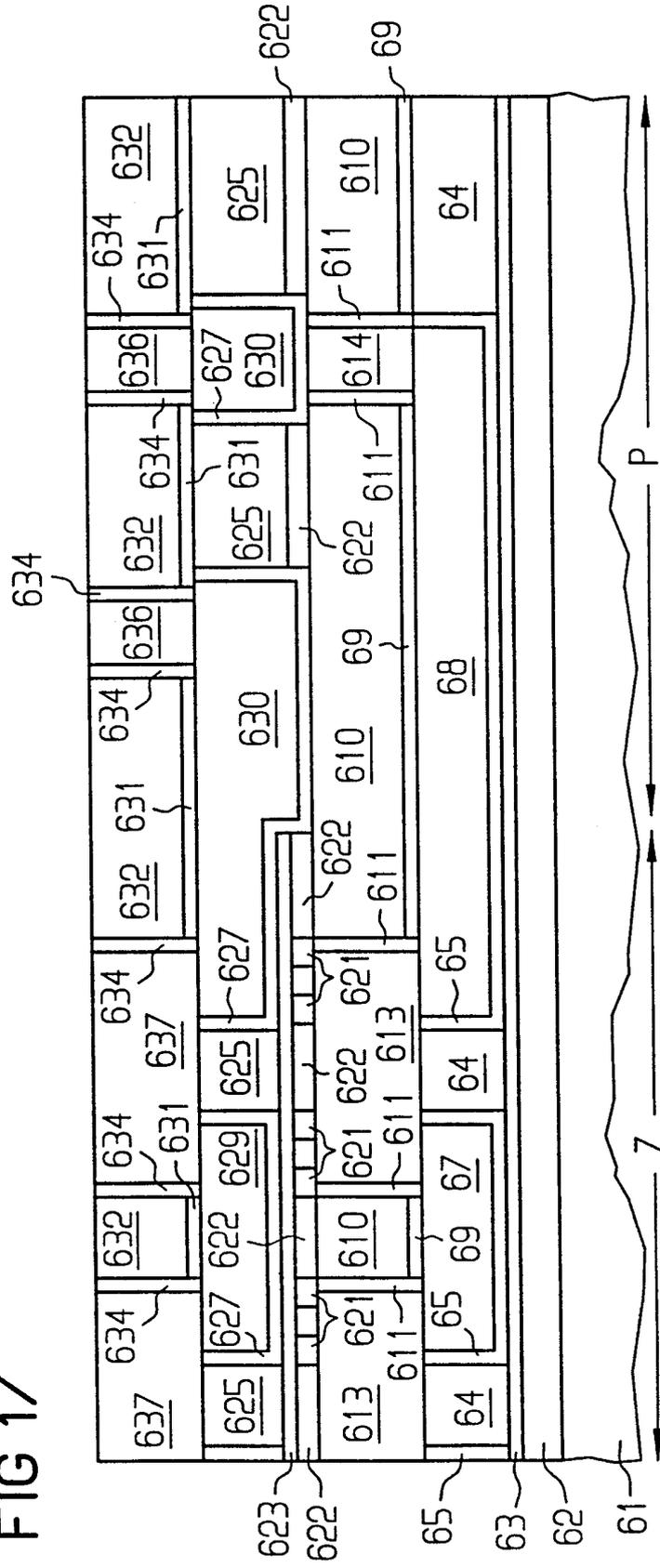


FIG 18

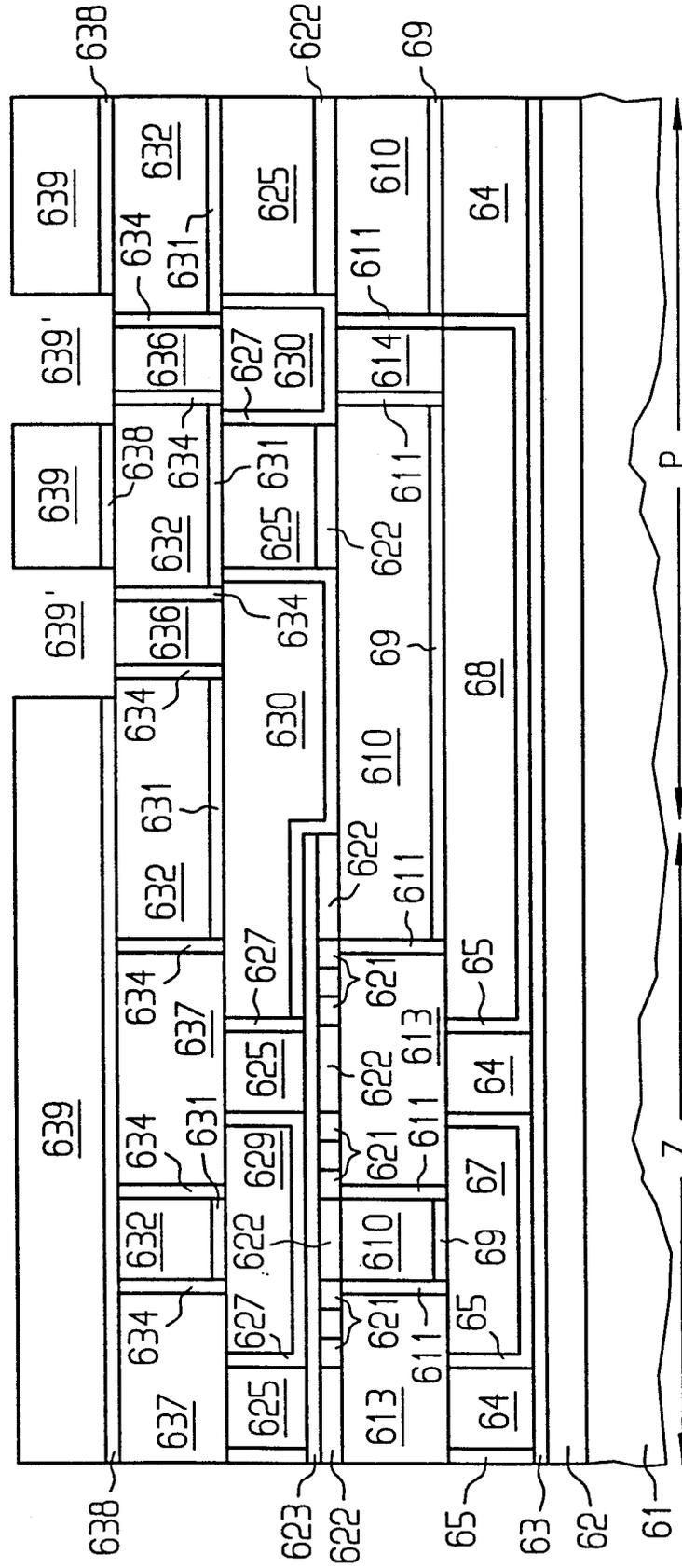


FIG 19

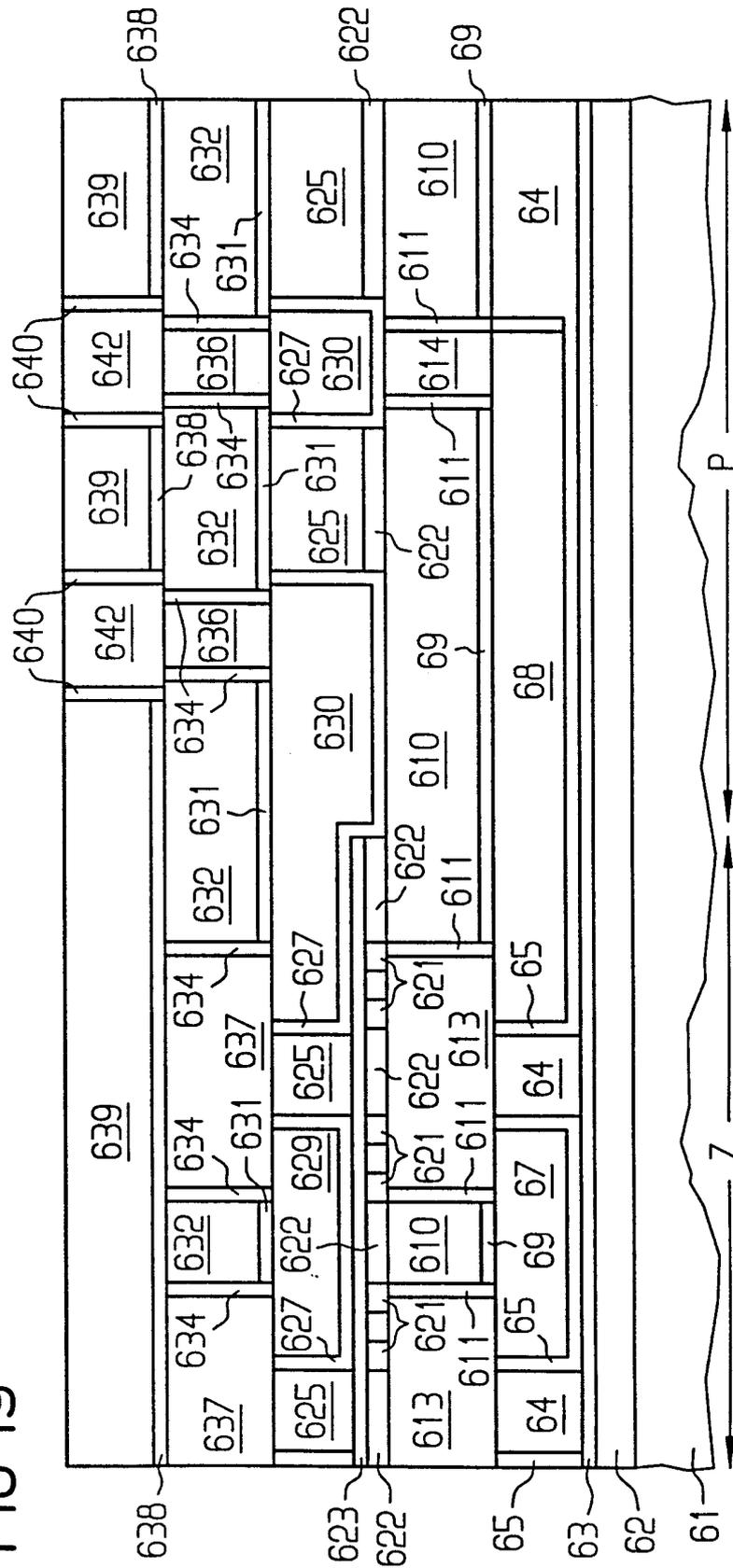


FIG 20

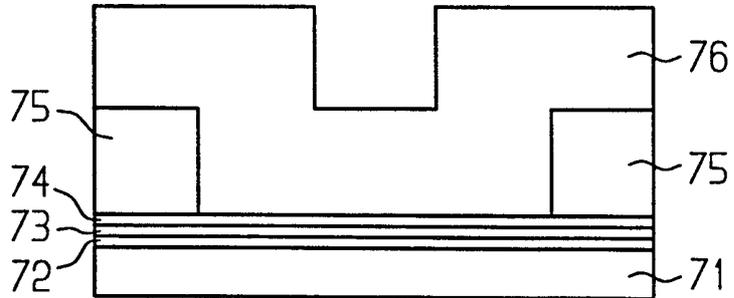


FIG 21

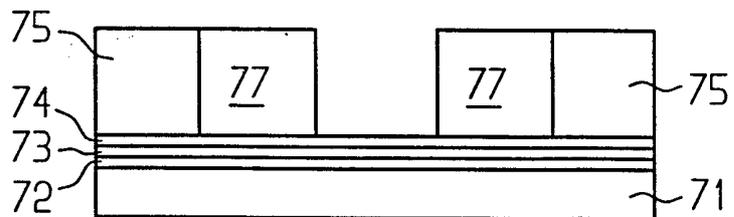


FIG 22

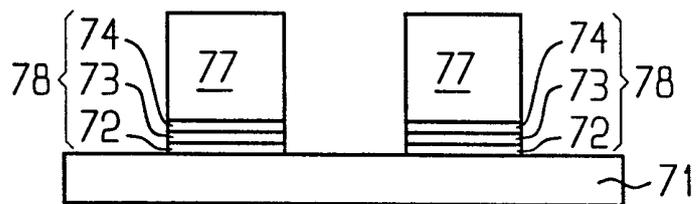
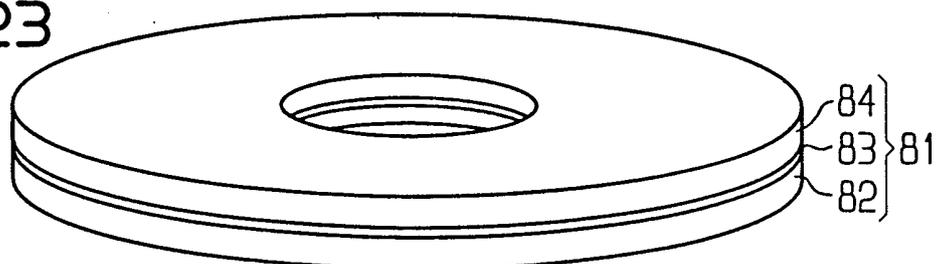


FIG 23



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter: nal Application No
PCT/DE 00/00310

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L43/08 G11C11/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G11C H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 541 868 A (PRINZ GARY A) 30 July 1996 (1996-07-30) cited in the application column 5, line 3 -column 6, line 7 figures 3-5	1, 3, 5, 6, 8, 9
X, P	US 5 969 978 A (PRINZ GARY A) 19 October 1999 (1999-10-19) column 5, line 1 - line 28 figures 2, 4	1, 3, 4, 6, 8, 9

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 June 2000

Date of mailing of the international search report

30/06/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Visscher, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Patent Application No
PCT/DE 00/00310

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>HU Y Z ET AL: "Chemical-mechanical polishing as an enabling technology for giant magnetoresistance devices" THIN SOLID FILMS,CH,ELSEVIER-SEQUOIA S.A. LAUSANNE, vol. 308-309, no. 1-4, 31 October 1997 (1997-10-31), pages 555-561, XP004110335 ISSN: 0040-6090 Section 2: Silicon nitride chemical-mechanical polishing Section 3: Low Cu/Cu contact resistivity requirement figure 1</p> <p style="text-align: center;">---</p>	11-15
A	<p>US 5 587 943 A (TOROK JAMES ET AL) 24 December 1996 (1996-12-24) cited in the application column 14, line 29 -column 16, line 10 figures 12,13</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No PCT/DE 00/00310

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5541868 A	30-07-1996	NONE	
US 5969978 A	19-10-1999	NONE	
US 5587943 A	24-12-1996	CA 2211699 A EP 0809846 A JP 11501438 T WO 9625740 A	22-08-1996 03-12-1997 02-02-1999 22-08-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00310

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L43/08 G11C11/16

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G11C H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 541 868 A (PRINZ GARY A) 30. Juli 1996 (1996-07-30) in der Anmeldung erwähnt Spalte 5, Zeile 3 - Spalte 6, Zeile 7 Abbildungen 3-5	1, 3, 5, 6, 8, 9
X, P	US 5 969 978 A (PRINZ GARY A) 19. Oktober 1999 (1999-10-19) Spalte 5, Zeile 1 - Zeile 28 Abbildungen 2, 4	1, 3, 4, 6, 8, 9

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. Juni 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

30/06/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Visscher, E

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	HU Y Z ET AL: "Chemical-mechanical polishing as an enabling technology for giant magnetoresistance devices" THIN SOLID FILMS,CH,ELSEVIER-SEQUOIA S.A. LAUSANNE, Bd. 308-309, Nr. 1-4, 31. Oktober 1997 (1997-10-31), Seiten 555-561, XP004110335 ISSN: 0040-6090 Section 2: Silicon nitride chemical-mechanical polishing Section 3: Low Cu/Cu contact resistivity requirement Abbildung 1 -----	11-15
A	US 5 587 943 A (TOROK JAMES ET AL) 24. Dezember 1996 (1996-12-24) in der Anmeldung erwähnt Spalte 14, Zeile 29 -Spalte 16, Zeile 10 Abbildungen 12,13 -----	1,11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00310

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5541868 A	30-07-1996	KEINE	
US 5969978 A	19-10-1999	KEINE	
US 5587943 A	24-12-1996	CA 2211699 A EP 0809846 A JP 11501438 T WO 9625740 A	22-08-1996 03-12-1997 02-02-1999 22-08-1996