



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 09 508 B4 2009.01.15**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 09 508.6**
 (22) Anmeldetag: **05.03.2002**
 (43) Offenlegungstag: **09.10.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **15.01.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 27/22 (2006.01)**
H01L 43/08 (2006.01)
G11C 11/15 (2006.01)
G11C 11/16 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
Forschungszentrum Jülich GmbH, 52428 Jülich, DE

(74) Vertreter:
Paul & Albrecht Patentanwaltssozietät, 41460 Neuss

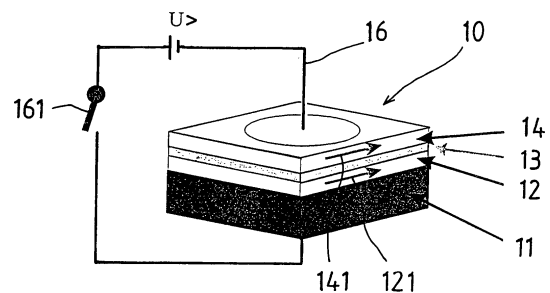
(72) Erfinder:
Grünberg, Peter, Prof. Dr., 52428 Jülich, DE;
Gareev, Rashid, Dr., 52428 Jülich, DE; Bürgler, Daniel, Dr., 52428 Jülich, DE; Schreiber, Reinert, 52249 Eschweiler, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 101 13 853 A1
DE 101 06 860 A1
US 62 11 559 B1

US 57 34 605 A
US 54 16 353 A
EP 11 09 169 A2
M. Guth et al.: "Magnetic tunnel junctions for magnetic random access memory applications" in "Materials Science and Engineering", C19 (2. Jan. 2002), pp. 129-133; Š. Németh et al.: "Tunneling spectroscopy in Fe-GaN-Fe trilayers structures grown by MB E using ECR microwave plasma nitrogen sources" in "Journal of Crystal Growth", 227-228(2001), pp. 88-892; M. Guth et al.: "Tunnel magnetoresistance in magnetic tunnel junctions with a ZnS barrier" in "Applied Physics Letters", 78(28. May 2001) 22, p. 3487-3489;

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Speicherung von Daten in einem MRAM-Datenspeicher**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Speicherung von Daten in einem MRAM-Datenspeicher mit einer Vielzahl von Speicherzellen (10), die eine erste magnetische Schicht (12) mit einer festen magnetischen Ausrichtung, eine zweite magnetische Schicht (14) mit einer leicht drehbaren magnetischen Ausrichtung und eine zwischen der ersten und zweiten Schicht angeordnete Zwischenschicht (13) aufweisen, wobei Informationen in den Speicherzellen (10) abgespeichert werden, indem die Magnetisierung in der magnetischen Schicht (14) mit leicht drehbarer magnetischer Ausrichtung parallel oder antiparallel zu der Magnetisierung der ersten Schicht (12) mit fester magnetischer Ausrichtung ausgerichtet wird und das Auslesen der Information durch die Erfassung des elektrischen Widerstands zwischen der ersten und zweiten magnetischen Schicht (12, 14) unter Ausnutzung des Tunnel-Magnetowiderstandseffekts erfolgt, wobei ein MRAM-Datenspeicher verwendet wird, bei dem die Zwischenschicht (13) aus einem halbleitenden Material besteht, und ein Ummagnetisieren von der parallelen zur antiparallelen Ausrichtung der Magnetisierung der zweiten magnetischen Schicht (14) bezüglich der Magnetisierung der ersten magnetischen Schicht (12) mittels...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Speicherung von Daten in einem MRAM-Datenspeicher.

[0002] Die Datenspeicherung in Festplattenlaufwerken erfolgt derzeit in erster Linie durch magnetische Datenspeicherung, die auf dem sogenannten Riesenmagnetowiderstand-Effekt (giant magneto resistance = GMR) beruht. Die Tendenz geht jedoch dahin, zukünftig auch magnetic random access memory (M-RAMS) unter Ausnutzung des Tunnelmagnetowiderstand-(TMR)-Effekts verwendet werden. Diese MRAM-Datenspeicher sind extrem schnell und im Gegensatz zu herkömmlichen Halbleiterspeichern nicht flüchtig, so daß bei einem Stromausfall keine Daten verloren gehen können.

[0003] Ein MRAM-Datenspeicher der zuvor beschriebenen Art ist beispielsweise in [Fig. 3](#) dargestellt und auch aus der DE 101 13 853 A1 bekannt und besteht aus einer Vielzahl von Speicherzellen **10**, die aus lateral begrenzten magnetischen Schichtsystemen aufgebaut sind, wie es in [Fig. 4](#) schematisch gezeigt ist. Danach bestehen die Speicherzellen **10** jeweils aus einer auf einem Substrat **11** aufgetragenen ersten ferromagnetischen Schicht **12** mit einer festen magnetischen Ausrichtung (pinned layer), einer zweiten ferromagnetischen Schicht **14** mit einer leicht drehbaren magnetischen Ausrichtung (free layer) und einer zwischen den beiden ferromagnetischen Schichten **12**, **14** angeordneten elektrisch isolierenden Zwischenschicht **13**.

[0004] In diesen Speicherzellen **10** erfolgt die Abspeicherung einer Information, indem die Magnetisierung in der zweiten magnetischen Schicht **14** mit leicht drehbarer magnetischer Ausrichtung (free layer) parallel oder antiparallel zu der Magnetisierung der magnetischen Schicht **12** mit fester magnetischer Ausrichtung (pinned layer) entsprechend der logischen „0“ oder „1“ abgespeichert wird.

[0005] Das Einschreiben des jeweiligen Schaltzustandes in eine Speicherzelle **10** geschieht über ein erstes, netzartig ausgebildetes Leiterbahnsystem **15** mit im wesentlichen senkrecht zueinander angeordneten Leiterbahnen **15a**, **15b**, welche sich jeweils über einer Speicherzelle **10** kreuzen. Zum Einschreiben eines Schaltzustandes in eine Speicherzelle **10** werden durch das erste Leiterbahnsystem **15** elektrische Ströme geleitet, die ein äußeres Feld auf die zweite magnetische Schicht **14** mit drehbarer Ausrichtung (free layer) wirken lassen, durch welches die Magnetisierung in der zweiten magnetischen Schicht **14** parallel oder antiparallel zur Magnetisierung in der ersten magnetischen Schicht **12** (pinned layer) ausgerichtet wird. Dabei sind die Leiterbahnen **15a**, **15b** im ersten Leiterbahnsystem **15** so angeordnet, daß

nur an einem angesteuerten Kreuzungspunkt der entsprechenden Leiterbahnen **15a**, **15b** ein genügend großes elektromagnetisches Feld für den Schreibprozeß in die dort befindliche Speicherzelle **10** entsteht.

[0006] Das Auslesen der Informationen aus den Speicherzellen **10** erfolgt durch ein zweites Leiterbahnsystem **16**, durch welches an jeder Speicherzelle **10** zwischen dem metallischen Substrat **11** und der zweiten ferromagnetischen Schicht **14** eine Spannung angelegt werden kann. Von dem zweiten Leiterbahnsystem **16** sind in [Fig. 4](#) die Spannungsquelle U und ein Widerstandsmesser R schematisch dargestellt. Mit dem zweiten Leiterbahnsystem **16** wird der senkrecht zum Schichtpaket der Speicherzelle **100** beobachtete Tunnelmagnetowiderstands-Effekt ausgenutzt, wobei je nach Magnetisierungsrichtung in der zweiten magnetischen Schicht **14** gegenüber der Magnetisierungsrichtung in der ersten magnetischen Schicht ein Widerstandsunterschied in R meßbar ist.

[0007] Bei den bekannten MRAM-Datenspeichern wird als nachteilig empfunden, daß für das erste Leiterbahnsystem zur Durchführung des Schreibprozesses eine relativ hohe elektrische Leistung benötigt wird.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfahren zur Speicherung von Daten in einem MRAM-Datenspeicher anzugeben.

[0009] Diese Aufgabe ist bei einem Verfahren der eingangs genannten Art durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

[0010] Das Verfahren zur Speicherung von Daten in einem solchen MRAM-Datenspeicher zeichnet sich dadurch aus, daß ein Ummagnetisieren von der parallelen zur antiparallelen Ausrichtung der Magnetisierung der zweiten magnetischen Schicht (free layer) bezüglich der Magnetisierung der ersten magnetischen Schicht (pinned layer) mittels antiferromagnetischer Kopplung über das halbleitende Material der Zwischenschicht vorgenommen wird, indem insbesondere über die Leiterbahnen, über welche die Informationen aus der Speicherzelle ausgelesen werden, eine äußere Spannung an die Speicherzelle angelegt wird, die höher ist als die für die Auslesefunktionalität erforderliche Spannung und ausreichend ist, um eine antiferromagnetische Zwischenschichtkopplung über das halbleitende Material der Zwischenschicht zu erzeugen.

[0011] Damit liegt der Erfindung die Überlegung zugrunde, durch die Verwendung von halbleitenden Materialien eine starke antiferromagnetische Kopplung zwischen den beiden ferromagnetischen Schichten zu schaffen. Eine solche Zwischenschichtkopplung ist durch Anlegen einer äußeren Spannung beeinflussbar. Entsprechend kann bei geeigneter Ma-

terialwahl und Schichtdicke beispielsweise die Zwischenschichtkopplung ohne eine angelegte Spannung oder bei sehr niedriger Spannung sehr klein sein, so daß sie die Ausrichtung der Magnetisierungen nicht beeinflusst. Bei Anlegen einer höheren Spannung wird dann eine antiferromagnetische Kopplung über die halbleitende Zwischenschicht erzeugt, die zu einer antiparallelen Magnetisierungsausrichtung führt.

[0012] Auf diese Weise kann eine Ummagnetisierung in dem magnetischen Schichtsystem hervorgehoben werden, die bei Abschaltung der Spannung auch erhalten bleibt, womit bei Stromausfall der durch die Ummagnetisierung erfolgte Schaltzustand gehalten wird.

[0013] Ein Zurückschalten auf die parallele Magnetisierungsausrichtung kann durch geeignete Ströme im ersten Leiterbahnsystem in an sich für MRAM-Datenspeicher bekannter Weise erfolgen.

[0014] Somit ist es durch die erfindungsgemäß vorgesehene antiferromagnetische Zwischenschichtkopplung über halbleitende Materialien möglich, einen der beiden möglichen Schaltzustände „0“ oder „1“ in einer Speicherzelle eines MRAM-Datenspeichers zu schreiben. Dies hat den Vorteil, daß ein Anlegen einer Spannung beispielsweise über das Leiterbahnsystem, das zum Auslesen der gespeicherten Information ohnehin vorhanden sein muß, für das Ummagnetisieren genügt und keine großen Ströme wie im Falle der Benutzung des ersten Leiterbahnsystems fließen müssen. Der beispielhaft ausgebildete MRAM-Datenspeicher benötigt zwar noch beide Leiterbahnsysteme, wesentlicher Vorteil ist die Reduktion der Schreibleistung für eine Schaltvorgangsausrichtung. Entsprechend verringert ist der Strombedarf, woraus sich auch eine erheblich geringere thermische Belastung des Speicherbausteins ergibt.

[0015] Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, die Zwischenschicht aus Silizium herzustellen. So ist es gelungen, durch sorgfältige Präparation Schichtungen aus Fe mit Si Zwischenschichten herzustellen, bei denen der spezifische Widerstand der Zwischenschicht um etwa fünf Größenordnungen (10^5) über den für Metalle typischen Werten liegt und die – da es sich bei dem Material um Silizium handelt – hier als halbleitend bezeichnet werden. Es konnten Schichtungen mit Siliziumdicken von etwa 0,8 nm Dicke präpariert werden, die eine besonders starke antiferromagnetische Kopplung aufwiesen. Allgemein werden gute Ergebnisse mit Schichtdicken im Bereich von 0,5 bis 2,0 nm erzielt.

[0016] Als Beispiel ist vorgesehen, daß auf der zweiten ferromagnetischen Schicht (free layer) eine elektrische Isolierschicht und auf dieser eine dritte ferromagnetische Schicht mit fester magnetischer

Ausrichtung (pinned layer) angeordnet sind. Hierdurch können die Lesesignale zum Auslesen des jeweiligen Schaltzustandes erhöht werden, da dann das Lesesignal durch den Spannungsabfall über die Isolierschicht entsprechend eines herkömmlichen MRAM-Datenspeichers erfolgt. Mit dieser Anordnung können die beim TMR-Effekt über halbleitende Zwischenschichten schwachen Lesesignale vermieden werden.

[0017] Gemäß einem weiteren Beispiel können die Speicherzellen in Form eines Multischichtsystems mit einer Vielzahl von magnetischen Schichten und dazwischen angeordneten halbleitenden Zwischenschichten aufgebaut sein. Auf diese Weise kann ebenfalls eine Lesesignalverstärkung erreicht werden.

[0018] Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen der Erfindungen wird auf den Unteranspruch sowie die nachfolgende Beschreibung verwiesen. In der Zeichnung zeigt

[0019] [Fig. 1a–Fig. 1c](#) in schematischer, perspektivischer Ansicht eine erste Ausführungsform einer Speicherzelle eines MRAM-Datenspeichers zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in verschiedenen Schaltzuständen,

[0020] [Fig. 2](#) in schematischer perspektivischer Ansicht eine zweite Ausführungsform einer solchen Speicherzelle,

[0021] [Fig. 3](#) in schematischer Draufsicht einen Ausschnitt eines herkömmlichen MRAM-Datenspeichers und

[0022] [Fig. 4](#) in schematischer perspektivischer Ansicht eine herkömmliche MRAM-Speicherzelle.

[0023] In den [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1c](#) ist eine Speicherzelle **10** dargestellt, die in einem herkömmlichen MRAM-Datenspeicher **1**, wie er in [Fig. 3](#) dargestellt und in der Beschreibungseinleitung diskutiert ist, eingesetzt werden kann. Die Speicherzelle **10** weist ein Substrat **11** auf, das aus einem Metall oder einem metallischen natürlichen Antiferromagneten (NAF) besteht. Auf dieses Substrat **11** ist ein lateral begrenztes magnetisches Schichtsystem aufgebracht, welches eine auf dem Substrat **11** liegende erste ferromagnetische Schicht **12** mit einer festen magnetischen Ausrichtung (pinned layer) gemäß dem Pfeil **121**, eine darüber liegende zweite ferromagnetische Schicht **14** mit einer leicht drehbaren magnetischen Ausrichtung (free layer) und eine zwischen den beiden ferromagnetischen Schichten **12**, **14** angeordnete Zwischenschicht **13** aufweist. Die Zwischenschicht **13** besteht aus einem Siliziummaterial mit einer Schichtdicke von 0,5 bis 2,0 nm und einem spezifischen Widerstand S , der etwa um fünf Größenord-

nungen (10^5) über den für Metalle typischen Werten liegt. Nachdem es sich bei dem Material um Silizium handelt, wird das Material der Zwischenschicht hier als halbleitend bezeichnet.

[0024] In dem Schaltzustand gemäß der [Fig. 1a](#) ist die magnetische Ausrichtung der zweiten magnetischen Schicht **14**, welche durch den Pfeil **141** angedeutet ist, parallel zur magnetischen Ausrichtung (Pfeil **121**) der ersten magnetischen Schicht **12** ausgerichtet.

[0025] In der Speicherzelle **10** erfolgt die Abspeicherung einer Information, indem die Magnetisierung in der Schicht **14** (free layer) parallel oder antiparallel zu der Magnetisierung in der ersten magnetischen Schicht **12** (pinned layer) entsprechend der logischen „0“ oder „1“ abgespeichert wird.

[0026] Die zuvor beschriebenen Speicherzellen **10** können in einem MRAM-Datenspeicher **1** eingesetzt werden, dessen prinzipieller Aufbau in [Fig. 3](#) dargestellt und bereits eingangs erläutert wurde. Danach gehört zu dem MRAM-Datenspeicher **1** ein erstes, netzartig ausgebildetes Leiterbahnsystem **15** mit im wesentlichen senkrecht zu einander angeordneten Leiterbahnen **15a**, **15b**, welche sich jeweils über einer Speicherzelle **10** kreuzen.

[0027] Des weiteren ist in gleicher Weise wie bei der in [Fig. 4](#) dargestellten Speicherzelle **10** ein zweites Leiterbahnsystem **16** vorgesehen, durch welches an jeder Speicherzelle **10** zwischen dem Substrat **11** und der zweiten magnetischen Schicht **14** eine Spannung über eine Spannungsquelle $U >$ angelegt werden kann. Des weiteren ist in der Leiterbahn **16** ein nicht dargestellter Widerstandsmesser sowie ein Schalter **161** vorgesehen.

[0028] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die in den [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1c](#) dargestellten Schaltzustände eine erfindungsgemäße Ummagnetisierung mittels spannungsinduzierter antiferromagnetischer Zwischenschichtkopplung erläutert.

[0029] In der [Fig. 1a](#) ist aufgrund des offenen Schalters **161** keine Spannung über das zweite Leiterbahnsystem **16** an der Speicherzelle **10** angelegt. Entsprechend bleibt die ursprüngliche Magnetisierung der zweiten magnetischen Schicht **14** (free layer) gemäß dem Pfeil **141** parallel zu der Magnetisierung der ersten magnetischen Schicht **12** (pinned layer) gemäß dem Pfeil **121** erhalten.

[0030] Wenn gemäß [Fig. 1b](#) der Schalter **161** geschlossen wird, führt dies dazu, daß eine Spannung $U >$ an der Speicherzelle **10** senkrecht zu deren Schichtsystem angelegt wird, die deutlich höher ist als die für die Auslesefunktionalität erforderliche Spannung U und ausreichend ist, um eine antiferro-

magnetische Zwischenschichtkopplung über das halbleitende Material der Zwischenschicht **13** zu erzeugen. Durch diese antiferromagnetische Zwischenschichtkopplung klappt die Magnetisierung der zweiten magnetischen Schicht **14** (free layer) in die zur magnetischen Ausrichtung (Pfeil **121**) der ersten magnetischen Schicht **12** (pinned layer) antiparallele Ausrichtung gemäß dem Pfeil **142** um.

[0031] Nach dem Öffnen des Schalters **161** entsprechend [Fig. 1c](#), also bei nicht mehr angelegter höherer Spannung $U >$, wird die antiparallele Magnetisierung gemäß dem Pfeil **142** in der zweiten magnetischen Schicht **14** (free layer) beibehalten. Der im Schnitt gemäß [Fig. 1b](#) in die Speicherzelle **10** eingeschriebene Schaltzustand wird somit gehalten.

[0032] Ein Zurücksetzen des in [Fig. 1c](#) dargestellten antiparallelen Magnetisierungszustandes in der zweiten magnetischen Schicht **14** erfolgt in der Weise, daß durch das erste Leiterbahnsystem **15** elektrische Ströme geleitet werden, die ein äußeres Feld auf die zweite magnetische Schicht **14** (free layer) wirken lassen, durch welches die Magnetisierung wieder parallel zur Magnetisierung in der ersten magnetischen Schicht (pinned layer) ausgerichtet wird. Konkret werden dabei die beiden sich über der umzumagnetisierenden Speicherzelle **10** kreuzenden Leiterbahnen **15a**, **15b** des ersten Leiterbahnsystems **15** mit einem geeigneten elektrischen Stromfluß beaufschlagt, um den Magnetisierungszustand der zweiten magnetischen Schicht **14** in die parallele Magnetisierung gemäß Pfeil **141** ([Fig. 1a](#)) zu verändern.

[0033] Das Auslesen des jeweiligen Schaltzustandes der Speicherzellen **10** erfolgt über das zweite Leiterbahnsystem **16** unter Ausnutzung der TMR-Funktionalität in an sich bekannter und vorstehend bereits beschriebener Weise, indem eine Spannung U an der Speicherzelle **10** angelegt wird, die deutlich kleiner als die zur Erzeugung einer antiferromagnetischen Zwischenschichtkopplung erforderliche Spannung $U >$ ist, wobei je nach Magnetisierung der zweiten magnetischen Schicht **14** (free layer) ein Widerstandsunterschied meßbar ist, der den Schaltzustand definiert.

[0034] In [Fig. 2](#) ist ein zweites Ausführungsbeispiel einer beispielhafter Speicherzelle **10** in einem Schaltzustand gemäß der [Fig. 1b](#) des ersten Ausführungsbeispiels dargestellt. Funktionsgleiche Bauteile sind hier mit gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet.

[0035] Die Speicherzelle **10** weist auf ihrem metallischen Substrat **11** eine erste magnetische Schicht **12** mit fester magnetischer Ausrichtung gemäß dem Pfeil **121** auf. Auf diese erste magnetische Schicht **12** (pinned layer) ist eine dünne Zwischenschicht **13** aus einem halbleitenden Material aufgebracht. Darüber befindet sich die zweite magnetische Schicht **14** mit

frei drehbarer magnetischer Ausrichtung (free layer). Zusätzlich zum ersten Ausführungsbeispiel ist auf der zweiten magnetischen Schicht **14** (free layer) eine isolierende Zwischenschicht **21** und darüber eine dritte magnetische Schicht **22** mit einer festen magnetischen Ausrichtung (pinned layer) gemäß dem Pfeil **221** angeordnet.

[0036] Die magnetischen Ausrichtungen (Pfeile **121** und **122**) in den Schichten **12**, **22** fester magnetischer Ausrichtung sind parallel zueinander ausgerichtet. In dem in [Fig. 2](#) dargestellten Schaltzustand mit geschlossenem Schalter **161** ist eine hohe Spannung $U >$ über das zweite Leiterbahnsystem **16** an der Speicherzelle **10** angelegt. Entsprechend der daraus resultierenden spannungsinduzierten antiferromagnetischen Zwischenschichtkopplung über die halbleitende Zwischenschicht **13** wird eine antiparallele Ausrichtung gemäß dem Pfeil **142** in der zweiten magnetischen Schicht **14** (free layer) bewirkt. Gegenüber dem in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiel entsteht durch den Spannungsabfall über die isolierende Zwischenschicht **21** ein stärkeres Lesesignal, womit die Speicherauslesung störunanfälliger ist.

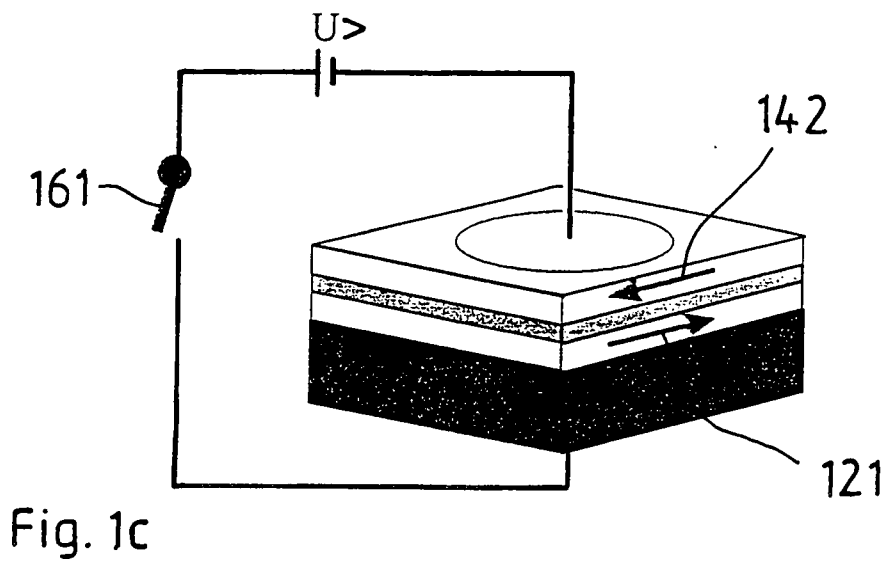
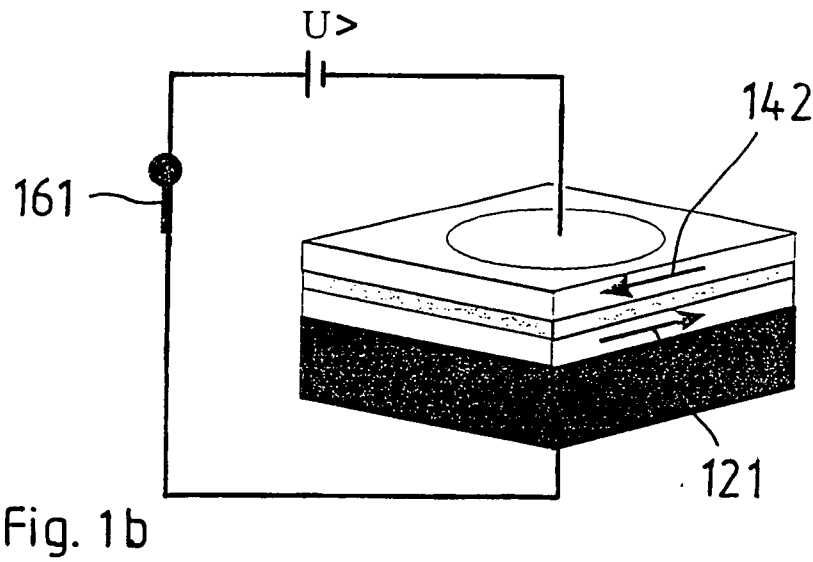
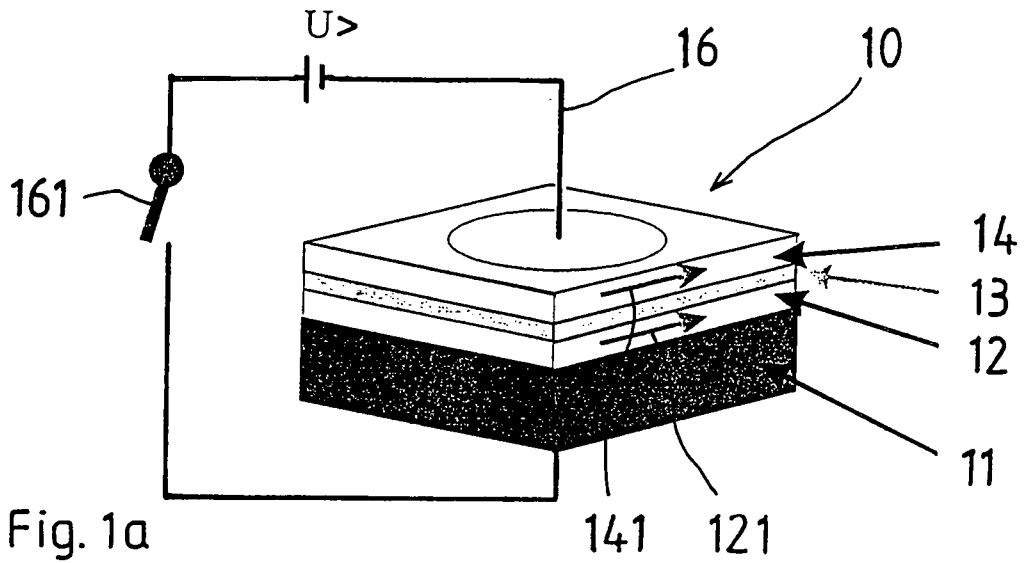
Patentansprüche

1. Verfahren zur Speicherung von Daten in einem MRAM-Datenspeicher mit einer Vielzahl von Speicherzellen (**10**), die eine erste magnetische Schicht (**12**) mit einer festen magnetischen Ausrichtung, eine zweite magnetische Schicht (**14**) mit einer leicht drehbaren magnetischen Ausrichtung und eine zwischen der ersten und zweiten Schicht angeordnete Zwischenschicht (**13**) aufweisen, wobei Informationen in den Speicherzellen (**10**) abgespeichert werden, indem die Magnetisierung in der magnetischen Schicht (**14**) mit leicht drehbarer magnetischer Ausrichtung parallel oder antiparallel zu der Magnetisierung der ersten Schicht (**12**) mit fester magnetischer Ausrichtung ausgerichtet wird und das Auslesen der Information durch die Erfassung des elektrischen Widerstands zwischen der ersten und zweiten magnetischen Schicht (**12**, **14**) unter Ausnutzung des Tunnel-Magnetowiderstandseffekts erfolgt, wobei ein MRAM-Datenspeicher verwendet wird, bei dem die Zwischenschicht (**13**) aus einem halbleitenden Material besteht, und ein Ummagnetisieren von der parallelen zur antiparallelen Ausrichtung der Magnetisierung der zweiten magnetischen Schicht (**14**) bezüglich der Magnetisierung der ersten magnetischen Schicht (**12**) mittels antiferromagnetischer Kopplung über das halbleitende Material der Zwischenschicht (**13**) vorgenommen wird, indem über die Leiterbahnen (**16**), über welche die Informationen aus der Speicherzelle (**10**) ausgelesen werden, eine äußere Spannung an der Speicherzelle (**10**) angelegt wird, die höher ist als die für die Auslesefunktionalität erforderliche Spannung und ausreichend ist, um eine antiferromagnetische Zwischenschichtkopplung über

das halbleitende Material der Zwischenschicht (**13**) zu erzeugen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ummagnetisierung von der antiparallelen zur parallelen Ausrichtung der Magnetisierung der zweiten magnetischen Schicht (**14**) bezüglich der Magnetisierung der ersten magnetischen Schicht (**12**) durch ein äußeres Feld, welches durch Ströme in einem geeigneten Leiterbahnnetz (**15**) erzeugt wird, erfolgt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



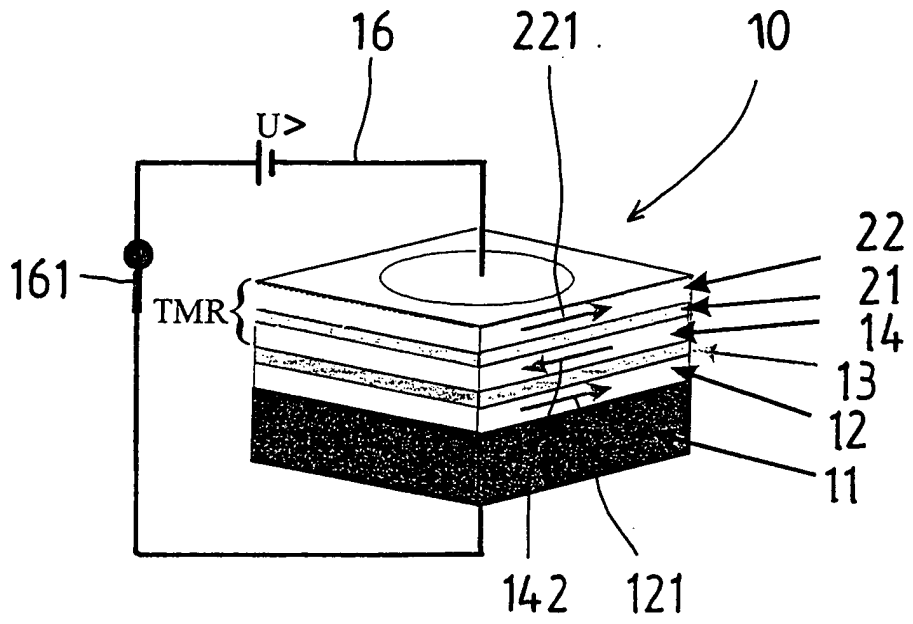


Fig. 2

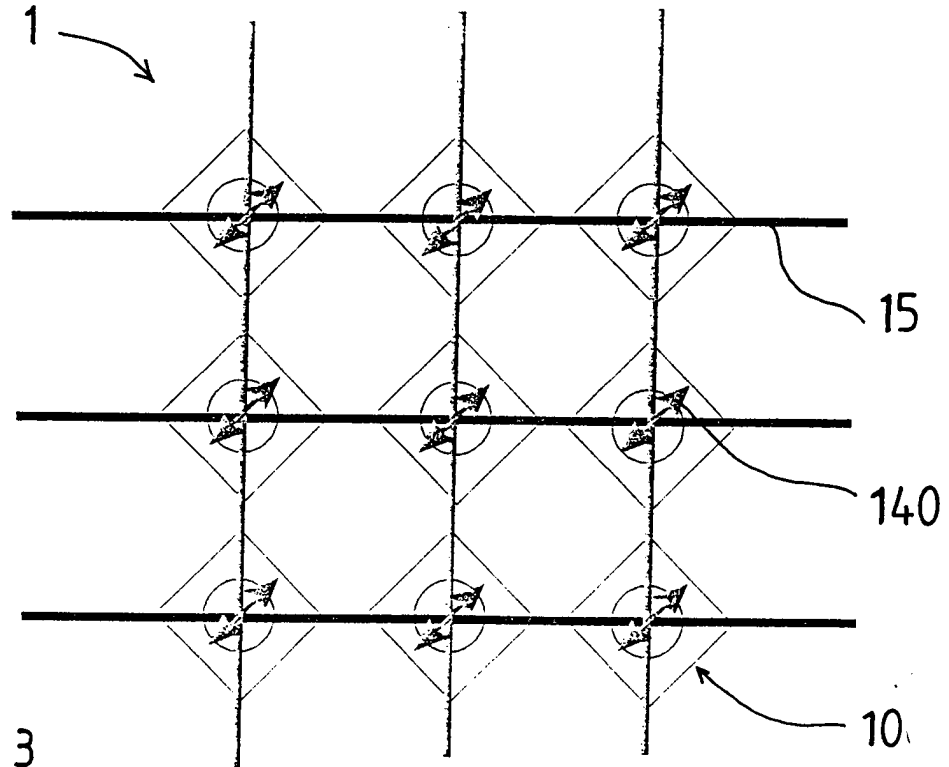


Fig. 3

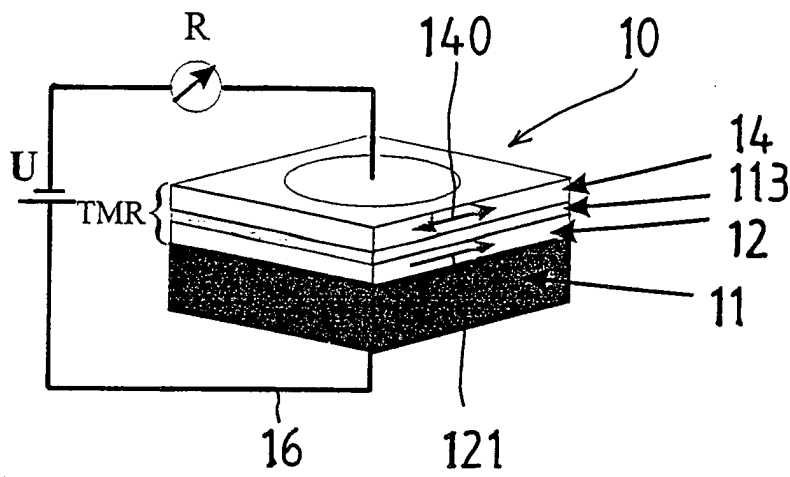


Fig. 4