



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 49 869 B4** 2006.08.31

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 49 869.5**
(22) Anmeldetag: **25.10.2002**
(43) Offenlegungstag: **15.05.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **31.08.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G11C 11/14** (2006.01)
G11C 11/15 (2006.01)
G11C 5/06 (2006.01)
G11C 5/14 (2006.01)
G11C 7/02 (2006.01)
G11C 7/24 (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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2001/327690 25.10.2001 JP
2002/070583 14.03.2002 JP

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio, JP

(74) Vertreter:
PRÜFER & PARTNER GbR, 81545 München

(72) Erfinder:
Hidaka, Hideto, Tokio, JP

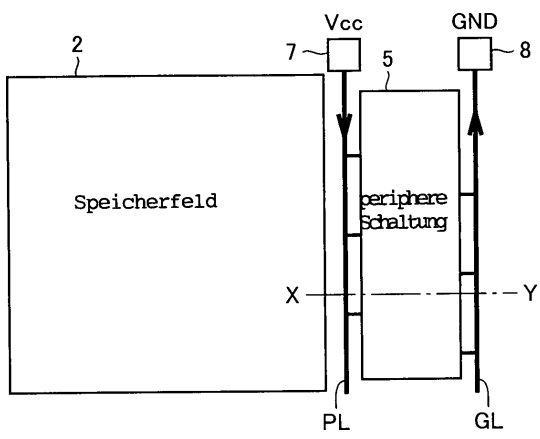
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 102 28 560 A1
DE 100 53 965 A1
DE 15 24 770 A
Scheuerlein, R.; Gallagher, W.; Parkin, S.;
Lee, A.; Ray, S.; Robertazzi, R.; Reohr, W.: "A
10ns read and write non-volatile memory array
using a magnetic tunnel junction and FET switch
in each cell". IEEE International Solid-State
Circuits Conference, 7-9 Feb. 2000, 128-129;
Durlam, M.; Naji, P.; DeHerrera, M.; Tehrani, S.;
Kerszykowski, G.; Kyler, K.: "Nonvolatile RAM
based on magnetic tunnel junction elements".

IEEE
International Solid-State Circuits Conference,
7-9 Feb. 2000, 130-131;
Naji, P.K.; Durlam, M.; Tehrani, S.; Calder, J.;
DeHerrera, M.F.: "A 256 kb 3.0 V 1T1MTJ nonvola-
tile magnetoresistive RAM". IEEE International
Solid-State Circuits Conference, 5-7 Feb. 2001,
122-123, 438;
Petschauer, R.: "Engineering aspects of magnetic
film memories". IEEE Transactions on Magnetics,
Bd. 1, Nr. 3, Sept. 1965, 185-192;
Wang, Z.G.; Mapps, D.J.; He, L.N.; Clegg, W.W.;
Wilton, D.T.; Robinson, P.; Nakamura, Y.:
"Feasibility of ultra-dense spin-tunneling random
access memory". IEEE Transactions on
Magnetics,
Bd. 33, Nr. 6, Nov. 1997, 4498-4512;
Brown, J.L.; Pohm, A.V.; Mundon, S.A.; Sinclair,
R.A.; Cooper, D.K.; Black, W.C.; Dupuis, T.J.;
Daughton, J.M.: "One Megabit Memory Chip Using
Giant Magnetoresistive Memory Cells".
Nonvolatile
Memory Technology Review, 1993, 22-24 Juni
1993,
50-53;

(54) Bezeichnung: **Magnetische Dünnspeichervorrichtung zum Durchführen eines Datenschreibvorgangs durch Anlegen eines Magnetfelds**

(57) Hauptanspruch: Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit
einem Speicherfeld (2) mit einer Mehrzahl von darin angeordneten Speicherzellen (MC) zum magnetischen Datenspeichern, wobei jede Speicherzelle einen magnetischen Speicherabschnitt (TMR) aufweist mit einem elektrischen Widerstandswert, der sich entsprechend einer Magnetisierungsrichtung ändert, die durch Anlegen eines vorgeschriebenen Magnetfelds überschrieben werden kann; einer peripheren Schaltung (5, 5#), die in einem an das Speicherfeld angrenzenden Bereich bereitgestellt ist, zum Durchführen eines Datenlesebetriebs und eines Datenschreibbetriebs aus dem bzw. in das Speicherfeld; und

einer ersten und einer zweiten Stromversorgungsleitung (PL, GL) zum Zuführen einer Betriebsspannung (Vcc, GND) zu der peripheren Schaltung; wobei die erste und die zweite Versorgungsleitung so angeordnet sind, dass ein durch einen durch die erste Versorgungsleitung fließenden Strom erzeugtes Magnetfeld und ein durch einen durch die zweite Versorgungsleitung fließenden Strom erzeugtes Magnetfeld einander in dem Speicherfeld gegenseitig aufheben.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf eine magnetische Dünnschicht-Speichervorrichtung. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf einen Direktzugriffsspeicher (RAM) mit Speicherzellen mit einem magnetischen Tunnelübergang (MTJ).

Stand der Technik

[0002] Eine MRAM-Vorrichtung (Magnetic Random Access Memory = Magnetischer Direktzugriffsspeicher) hat als eine Speichervorrichtung, die in der Lage ist, mit geringem Leistungsverbrauch Daten auf nicht-flüchtige Weise zu speichern, Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Die MRAM-Vorrichtung ist eine Speichervorrichtung, die in der Lage ist, unter Verwendung einer Mehrzahl von magnetischen Dünnschichtelementen, die in einer integrierten Halbleiterschaltung ausgebildet sind, Daten auf nicht-flüchtige Weise zu speichern und auf jedes dieser magnetischen Dünnschichtelemente einen Direktzugriff durchzuführen.

[0003] Insbesondere zeigen jüngere Ankündigungen, dass die Verwendung magnetischer Dünnschichtelemente mit einem magnetischen Tunnelübergang MTJ (Magnetic Tunnel Junction) als Speicherzelle die Leistungsfähigkeit einer MRAM-Vorrichtung beträchtlich verbessert. Die MRAM-Vorrichtung, die Speicherzellen mit einem magnetischen Tunnelübergang beinhaltet, ist in der technischen Literatur veröffentlicht wie z.B. in "A 10ns Read and Write Non-Volatile Memory Array Using a Magnetic Tunnel Junction and FET Switch in each Cell", ISSCC Digest of Technical Papers, TA7.2, Februar 2000, "Nonvolatile RAM based on Magnetic Tunnel Junction Elements", ISSCC Digest of Technical Papers, TA7.3, Februar 2000, und "A 256kb 3.0V 1T1MTJ Nonvolatile Magnetoresistive RAM", ISSCC Digest of Technical Papers, TA7.6, Februar 2001.

[0004] In der Veröffentlichung "Engineering Aspects of Magnetic Film Memories", IEEE Transactions on Magnetism, Vol. MAG-1, No. 3, September 1965 werden Magnetfilmspeicher mit destruktiver Auslese und nichtdestruktiver Auslese beschrieben. Dabei wird darauf hingewiesen, dass eine Speicherzelle durch ein transversales Feld beeinflusst wird, welches beim Betrieb einer benachbarten Wortleitung auftritt.

[0005] In "Feasibility of Ultra-Dense Spin-Tunneling Random Access Memory", IEEE Transactions on Magnetism, Vol. 33, No. 6, November 1997 werden die Ergebnisse von FEM-Simulationen des Verhaltens von STRAMs beschrieben. Weiterhin wird ein Design vorgestellt, bei dem durch laterales Anbringen eines Materials hoher Permeabilität an den Wort- und Bitleitungen das Übersprechen verringert wird, da der magnetische Fluss geschlossen wird.

[0006] Brown et al. beschreiben in "One Megabit Memory Chip Using Giant Magnetoresistive Memory Cells", Nonvolatile Memory Technology Review, Juni 1993, Seite 50-53 einen 1-Megabit-Speicherchip, bei dem für die Speicherzellen GMR-Materialien verwendet werden. Um beim Anschalten des Wortleitungsstroms auftretenden Störungen zu begegnen, ist die Rückseite des Chips mit Gold beschichtet.

[0007] DE 1524 770 A offenbart einen magnetischen Dünnschichtspeicher, bei dem ein notwendiger Worttreibstrom dadurch reduziert wird, dass eine außerhalb der beiden Magnetschichtelemente angeordnete zusätzliche magnetfelderzeugende Leiteranordnung ein Vorspannungsfeld an die Speicherzellen entlang einer harten Achse angelegt wird. Dabei wird durch die Verwendung einer Magnetflußkopplung in der harten Achse eine Verringerung des Streuflusses in Richtung der Bitleitungen ermöglicht.

[0008] Die ältere Anmeldung DE 102 28 560 derselben Anmelderin beschreibt eine Dünnschichtmagnet-Speichervorrichtung mit einer Datenlesestrom-einstellungsfunktion. Unter anderem wird eine Dünnschichtmagnet-Speichervorrichtung mit Dummymagnet-Speicherzellen offenbart, welche einen Dummymagnet-Speicherbereich mit einem elektrischen Zwischenwiderstandswert und ein Dummyzugriffselement, das elektrisch mit dem Dummymagnet-Speicherbereich in Reihe geschaltet ist, enthalten.

[0009] Fig. 39 ist eine schematische Darstellung des Aufbaus einer Speicherzelle mit magnetischem Tunnelübergang (im Folgenden gelegentlich einfach als "MTJ-Speicherzelle" bezeichnet). Wie in Fig. 39 dargestellt beinhaltet eine MTJ-Speicherzelle ein magnetoresistives Tunnelement TMR, dessen elektrischer Widerstand sich entsprechend dem Speicherdatenpegel ändert, und ein Zugriffselement ATR zum Bilden eines Pfads für einen Lesestrom I_s , der bei dem Datenlesevorgang durch das magnetoresistive Tunnelement TMR fließt. Da typischerweise ein Feldeffekttransistor als Zugriffselement ATR verwendet wird, wird das Zugriffselement ATR im Folgenden gelegentlich als Zugriffstransistor bezeichnet. Der Zugriffstransistor ATR ist zwischen das magnetoresistive Tunnelement TMR und eine feste Spannung (Massespannung GND) geschaltet.

[0010] Für die MTJ-Speicherzelle sind eine Schreibwortleitung WWL (Write Word Line) für den Datenschiebbetrieb, eine Lesewortleitung RWL (Read Word Line) für den Datenlesebetrieb und eine Bitleitung BL (Bit Line) bereitgestellt. Die Bitleitung BL dient im Datenlesebetrieb und im Datenschiebbetrieb als Datenleitung zum Übertragen eines elektrischen Signals entsprechend dem Speicherdatenpegel.

[0011] Fig. 40 ist eine konzeptionelle Darstellung, die den Datenlesebetrieb aus der MTJ-Speicherzelle veranschaulicht. Wie in Fig. 40 dargestellt beinhaltet das magnetoresistive Tunnelement TMR eine Schicht aus einem ferromagnetischen Material FL mit einer festen Magnetisierungsrichtung (im folgenden gelegentlich einfach als "feste magnetische Schicht" bezeichnet), eine Schicht aus einem ferromagnetischen Material VL, die in einer Richtung magnetisiert ist, die einem von außen angelegten Magnetfeld entspricht (im folgenden gelegentlich einfach als "freie magnetische Schicht" bezeichnet), und eine antiferromagnetische Materialschicht AFL zum Fixieren der Magnetisierungsrichtung der festen magnetischen Schicht FL. Zwischen der festen magnetischen Schicht FL und der freien magnetischen Schicht VL ist eine Tunnelbarriere (Tunnelschicht) TB aus einer Isolierschicht ausgebildet. Entsprechend dem Speicherdatenpegel ist die freie magnetische Schicht VL entweder in dieselbe (parallele) Richtung magnetisiert wie die feste magnetische Schicht FL oder in die entgegengesetzte (antiparallele) Richtung. Die feste magnetische Schicht FL, die Tunnelbarriere TB und die freie magnetische Schicht VL bilden einen magnetischen Tunnelübergang MTJ.

[0012] Beim Datenlesebetrieb wird der Zugriffstransistor ATR als Reaktion auf eine Aktivierung der Lesewortleitung RWL eingeschaltet. Dadurch kann ein Lesestrom I_s durch einen Strompfad fließen, der durch die Bitleitung BL, das magnetoresistive Tunnelement TMR, den Zugriffstransistor ATR und die Massespannung GND gebildet wird.

[0013] Der elektrische Widerstandswert des magnetoresistiven Tunnelements TMR ändert sich entsprechend der Beziehung zwischen den Magnetisierungsrichtungen der festen magnetischen Schicht FL und der freien magnetischen Schicht VL. Genauer gesagt: Wenn die feste magnetische Schicht FL und die freie magnetische Schicht VL dieselbe (parallele) Magnetisierungsrichtung aufweisen, hat das magnetoresistive Tunnelement TMR einen geringeren elektrischen Widerstandswert als in dem Fall, in dem sie entgegengesetzte (antiparallele) Magnetisierungsrichtungen aufweisen.

[0014] Wenn die freie magnetischen Schicht VL in der dem Speicherdatenpegel entsprechenden Richtung magnetisiert ist, variiert dementsprechend eine durch den Lesestrom I_s in dem magnetoresistiven Tunnelement TMR erzeugte Spannungsänderung entsprechend dem Speicherdatenpegel. Daher kann durch Aufladen der Bitleitung BL auf eine vorgesehene Spannung und anschließendes Zuführen des Lesestroms I_s zu dem magnetoresistiven Tunnelement TMR der Speicherdatenwert in der MTJ-Speicherzelle durch Erfassen der Spannung auf der Bitleitung BL gelesen werden.

[0015] Fig. 41 ist eine konzeptionelle Darstellung, die den Datenschreibbetrieb in die MTJ-Speicherzelle veranschaulicht. Wie in Fig. 41 dargestellt wird in dem Datenschreibbetrieb die Lesewortleitung RWL deaktiviert und der Zugriffstransistor ATR ausgeschaltet. In diesem Zustand wird der Schreibwortleitung WWL und der Bitleitung BL ein Datenschreibstrom zum Magnetisieren der freien magnetischen Schicht VL in der dem Schreibdatenpegel entsprechenden Richtung zugeführt. Die Magnetisierungsrichtung der freien magnetischen Schicht VL wird durch die Kombination der Richtungen der Datenschreibströme festgelegt, die durch die Schreibwortleitung WWL und die Bitleitung BL fließen.

[0016] Fig. 42 ist eine konzeptionelle Darstellung zur Erläuterung des Zusammenhangs zwischen dem Datenschreibstrom und der Magnetisierungsrichtung des magnetoresistiven Tunnelements TMR beim Datenschreibbetrieb in die MTJ-Speicherzelle. In Fig. 42 bezeichnet die Abszisse $H(EA)$ ein Magnetfeld, das an die freie magnetische Schicht VL des magnetoresistiven Tunnelements TMR in der leicht zu magnetisierenden Richtung (EA) angelegt ist. Die Ordinate $H(HA)$ bezeichnet ein Magnetfeld, das an die freie magnetische Schicht VL in der schwer zu magnetisierenden Richtung (HA) angelegt ist. Die Magnetfelder $H(EA)$ und $H(HA)$ entsprechen jeweils zwei Magnetfeldern, die durch die in der Bitleitung BL und in der Schreibwortleitung WWL fließenden Ströme erzeugt werden.

[0017] In der MTJ-Speicherzelle ist die feste magnetische Schicht FL in der festen Richtung in der leicht zu magnetisierenden Achse der freien magnetischen Schicht VL magnetisiert. Die freie magnetische Schicht VL ist entsprechend dem Speicherdatenpegel ("1" bzw. "0") entweder in dieselbe (parallele) Richtung in der leicht zu magnetisierenden Achse magnetisiert wie die feste magnetische Schicht FL oder in die entgegengesetzte (antiparallele) Richtung. Im Folgenden bezeichnen R_1 und R_0 (mit $R_1 > R_0$) die elektrischen Widerstandswerte des magnetoresistiven Tunnelements TMR, die jeweils den zwei Magnetisierungsrichtungen der freien magnetischen Schicht VL entsprechen.

[0018] Die MTJ-Speicherzelle ist somit in der Lage, entsprechend den zwei Magnetisierungsrichtungen der freien magnetischen Schicht VL 1-Bit-Daten ("1" bzw. "0") zu speichern.

[0019] Die Magnetisierungsrichtung der freien magnetischen Schicht VL kann nur dann neu geschrieben werden, wenn die Summe der angelegten Magnetfelder $H(EA)$ und $H(HA)$ den Bereich außerhalb der in Fig. 42 dargestellten Asteroidenkennlinie erreicht. Anders ausgedrückt: Die Magnetisierungsrichtung der freien magnetischen Schicht VL ändert sich nicht, wenn ein angelegtes Datenschreibmagnetfeld dem

Bereich innerhalb der Asteroidenkennlinie entspricht.

[0020] Wie aus der Asteroidenkennlinie ersichtlich, ermöglicht das Anlegen eines Magnetfelds in der schwer zu magnetisierenden Richtung an die freie magnetische Schicht VL eine Verringerung eines Magnetisierungsschwellwerts, der zum Ändern der Magnetisierungsrichtung in der leicht zu magnetisierenden Richtung erforderlich ist.

[0021] Wenn der Schreibarbeitspunkt wie in dem in **Fig. 42** dargestellten Beispiel festgelegt ist, muss ein Datenschreibmagnetfeld in der leicht zu magnetisierenden Richtung, um geschrieben zu werden, in der MTJ-Speicherzelle eine Stärke H_{WR} haben. Anders ausgedrückt wird der Wert des Datenschreibstroms, der der Bitleitung BL bzw. der Schreibwortleitung WWL zugeführt werden soll, so festgelegt, dass das Datenschreibmagnetfeld H_{WR} erzeugt wird. Im allgemeinen ist das Datenschreibmagnetfeld H_{WR} definiert als die Summe einer Schaltmagnetfeldstärke H_{SW} , die zum Schalten der Magnetisierungsrichtung erforderlich ist, und einem Rand ΔH . Das Datenschreibmagnetfeld H_{WR} ist somit definiert als $H_{WR} = H_{SW} + \Delta H$.

[0022] Um den Speicherdatenwert der MTJ-Speicherzelle, d.h. die Magnetisierungsrichtung des magnetoresistiven Tunnelements TMR zu überschreiben, muss sowohl an die Schreibwortleitung WWL als auch an die Bitleitung BL ein Datenschreibstrom mit mindestens einem vorhergesehenen Pegel zugeführt werden. Die freie magnetische Schicht VL in dem magnetoresistiven Tunnelement TMR wird somit entsprechend der Richtung des Datenschreibmagnetfelds in der leicht zu magnetisierenden Achse (EA) entweder in dieselbe (parallele) oder in die entgegengesetzte (antiparallele) Richtung magnetisiert wie die feste magnetische Schicht FL. Die in das magnetoresistive Tunnelement TMR geschriebene Magnetisierungsrichtung, d.h. der Speicherdatenwert der MTJ-Speicherzelle, wird auf nichtflüchtige Weise gehalten, bis ein anderer Datenschreibvorgang durchgeführt wird.

[0023] Wie oben beschrieben ändert sich der elektrische Widerstandswert des magnetoresistiven Tunnelements TMR entsprechend der Magnetisierungsrichtung, die durch ein angelegtes Datenschreibmagnetfeld überschrieben werden kann. Dementsprechend kann ein nichtflüchtiges Datenspeichern verwirklicht werden, indem jeweils die zwei Magnetisierungsrichtungen der freien magnetischen Schicht VL in dem magnetoresistiven Tunnelement TMR als Speicherdatenpegel ("0" bzw. "1") verwendet werden.

[0024] **Fig. 43** ist eine konzeptionelle Darstellung, die den Feldaufbau der in integrierter Weise in einer Matrix angeordneten MTJ-Speicherzellen zeigt. Wie in **Fig. 43** dargestellt, sind die MTJ-Speicherzellen in

n Zeilen und m Spalten angeordnet (wobei n, m natürliche Zahlen sind). Wie oben beschrieben müssen für jede MTJ-Speicherzelle eine Bitleitung BL, eine Schreibwortleitung WWL und eine Lesewortleitung RWL bereitgestellt sein.

[0025] Im Datenschreibbetrieb wird einer Schreibwortleitung WWL und einer Bitleitung BL, die der ausgewählten Speicherzelle entsprechen, ein vorgesehener Datenschreibstrom zugeführt. Wenn z.B. Daten in die in **Fig. 43** schraffiert dargestellte MTJ-Speicherzelle geschrieben werden sollen, wird der Schreibwortleitung WWL6 ein Datenschreibstrom I_p in der Zeilenrichtung zugeführt und der Bitleitung BL2 ein Datenschreibstrom I_w in der Spaltenrichtung. Dementsprechend empfängt die ausgewählte MTJ-Speicherzelle sowohl ein Datenschreibmagnetfeld $H(EA)$ in der leicht zu magnetisierenden Richtung als auch ein Datenschreibmagnetfeld $H(HA)$ in der schwer zu magnetisierenden Richtung jenseits des in **Fig. 42** dargestellten Schaltmagnetfelds H_{sw} . Demzufolge wird die freie magnetische Schicht VL in der dem Schreibdatenpegel entsprechenden Richtung magnetisiert.

[0026] Andererseits empfangen die nicht ausgewählten Speicherzellen, die in derselben Speicherzellenzeile bzw. in derselben Speicherzellenspalte angeordnet sind wie die ausgewählte Speicherzelle, (in dem in **Fig. 43** dargestellten Beispiel die nicht ausgewählten Speicherzellen, die der Schreibwortleitung WWL6 entsprechen und die nicht ausgewählten Speicherzellen, die der Bitleitung BL2 entsprechen) nur entweder das Datenschreibmagnetfeld $H(EA)$ in der leicht zu magnetisierenden Richtung oder das Datenschreibmagnetfeld $H(HA)$ in der schwer zu magnetisierenden Richtung jenseits des Schaltmagnetfelds H_{sw} . In diesen Speicherzellen wird die Magnetisierungsrichtung der freien magnetischen Schicht VL nicht überschrieben. Anders ausgedrückt wird theoretisch kein Datenschreibbetrieb durchgeführt.

[0027] Wenn jedoch an die oben genannten nicht ausgewählten Speicherzellen eine magnetische Störung jeweils in der anderen Richtung angelegt wird, können Daten fehlerhafterweise in sie geschrieben werden.

[0028] Ein typisches Beispiel für eine solche magnetische Störung ist ein Magnetfeld, das durch einen Strom erzeugt wird, der durch eine Spannungsversorgungsleitung und eine Masseleitung fließt, um den peripheren Schaltungen zum Durchführen des Datenlesebetriebs aus dem Speicherfeld und des Datenschreibbetriebs in das Datenfeld eine Betriebsspannung zuzuführen. Der durch die Versorgungsspannungsleitung und die Masseleitung fließende Strom erreicht während des Betriebs der peripheren Schaltungen leicht eine Spitze. Daher hat die magnetische Störung von diesen Versorgungsleitungen ei-

nen gewissen Intensitätspegel.

[0029] Besonders zur verbesserten Integration können diese Versorgungsleitungen nahe bei dem Speicherfeld bereitgestellt sein, d.h. nahe bei den magnetoresistiven Tunnelementen TMR. In diesem Fall kann die magnetische Störung von der Versorgungsleitung einen verringerten Betriebsspielraum und fehlerhaftes Schreiben bewirken. Daher müssen solche Probleme auf irgendeine Weise verhindert werden.

Aufgabenstellung

[0030] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, durch Unterdrückung der Einflüsse magnetischer Störungen von den für periphere Schaltungen bereitgestellten Versorgungsleitungen und Ähnlichem, insbesondere der magnetischen Störungen von einer Spannungsversorgungsleitung und einer Masseleitung, einen stabilen Betrieb einer magnetischen Dünnspeicherung zu ermöglichen.

[0031] Die Aufgabe wird gelöst durch eine magnetische Dünnspeichervorrichtung gemäß Anspruch 1, 7, 8, 9, 11, 12, 17, 18, bzw. 19. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0032] Dementsprechend liegt ein Hauptvorteil der vorliegenden Erfindung in Folgendem: da die durch die erste und zweite Versorgungsleitung erzeugten Magnetfelder sich in dem Speicherfeld gegenseitig aufheben, kann ein fehlerhaftes Schreiben und ein verringerter Betriebsspielraum, die durch die magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen bewirkt werden, verhindert werden, wodurch ein stabiler Betrieb erreicht wird.

[0033] Die magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen können an das Speicherfeld in der leicht zu magnetisierenden Richtung der magnetischen Speicherabschnitte (magnetoresistiven Tunnelemente) angelegt werden. Das unterdrückt die magnetische Störung in der schwer zu magnetisierenden Richtung in der Gruppe nicht ausgewählter Speicherzellen der ausgewählten Spalte, wodurch ein fehlerhaftes Schreiben verhindert wird, dass durch von den Versorgungsleitungen im Datenschreibbetrieb erzeugten magnetischen Störungen bewirkt wird. Auch in einem anderen Betrieb als in dem Datenschreibbetrieb werden keine Störungen, die die Magnetisierungsrichtung der magnetischen Speicherabschnitte (der magnetoresistiven Tunnelemente) drehen, an die Speicherzellen angelegt. Das verhindert eine Verringerung des Lesebetriebsspielraums, die durch magnetische Störungen von den Versorgungsleitungen bewirkt wird.

[0034] Die magnetische Störung von jeder Versorgungsleitung hat eine Spitzenstärke, die in der am

nächst zu der Versorgungsleitung angeordneten Speicherzelle kleiner ist als ein vorgesehener Wert, und der vorgesehene Wert wird im Hinblick auf die Magnetisierungseigenschaften der Speicherzellen festgelegt. Demzufolge wird die Betriebsstabilität durch magnetische Störungen von den Versorgungsleitungen nicht beeinträchtigt.

[0035] Der Entkopplungskondensator, der einen Spitzenstrom empfängt, ist in einem Bereich der Versorgungsleitung bereitgestellt, der nicht ein Bereich nahe dem Speicherfeld ist. Eine solche effiziente Anordnung des Entkopplungskondensators ermöglicht die Unterdrückung von magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen.

[0036] Weiterhin verhindern die magnetoresistiven Dümmelemente, die an dem Ende des Speicherfelds bereitgestellt sind, dass das magnetische Feld am Ende des Speicherfelds diskontinuierlich wird. Daher wird der Betriebsspielraum der Speicherzellen, die in dem Endbereich des Speicherfelds angeordnet sind, nicht beeinträchtigt.

[0037] Das Induktivitätselement kann unter der Verwendung eines magnetischen Elements ausgebildet sein, das gleichzeitig mit den Speicherzellen in dem Herstellungsprozess für die Speicherzellen hergestellt werden kann. Demzufolge kann das Induktivitätselement hergestellt werden, ohne die Anzahl von Schritten in dem Herstellungsprozess zu vergrößern.

[0038] Eine magnetische Störung von der ersten Verdrahtung (die einem Leckmagnetfeld des Schreibmagnetfelds entspricht) und eine magnetische Störung von der zweiten Verdrahtung, die in dem Pfad des Schreibstroms enthalten sind, heben einander in den nicht ausgewählten Speicherzellen gegenseitig auf. Das verringert die magnetischen Störungen in den nicht ausgewählten Speicherzellen und verbessert dadurch die Betriebszuverlässigkeit der magnetischen Dünnspeichervorrichtung.

[0039] Wenn die Speicherzellen in eine Mehrzahl von Bänke aufgeteilt sind, die im Datenschreibbetrieb selektiv beschrieben werden (d.h. die Mehrzahl von Bänken wird nicht gleichzeitig für den Datenschreibbetrieb ausgewählt), wird verhindert, dass im Datenschreibbetrieb in dem nicht ausgewählten Speicherzellen fehlerhaftes Schreiben erfolgt. Demzufolge wird die Betriebszuverlässigkeit der magnetischen Dünnspeichervorrichtung verbessert.

[0040] Die nicht ausgewählten Speicherzellen, die nahe der ausgewählten Speicherzelle angeordnet sind, unterliegen am ehesten dem fehlerhaften Schreiben von Daten. Daher erstreckt sich eine andere Verdrahtung als die Schreibleitungen, die am nächsten zu den Speicherzellen angeordnet ist, in eine solche Richtung, dass die nächstliegende Ver-

drahtung auf dieser nicht ausgewählten Speicherzellen eine magnetische Störung anlegt, die dieselbe Richtung hat wie die eines relativ großen Restabstands für fehlerhaftes Schreiben. Das verhindert, dass im Datenschreibbetrieb ein fehlerhaftes Schreiben in die nicht ausgewählten Speicherzellen auftritt, wodurch die Betriebszuverlässigkeit der magnetischen Dünnspeichervorrichtung verbessert wird.

[0041] Wie oben beschrieben werden die nahe an der ausgewählten Speicherzelle angeordneten nicht ausgewählten Speicherzellen am ehesten einem fehlerhaften Schreiben von Daten unterliegen. Daher erstreckt sich eine Versorgungsleitung, die einen relativ großen Strom empfängt, in eine solche Richtung, XXX.

Ausführungsbeispiel

[0042] Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnungen. Von den Figuren zeigen:

[0043] [Fig. 1](#) ein schematisches Blockdiagramm, das den Gesamtaufbau einer MRAM-Vorrichtung nach einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0044] [Fig. 2](#) ein Schaltbild, das ein Beispiel für den Aufbau eines in [Fig. 1](#) dargestellte Speicherfeld zeigt;

[0045] [Fig. 3](#) ein Zeitverlaufdiagramm, das einen Datenschreibvorgang in die Speicherzelle und einen Datenlesevorgang aus der Speicherzelle veranschaulicht;

[0046] [Fig. 4](#) ein Blockdiagramm, das die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0047] [Fig. 5](#) einen Querschnitt entlang der in [Fig. 4](#) dargestellten Linie X-Y, der ein erstes Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen nach der ersten Ausführungsform zeigt;

[0048] [Fig. 6](#) einen Querschnitt entlang der in [Fig. 4](#) dargestellten Linie X-Y, der ein zweites Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen nach der ersten Ausführungsform zeigt;

[0049] [Fig. 7](#) ein Blockdiagramm, das ein erstes Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach einer ersten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigt;

[0050] [Fig. 8](#) ein Blockdiagramm, das ein zweites Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen

für periphere Schaltungen nach der ersten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigt;

[0051] [Fig. 9](#) ein Blockdiagramm, das ein erstes Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach einer zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigt;

[0052] [Fig. 10A-C](#) Querschnitte entlang der in [Fig. 9](#) dargestellten Linie P-Q, die das erste Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen nach der zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigen;

[0053] [Fig. 11](#) ein Blockdiagramm, das ein zweites Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach einer zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigt;

[0054] [Fig. 12A-C](#) Querschnitte entlang der in [Fig. 11](#) dargestellten Linie V-W, die das zweite Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen nach der zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigen;

[0055] [Fig. 13](#) ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach einer dritten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigt;

[0056] [Fig. 14A-C](#) Querschnitte entlang der in [Fig. 13](#) dargestellten Linie R-S, die das Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen nach der dritten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigen;

[0057] [Fig. 15](#) ein Blockdiagramm, das ein erstes Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0058] [Fig. 16](#) ein Blockdiagramm, das ein zweites Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach der zweiten Ausführungsform zeigt;

[0059] [Fig. 17](#) ein Blockdiagramm, das ein erstes Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach einer Abwandlung der zweiten Ausführungsform zeigt;

[0060] [Fig. 18](#) ein Blockdiagramm, das ein zweites Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach der Abwandlung der zweiten Ausführungsform zeigt;

[0061] [Fig. 19](#) ein Blockdiagramm, das ein erstes Beispiel für die Anordnung eines Entkopplungskondensators nach einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0062] [Fig. 20](#) ein Blockdiagramm, das ein zweites Beispiel für die Anordnung des Entkopplungskondensators nach der dritten Ausführungsform zeigt;

[0063] [Fig. 21](#) ein Blockdiagramm, das ein erstes Beispiel für die Anordnung eines Entkopplungskondensators nach einer ersten Abwandlung der dritten Ausführungsform zeigt;

[0064] [Fig. 22](#) ein Blockdiagramm, das ein zweites Beispiel für die Anordnung des Entkopplungskondensators nach der ersten Abwandlung der dritten Ausführungsform zeigt;

[0065] [Fig. 23](#) ein Blockdiagramm, das ein erstes Beispiel für die Anordnung von Entkopplungskondensatoren nach einer zweiten Abwandlung der dritten Ausführungsform zeigt;

[0066] [Fig. 24](#) ein Blockdiagramm, das ein zweites Beispiel für die Anordnung der Entkopplungskondensatoren nach der zweiten Abwandlung der dritten Ausführungsform zeigt;

[0067] [Fig. 25](#) eine konzeptionelle Darstellung, die den Aufbau in der Umgebung eines Speicherfelds nach einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0068] [Fig. 26](#) eine konzeptionelle Darstellung, die den Aufbau in der Umgebung eines Speicherfelds nach einer Abwandlung der vierten Ausführungsform zeigt;

[0069] [Fig. 27](#) eine konzeptionelle Darstellung, die den Aufbau in der Umgebung eines Speicherfelds nach einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0070] [Fig. 28](#) einen Querschnitt, der den Aufbau eines in [Fig. 27](#) dargestellten Induktivitätselements veranschaulicht;

[0071] [Fig. 29](#) eine konzeptionelle Darstellung, die die Anordnung von Bitleitungen und Versorgungsleitungen nach einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0072] [Fig. 30](#) ein Schaltbild, das den Aufbau der in [Fig. 29](#) dargestellten Bitleitungstreiber zeigt;

[0073] [Fig. 31](#) eine konzeptionelle Darstellung, die die Anordnung von Bitleitungen und Versorgungsleitungen nach einer ersten Abänderung der sechsten Ausführungsform zeigt;

[0074] [Fig. 32](#) ein Schaltbild, das den Aufbau der in [Fig. 31](#) dargestellten Bitleitungstreiber zeigt;

[0075] [Fig. 33](#) eine konzeptionelle Darstellung, die

die Anordnung von Bitleitungen und Versorgungsleitungen nach einer zweiten Abänderung der sechsten Ausführungsform zeigt;

[0076] [Fig. 34](#) eine konzeptionelle Darstellung, die die Anordnung von Bitleitungen und Versorgungsleitungen nach einer dritten Abänderung der sechsten Ausführungsform zeigt;

[0077] [Fig. 35](#) eine konzeptionelle Darstellung, die die Anordnung von Bitleitungen und Versorgungsleitungen nach einer vierten Abänderung der sechsten Ausführungsform zeigt;

[0078] [Fig. 36](#) ein Blockdiagramm, das ein erstes Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0079] [Fig. 37](#) ein Blockdiagramm, das ein zweites Beispiel für die Anordnung der Versorgungsleitungen für periphere Schaltungen nach der siebten Ausführungsform zeigt;

[0080] [Fig. 38](#) eine konzeptionelle Darstellung, die Störungen zeigt, die beständig an die nicht ausgewählten Speicherzellen angelegt sind, und die die Anordnung der Verdrahtungen nach einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

[0081] [Fig. 39](#) eine schematische Darstellung des Aufbaus einer MTJ-Speicherzelle;

[0082] [Fig. 40](#) eine konzeptionelle Darstellung, die den Datenlesebetrieb aus der MTJ-Speicherzelle veranschaulicht;

[0083] [Fig. 41](#) eine konzeptionelle Darstellung, die den Datenschreibbetrieb in die MTJ-Speicherzelle veranschaulicht;

[0084] [Fig. 42](#) eine konzeptionelle Darstellung, die den Zusammenhang zwischen einem Datenschreibstrom und der Magnetisierungsrichtung eines magnetoresistiven Tunnelements im Datenschreibbetrieb in die MTJ-Speicherzelle veranschaulicht;

[0085] [Fig. 43](#) eine konzeptionelle Darstellung, die den Feldaufbau der in integrierter Weise in einer Matrix angeordneten MTJ-Speicherzellen zeigt.

[0086] Im Folgenden werden mit Bezug auf die Figuren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung detailliert beschrieben. In den Figuren bezeichnen dabei gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Abschnitte.

[0087] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) führt eine MRAM-Vorrichtung 1 gemäß einer Ausführungsform der vorlie-

genden Erfindung entsprechend einem externen Steuersignal CMD und einem externen Adresssignal ADD einen wahlfreien Zugriff durch, um Schreibdaten DIN zu empfangen bzw. Ausgabedaten DOUT auszugeben.

[0088] Die MRAM-Vorrichtung **1** beinhaltet ein Speicherfeld **2** mit einer Mehrzahl von MTJ-Speicherzellen, die in einer Matrix angeordnet sind, und periphere Schaltungen **5a**, **5b**, **5c** zum Durchführen von Lese- und Schreibvorgängen aus dem bzw. in das Speicherfeld **2**. Die peripheren Schaltungen **5a**, **5b**, **5c** sind in einem Bereich um das Speicherfeld **2** herum bereitgestellt. Im Folgenden werden die peripheren Schaltungen **5a**, **5b**, **5c** gelegentlich allgemein als "periphere Schaltung **5**" oder "periphere Schaltung **5#**" bezeichnet.

[0089] Eine Mehrzahl von Schreibwortleitungen WWL und eine Mehrzahl von Lesewortleitungen RWL sind entsprechend den MTJ-Speicherzellenzeilen (im Folgenden gelegentlich einfach als "Speicherzellenzeilen" bezeichnet) angeordnet. Eine Mehrzahl von Bitleitungen BL ist entsprechend den MTJ-Speicherzellenspalten (im Folgenden gelegentlich einfach als "Speicherzellenspalten" bezeichnet) angeordnet. Der genaue Aufbau des Speicherfelds wird weiter unten detailliert beschrieben.

[0090] Die periphere Schaltung **5** beinhaltet eine Steuerschaltung **10**, einen Zeilendecoder **20**, einen Spaltendecoder **25**, einen Wortleitungstreiber **30** und Lese/Schreibsteuerschaltungen **50** und **60**. All diese Elemente sind in dem Bereich um das Speicherfeld **2** herum bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass die Anordnung der peripheren Schaltung **5** nicht auf die in [Fig. 1](#) dargestellte Anordnung beschränkt ist.

[0091] Die Steuerschaltung **10** steuert den Gesamtbetrieb der MRAM-Vorrichtung **1**, um entsprechend dem Steuersignal CMD einen vorgesehenen Vorgang durchzuführen. Der Zeilendecoder **20** wählt entsprechend einer durch das Adresssignal ADD bezeichneten Zeilenadresse RA in dem Speicherfeld **2** eine Zeile aus. Der Spaltendecoder **25** wählt entsprechend einem durch das Adresssignal ADD bezeichneten Spaltenadresse CA in dem Speicherfeld **2** eine Spalte aus.

[0092] Der Wortleitungstreiber **30** aktiviert auf der Grundlage des Zeilenauswahlergebnisses des Zeilendecoders **20** eine Lesewortleitung RWL (im Datenlesebetrieb) bzw. eine Schreibwortleitung WWL (im Datenschreibbetrieb). Die Zeilenadresse RA und die Spaltenadresse CA bezeichnen eine MTJ-Speicherzelle, aus der gelesen bzw. in die geschrieben werden soll (im folgenden gelegentlich als "ausgewählte Speicherzelle" bezeichnet).

[0093] Die Schreibwortleitungen WWL werden in ei-

nem Bereich **6**, der dem Wortleitungstreiber **30** gegenüberliegt, wobei das Speicherfeld **2** dazwischenliegt, mit einer Massespannung GND verbunden. "Lese-/Schreibsteuerschaltung **50**, **60**" bezieht sich jeweils kollektiv auf eine Gruppe von Schaltungen, die in einem zu dem Speicherfeld **2** benachbarten Bereich bereitgestellt ist, um einer Bitleitung BL der ausgewählten Speicherzellenspalte (im folgenden gelegentlich als "ausgewählte Spalte" bezeichnet) bei den Lese- und Schreibvorgängen einen Datenschreibstrom bzw. einen Datenlesestrom zuzuführen.

[0094] Mit Bezug auf [Fig. 2](#) weist das Speicherfeld **2** eine Mehrzahl von MTJ-Speicherzellen MC auf, die in n Zeilen und m Spalten angeordnet sind (wobei n und m natürliche Zahlen sind). Für jede MTJ-Speicherzelle MC sind eine Lesewortleitung RWL, eine Schreibwortleitung WWL, eine Bitleitung BL und eine Referenzspannungsleitung SL bereitgestellt. Die Lesewortleitungen RWL und die Schreibwortleitungen WWL erstrecken sich entsprechend den Speicherzellenzeilen in die Zeilenrichtung. Die Bitleitungen BL und die Referenzspannungsleitungen SL erstrecken sich entsprechend den Speicherzellenspalten in die Spaltenrichtung.

[0095] Dementsprechend sind in dem gesamten Speicherfeld **2** Lesewortleitungen RWL1 bis RWLn, Schreibwortleitungen WWL1 bis WWLn, Bitleitungen BL1 bis BLm und Referenzspannungsleitungen SL1 bis SLm bereitgestellt. Im folgenden werden die Lesewortleitungen, Schreibwortleitungen, Bitleitungen und Referenzspannungsleitungen gelegentlich allgemein als RWL, WWL, BL und SL bezeichnet und gelegentlich spezifisch als RWL1, WWL1, BL1, SL1 und Ähnliches. Im Datenschreibbetrieb verbindet der Wortleitungstreiber **30** ein Ende einer Schreibwortleitung WWL der ausgewählten Speicherzellenzeile (im folgenden gelegentlich als "ausgewählte Zeile" bezeichnet) mit einer Versorgungsspannung Vcc. Wie oben beschrieben ist das andere Ende jeder Schreibwortleitung WWL in dem Bereich **6** mit der Massespannung GND verbunden. Dadurch kann der Schreibwortleitung WWL der ausgewählten Zeile in der Richtung von dem Wortleitungstreiber **30** zu dem Bereich **6** hin ein Datenschreibstrom Ip in Zeilenrichtung zugeführt werden. [Fig. 3](#) ist ein Signalverlaufdiagramm, das den Datenschreibbetrieb in eine MTJ-Speicherzelle und den Datenlesebetrieb aus ihr veranschaulicht.

[0096] Zunächst wird der Datenschreibbetrieb beschrieben. Der Wortleitungstreiber **30** verbindet entsprechend dem Zeilenauswahlergebnis des Zeilendecoders **20** eine Schreibwortleitung WWL der ausgewählten Zeile mit der Versorgungsspannung Vcc, um sie auf HIGH-Pegel (im folgenden als "H-Pegel" bezeichnet) zu aktivieren. Die Schreibwortleitungen WWL der nicht ausgewählten Zeilen werden dagegen in inaktivem Zustand gehalten, d.h. auf

"LOW-Pegel" (im folgenden als "L-Pegel" bezeichnet), und ihre Spannung wird daher auf der Masse-spannung GND gehalten.

[0097] Somit fließt durch die Schreibwortleitung WWL der ausgewählten Zeile ein Datenschreibstrom I_p in Zeilenrichtung. Demzufolge wird an jedes magnetoresistive Tunnelement TMR in den MTJ-Speicherzellen der ausgewählten Zeile ein Magnetfeld in der schwer zu magnetisierenden Richtung HA der freien magnetischen Schicht VL angelegt. Durch die Schreibwortleitungen WWL der nicht ausgewählten Zeile fließt kein Strom.

[0098] Im Datenschreibbetrieb ist keine Lesewortleitung RWL aktiviert. Anders ausgedrückt werden die Lesewortleitungen RWL in inaktivem Zustand (L-Pegel) gehalten, und die Zugriffstransistoren ATR werden nicht eingeschaltet. Dementsprechend agieren die Referenzspannungsleitungen SL nicht, und ihre Spannung wird auf Massespannung GND gehalten.

[0099] Die Lese/Schreibsteuerschaltungen 50 und 60 steuern die Bitleitungsspannungen auf beiden Seiten des Speicherfelds 2 so, dass auf der Bitleitung BL der ausgewählten Spalte ein Datenschreibstrom $\pm I_w$ mit einer dem Speicherdatenpegel entsprechenden Richtung erzeugt wird.

[0100] Zum Schreiben z.B. des Datenwerts "1" legt die Lese/Schreibsteuerschaltung 60 die Bitleitungsspannung auf den Zustand hoher Spannung (H-Pegel: Versorgungsspannung V_{cc}), und die Lese-/Schreibsteuerschaltung 50 legt die Bitleitungsspannung auf den Zustand niedriger Spannung (L-Pegel: Massespannung GND). Demzufolge fließt durch die Bitleitung BL der ausgewählten Spalte ein Datenschreibstrom $+I_w$ in der Richtung von der Lese/Schreibsteuerschaltung 60 zu der Lese/Schreibsteuerschaltung 50.

[0101] Zum Schreiben des Datenwerts "0" steuern die Lese/Schreibsteuerschaltungen 50 und 60 die Bitleitungsspannungen in entgegengesetzter Weise. Demzufolge fließt durch die Bitleitung BL der ausgewählten Spalte ein Datenschreibstrom $-I_w$ in der Richtung von der Lese/Schreibsteuerschaltung 50 zu der Lese/Schreibsteuerschaltung 60.

[0102] Der durch die Bitleitung BL in Spaltenrichtung fließende Datenschreibstrom $\pm I_w$ erzeugt ein Datenschreibmagnetfeld. Dieses Datenschreibmagnetfeld wird an das magnetoresistive Tunnelement TMR in der leicht zu magnetisierenden Richtung der freien magnetischen Schicht VL angelegt.

[0103] Durch Einstellen der jeweiligen Richtungen der Datenschreibströme I_p und $\pm I_w$ kann die freie magnetische Schicht VL in der ausgewählten Spei-

cherzelle in der leicht zu magnetisierenden Achse in der dem Speicherdatenpegel entsprechenden Richtung magnetisiert werden. Es sei angemerkt, dass hier die Richtung des Datenschreibstroms $\pm I_w$ zum Erzeugen eines Magnetfelds in der leicht zu magnetisierenden Richtung entsprechend dem Datenschreibdatenpegel gesteuert wird und dass die Richtung des Datenschreibstroms I_p zum Erzeugen eines Magnetfelds in der schwer zu magnetisierenden Richtung unabhängig von dem Schreibdatenpegel fest ist. Das vereinfacht den Aufbau zum Zuführen eines Datenschreibstroms zu der Schreibwortleitung WWL.

[0104] Im folgenden wird der Datenlesebetrieb beschrieben.

[0105] Im Datenlesebetrieb aktiviert der Wortleitungstreiber 30 entsprechend dem Zeilenauswahlergebnis des Zeilendecoders 20 eine Lesewortleitung RWL der ausgewählten Zeile auf H-Pegel. Die Lesewortleitungen RWL der nicht ausgewählten Zeilen werden in inaktivem Zustand (L-Pegel) gehalten. Im Datenlesebetrieb wird keine Schreibwortleitung WWL aktiviert. Anders ausgedrückt wird jede Schreibwortleitung WWL in inaktivem Zustand (L-Pegel: Massespannung GND) gehalten.

[0106] Vor einem Datenlesevorgang werden die Bitleitungen BL z.B. auf Massespannung GND vorgeladen. Wenn der Datenlesevorgang begonnen wird, wird eine Lesewortleitung RWL der ausgewählten Zeile auf H-Pegel aktiviert, und der entsprechende Zugriffstransistor ATR wird eingeschaltet. In den diesen Zugriffstransistoren ATR entsprechenden MTJ-Speicherzellen werden jeweils die magnetoresistiven Tunnelemente TMR elektrisch zwischen eine Referenzspannung (Massespannung GND) und eine entsprechende Bitleitung BL geschaltet.

[0107] Wenn zum Beispiel eine Bitleitung der ausgewählten Spalte auf die Versorgungsspannung V_{cc} hochgezogen wird, wird nur dem magnetoresistiven Tunnelement TMR der ausgewählten Speicherzelle ein Lesestrom I_s zugeführt. Demzufolge unterliegt die Bitleitung BL der ausgewählten Spalte entsprechend dem elektrischen Widerstandswert des magnetoresistiven Tunnelements TMR in der ausgewählten Speicherzelle, d.h. entsprechend dem Speicherdatenpegel der ausgewählten Speicherzelle, einer Spannungsänderung.

[0108] Es wird nun angenommen, dass ΔV_0 und ΔV_1 jeweils eine Spannungsänderung auf der Bitleitung BL der ausgewählten Spalte bezeichnen, wenn die ausgewählte Speicherzelle den Datenwert "0" bzw. "1" speichert. Der Speicherdatenwert der ausgewählten Speicherzelle wird gelesen, indem die Differenz zwischen der Spannung auf der Bitleitung BL der ausgewählten Speicherzelle und einer Referenz-

spannung V_{ref} erfasst und verstärkt wird. Die Referenzspannung V_{ref} hat einen Wert zwischen ΔV_0 und ΔV_1 .

[0109] Der Spannungspegel der Referenzspannungsleitungen SL wird sowohl im Lese- als auch im Schreibbetrieb auf Massespannung GND gelegt. Dementsprechend braucht nur die Referenzspannungsleitung SL mit einem Knoten verbunden zu werden, um die Massespannung GND z.B. einem Bereich in den Lese/Schreibsteuerschaltungen **50** oder **60** zuzuführen. Die Referenzspannungsleitung SL kann sich entweder in die Zeilenrichtung oder in die Spaltenrichtung erstrecken.

[0110] Es sei angemerkt, dass sich die vorliegende Erfindung wie aus der folgenden Beschreibung ersichtlich auf die Anordnung von Versorgungsleitungen zum Zuführen einer Betriebsspannung zu der peripheren Schaltung des Speicherfelds **2** bezieht. Auch wenn [Fig. 2](#) einen einfachen Speicherfeldaufbau zeigt, kann die vorliegende Erfindung ungeachtet der Anordnung der MTJ-Speicherzellen und Signalleitungen (wie z.B. der Bitleitungen BL) in dem Speicherfeld **2** verwendet werden. Die vorliegende Erfindung kann zum Beispiel auf ein Speicherfeld angewendet werden, das eine offene Bitleitungsstruktur oder eine gefaltete Bitleitungsstruktur aufweist.

[0111] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm, das die Anordnung der Versorgungsleitungen für die periphere Schaltung nach einer ersten Ausführungsform veranschaulicht. In [Fig. 4](#) entspricht die periphere Schaltung **5** jeder der in [Fig. 1](#) dargestellten peripheren Schaltungen **5a**, **5b** und **5c**. Wie in [Fig. 4](#) dargestellt, werden die Betriebsspannungen der peripheren Schaltung **5**, d.h. die Versorgungsspannung V_{cc} und die Massespannung GND über eine Versorgungsspannungsleitung PL und eine Masseleitung GL zugeführt. Im folgenden werden die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL gelegentlich allgemein als "Versorgungsleitungen" bezeichnet.

[0112] Die Versorgungsspannungsleitung PL ist mit einem Versorgungsknoten **7** verbunden, um die Versorgungsspannung V_{cc} von außen zu empfangen, und führt der peripheren Schaltung **5** die Versorgungsspannung V_{cc} zu. In ähnlicher Weise ist die Masseleitung GL mit einem Masseknoten **8** verbunden, um die Massespannung GND von außen zu empfangen, und führt der peripheren Schaltung **5** die Massespannung GND zu. Diese Versorgungsleitungen sind so angeordnet, dass die Magnetfelder, die jeweils durch den in der Versorgungsspannungsleitung PL und in der Masseleitung GL fließenden Strom erzeugt werden, einander in dem Speicherfeld **2** gegenseitig aufheben.

[0113] Bei dem in [Fig. 4](#) dargestellten Beispiel er-

strecken sich die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL in dem Bereich nahe der peripheren Schaltung **5** in dieselbe Richtung. Darüber hinaus sind der Versorgungsknoten **7** und der Masseknoten **8** so bereitgestellt, dass die Ströme durch die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL in entgegengesetzte Richtungen fließen.

[0114] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) sind Querschnitte entlang der in [Fig. 4](#) dargestellten Linie X-Y. [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zeigen ein erstes und ein zweites Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen nach der ersten Ausführungsform.

[0115] Wie in [Fig. 5](#) dargestellt, sind die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL in dem ersten Anordnungsbeispiel der ersten Ausführungsform in einem Bereich nahe dem Speicherfeld **2** bereitgestellt. Die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL sind beide in einer Metallverdrahtungslage ausgebildet, die entweder oberhalb oder unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist. In [Fig. 5](#) sind die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL in der Lage angeordnet, die oberhalb des magnetoresistiven Tunnelelements TMR angeordnet ist. Diese Versorgungsleitungen können jedoch alternativ auch in einer Lage bereitgestellt sein, die unterhalb des magnetoresistiven Tunnelelements TMR angeordnet ist.

[0116] Mit diesem Aufbau heben sich das durch den in der Versorgungsspannungsleitung PL fließenden Strom erzeugte Magnetfeld (in [Fig. 5](#) durch eine durchgezogene Linie dargestellt) und das durch den in der Masseleitung GL fließenden Strom erzeugte Magnetfeld (in [Fig. 5](#) durch eine gestrichelte Linie dargestellt) in dem Speicherfeld **2**, d.h. in den magnetoresistiven Tunnelelement TMR, gegenseitig auf.

[0117] Auf diesen Versorgungsleitungen wird besonders beim Einschalten oder während des Schaltungsbetriebs eine (Schalt-)Stromspitze erzeugt. Jedoch auch die magnetischen Störungen, die durch die Stromspitze auf die Versorgungsleitungen erzeugt werden, heben sich in dem Speicherfeld **2** gegenseitig auf. Daher kann die MRAM-Vorrichtung stabil betrieben werden, wobei ein fehlerhaftes Schreiben in die MTJ-Speicherzellen verhindert wird.

[0118] Darüber hinaus können Metallverdrahtungen, die in derselben Metallverdrahtungslage ausgebildet sind, als Versorgungsspannungsleitung PL und Masseleitung GL verwendet werden. Das verringert die Anzahl der für die MRAM-Vorrichtung erforderlichen Metallverdrahtungslagen und trägt dadurch zu einer Vereinfachung des Herstellungsvorgangs bei.

[0119] Wie in [Fig. 6](#) dargestellt, sind bei dem zwei-

ten Anordnungsbeispiel der ersten Ausführungsform die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL in verschiedenen Verdrahtungslagen ausgebildet, die entweder oberhalb oder unterhalb des magnetoresistiven Tunnelelements TMR angeordnet sind. Die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL überlappen ineinander in vertikaler Richtung.

[0120] Dieser Aufbau verringert weiterhin die Differenz zwischen dem Abstand von der Versorgungsspannungsleitung PL zu dem Speicherfeld 2 und dem Abstand von der Masseleitung GL zu dem Speicherfeld 2. Demzufolge heben sich die magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen in dem Speicherfeld 2 in größerem Maße gegenseitig auf. Dementsprechend kann im Vergleich zu der in [Fig. 5](#) dargestellten Anordnung ein Betriebsspielraum effizienter sichergestellt und ein fehlerhafter Betrieb effizienter verhindert werden.

[0121] Bei einer ersten Abwandlung der ersten Ausführungsform ist das Speicherfeld in eine Mehrzahl von Speicherblöcken aufgeteilt, und die peripheren Schaltungen sind entsprechend den Speicherblöcken bereitgestellt. Für diesen Aufbau wird die Anordnung der Versorgungsleitungen beschrieben.

[0122] [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) sind Blockdiagramme, die jeweils ein erstes bzw. zweites Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen der peripheren Schaltungen nach der ersten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigen.

[0123] Wie in [Fig. 7](#) dargestellt, ist das in [Fig. 1](#) dargestellte Speicherfeld 2 z.B. in zwei Speicherblöcke MBa und MBb aufgeteilt. In dem ersten Anordnungsbeispiel ist die von den Speicherblöcken MBa und MBb gemeinsam genutzte periphere Schaltung 5 an der Grenze zwischen den Speicherblöcken MBa und MBb bereitgestellt. Wie bei der ersten Ausführungsform werden der peripheren Schaltung 5 über die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL die Versorgungsspannung Vcc und die Massespannung GND zugeführt. An beiden Enden der Versorgungsspannungsleitung PL sind Versorgungsknoten 7a und 7b bereitgestellt, und an beiden Seiten der Masseleitung GL sind Masseknoten 8a und 8b bereitgestellt. Die besondere Anordnung der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL ist dieselbe wie in [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellt.

[0124] Mit dem obigen Aufbau fließt über die jeweiligen Strompfade auf der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL ein Strom zum Zuführen der Versorgungsspannung Vcc und der Massespannung GND zu jedem Teil der peripheren Schaltung 5. Die von den durch die Strompfade fließenden Ströme erzeugten Magnetfelder heben sich gegenseitig in dem Speicherblock auf. Dementspre-

chend können dieselben Wirkungen wie bei der ersten Ausführungsform auch dann erzielt werden, wenn die periphere Schaltung für ein in eine Mehrzahl von Speicherblöcken aufgeteiltes Speicherfeld 2 bereitgestellt wird.

[0125] Wie in [Fig. 8](#) dargestellt ist in dem zweiten Ausführungsbeispiel nach der ersten Abwandlung der ersten Ausführungsform die periphere Schaltung für jeden Speicherblock bereitgestellt. In dem dargestellten Beispiel sind jeweils periphere Schaltungen 5 und 5# entsprechend den Speicherblöcken MBa und MBb bereitgestellt.

[0126] Der peripheren Schaltung 5 werden über eine Versorgungsspannungsleitung PLa und eine Masseleitung GLa die Versorgungsspannung Vcc und die Massespannung GND zugeführt. In ähnlicher Weise werden der peripheren Schaltung 5# durch eine Versorgungsspannungsleitung PLb und eine Masseleitung GLb die Versorgungsspannung Vcc und die Massespannung GND zugeführt.

[0127] Die Versorgungsspannungsleitung PLa, PLb und die Masseleitung GLa und GLb erstrecken sich in dieselbe Richtung. Versorgungsknoten 7a und 7b zum Zuführen der Versorgungsspannung Vcc zu den jeweiligen Versorgungsspannungsleitungen PLa und PLb liegen einander in der Längsrichtung der Versorgungsleitungen gegenüber, wobei die Speicherblöcke (das Speicherfeld) dazwischenliegen. In ähnlicher Weise liegen sich Masseknoten 8a und 8b zum Zuführen der Massespannung GND zu den jeweiligen Masseleitungen GLa und GLb in der Längsrichtung der Versorgungsleitungen gegenüber, wobei die Speicherblöcke (das Speicherfeld) dazwischenliegt.

[0128] Der Versorgungsknoten und der Masseknoten, die derselben peripheren Schaltung entsprechen, liegen einander gegenüber, wobei die Speicherblöcke (das Speicherfeld) dazwischen liegen. Demzufolge fließt in der Versorgungsspannungsleitung PLa und der Masseleitung GLa, die der peripheren Schaltung 5 entsprechen, ein Strom in dieselbe Richtung. In ähnlicher Weise fließt in der Versorgungsspannungsleitung PLb und der Masseleitung GLb, die der Schaltung 5# entsprechen, ein Strom in dieselbe Richtung. Darüber hinaus fließt in den Versorgungsspannungsleitung PLa und PLb ein Strom in entgegengesetzte Richtungen, und in den Masseleitungen GLa und GLb fließt ein Strom in entgegengesetzte Richtungen.

[0129] Ein Paar von Versorgungsspannungsleitungen PLa und PLb bzw. ein Paar von Masseleitungen GLa und GLb können jeweils in nur einer Metallverdrahtungslage oder in verschiedenen Lagen ausgebildet sein, die entweder oberhalb oder unterhalb des magnetoresistiven Tunnelelements TMR angeordnet sind, wie in dem in [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellten Fall

ein Paar aus einer Versorgungsspannungsleitung PL und einer Masseleitung GL.

[0130] Mit diesem Aufbau können dieselben Wirkungen wie bei der ersten Ausführungsform erzielt werden, auch wenn das Speicherfeld in eine Mehrzahl von Blöcken aufgeteilt ist und die periphere Schaltung für jeden Speicherblock bereitgestellt ist.

[0131] Bei der ersten Ausführungsform und ihrer ersten Abwandlung sind die Versorgungsleitungen für die periphere Schaltung in dem Bereich um das Speicherfeld herum (d.h. in der Nachbarschaft des Speicherfelds) bereitgestellt. Zur verbesserten Integration der MRAM-Vorrichtung können die Versorgungsleitungen oberhalb oder unterhalb des Speicherfelds bereitgestellt sein, so dass sie sich über das Speicherfeld erstrecken.

[0132] [Fig. 9](#) ist ein Blockdiagramm, das ein erstes Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen für die periphere Schaltung nach der zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigt.

[0133] Wie in [Fig. 9](#) dargestellt werden in dem ersten Anordnungsbeispiel nach der zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL zum Zuführen der Versorgungsspannung Vcc und der Massespannung GND zu der peripheren Schaltung **5** oberhalb und/oder unterhalb des Speicherfelds **2** bereitgestellt, so dass sie sich über das Speicherfeld **2** erstrecken.

[0134] Der Versorgungsknoten **7** und der Masseknoten **8** liegen der peripheren Schaltung **5** in der Längsrichtung der Versorgungsleitungen gegenüber, wobei das Speicherfeld **2** dazwischen liegt. Dementsprechend fließt in der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL ein Strom in die entgegengesetzten Richtungen.

[0135] [Fig. 10a](#) bis [Fig. 10c](#) sind Querschnitte entlang der in [Fig. 9](#) dargestellten Linie P-Q. [Fig. 10a](#) bis [Fig. 10c](#) zeigen insbesondere das erste Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen nach der zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform.

[0136] In dem in [Fig. 10A](#) dargestellten Beispiel sind die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL wie in dem in

[0137] [Fig. 5](#) dargestellten Fall in einer Metallverdrahtungslage ausgebildet, die entweder oberhalb oder unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist. In [Fig. 10A](#) sind die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL in einer Lage ausgebildet, die oberhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist. Diese Versorgungsleitungen können jedoch auch in ei-

ner Lage ausgebildet sein, die unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist. Die Ausbildung dieser Versorgungsleitungen in derselben Metallverdrahtungslage verringert die Anzahl der für die MRAM-Vorrichtung erforderlichen Metallverdrahtungslagen.

[0138] Mit diesem Aufbau können ein verringerter Betriebsspielraum und ein fehlerhaftes Schreiben, die durch magnetische Störungen von den Versorgungsleitungen bewirkt werden, auch dann verhindert werden, wenn die Versorgungsleitungen oberhalb oder unterhalb des Speicherfelds **2** bereitgestellt sind, so dass sie sich über das Speicherfeld **2** erstrecken.

[0139] In dem in [Fig. 10B](#) dargestellten Beispiel sind die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL in verschiedenen Metallverdrahtungslagen ausgebildet, die entweder oberhalb oder unterhalb des magnetoresistiven Tunnelelements TMR angeordnet sind, und überlappen einander in vertikaler Richtung wie in dem in [Fig. 6](#) dargestellten Fall.

[0140] Auch dieser Aufbau verhindert wie der in [Fig. 10A](#) dargestellte Fall die nachteiligen Wirkungen der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen. Es sei angemerkt, dass auch in dem in [Fig. 10B](#) dargestellten Beispiel die Versorgungsleitungen PL und die Masseleitung GL in Lagen ausgebildet sein können, die unterhalb des magnetoresistiven Tunnelelements TMR angeordnet sind.

[0141] Wie in [Fig. 10C](#) dargestellt können die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL in den Lagen bereitgestellt sein, die jeweils oberhalb und unterhalb des magnetoresistiven Tunnelelements TMR angeordnet sind. Da jedoch in der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL ein Strom in die entgegengesetzten Richtungen fließt, Wechselwirken die durch diese Versorgungsleitungen erzeugten magnetischen Störungen in dem Bereich, in dem die magnetoresistiven Tunnelelemente TMR bereitgestellt sind (d.h. in dem Speicherfeld), in einer konstruktiven Weise miteinander. Wenn in der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL ein Strom in die entgegengesetzten Richtungen fließt, müssen diese Versorgungsleitungen dementsprechend in einer Lage oder in Lagen bereitgestellt sein, die entweder oberhalb oder unterhalb des magnetoresistiven Tunnelelements TMR angeordnet sind.

[0142] [Fig. 11](#) ist ein Blockdiagramm, das ein zweites Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen der peripheren Schaltung nach der zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform zeigt.

[0143] Mit Bezug auf [Fig. 9](#) und [Fig. 11](#) sind in dem zweiten Anordnungsbeispiel nach der zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform eine Mehrzahl von Versorgungsspannungsleitungen PL und eine Mehrzahl von Masseleitungen GL zum Zuführen der Versorgungsspannung Vcc und der Massespannung GND zu der peripheren Schaltung **5** bereitgestellt. In [Fig. 11](#) sind als Beispiel zwei Versorgungsspannungsleitungen PL1 und PL2 und zwei Masseleitungen GL1 und GL2 bereitgestellt. In den Versorgungsspannungsleitungen PL1 und PL2 fließt ein Strom in dieselbe Richtung. In ähnliche Weise fließt in den Masseleitungen GL1 und GL2 ein Strom in dieselbe Richtung. Dieser Aufbau verringert die Stromdichte jeder Verdrahtung, und dadurch verringert er die Möglichkeit der durch Elektromigration oder Ähnliches bewirkten Unterbrechung von Verdrahtungen.

[0144] [Fig. 12A](#) bis [Fig. 12C](#) sind Querschnitte entlang der in [Fig. 11](#) dargestellten Linie V-W. [Fig. 12A](#) bis [Fig. 12C](#) zeigen insbesondere das zweite Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen nach der zweiten Abwandlung der ersten Ausführungsform.

[0145] In dem in [Fig. 12A](#) dargestellten Beispiel sind die Versorgungsspannungsleitungen PL1 und PL2 und die Masseleitungen GL1 und GL2 in einer Metallverdrahtungslage ausgebildet, die entweder oberhalb oder unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR ausgebildet ist, wie in dem in [Fig. 10A](#) dargestellten Fall. In dem dargestellten Beispiel sind die Versorgungsleitungen in einer Lage ausgebildet, die oberhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR ausgebildet ist. Die Versorgungsleitungen können jedoch auch in einer Lage ausgebildet sein, die unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist. Die Ausbildung der Versorgungsleitung in derselben Metallverdrahtungslage verringert die Anzahl der für die MRAM-Vorrichtung erforderlichen Metallverdrahtungslagen.

[0146] In dem in [Fig. 12B](#) dargestellten Beispiel sind die Versorgungsspannungsleitung PL1 und PL2 und die Masseleitungen GL1 und GL2 in verschiedenen Metallverdrahtungslagen ausgebildet, die entweder oberhalb oder unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR ausgebildet sind, und überlappen einander wie in dem in [Fig. 10B](#) dargestellten Fall in vertikaler Richtung. In dem dargestellten Beispiel sind die Versorgungsleitungen in den Lagen ausgebildet, die oberhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet sind. Die Versorgungsleitungen können jedoch auch in Metallverdrahtungslagen ausgebildet sein, die unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR ausgebildet sind.

[0147] In dem in [Fig. 12C](#) dargestellten Beispiel sind die Versorgungsleitungen in Lagen ausgebildet, die oberhalb und unterhalb der magnetoresistiven

Tunnelelemente TMR angeordnet sind. So sind zum Beispiel die Versorgungsleitung PL1 und die Masseleitung GL1 in derselben Metallverdrahtungslage ausgebildet, die oberhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist, und die Versorgungsspannungsleitung PL2 und die Masseleitung GL2 sind in derselben Metallverdrahtungslage ausgebildet, die unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist.

[0148] In diesem Beispiel überlappen sich Verdrahtungen mit derselben Stromrichtung gegenseitig, wobei die magnetoresistiven Tunnelelemente TMR dazwischenliegen. Anders ausgedrückt: Die Verdrahtungen sind entsprechend der Stromrichtung paarweise angeordnet. Vorzugsweise sind die Verdrahtungen jedes Paares in Hinblick auf die magnetoresistiven Tunnelelemente TMR vertikal symmetrisch angeordnet. So sind zum Beispiel die Versorgungsspannungsleitungen PL1 und PL2, die dieselbe Stromrichtung haben, in Hinblick auf die magnetoresistiven Tunnelelemente TMR vertikal symmetrisch angeordnet. In ähnlicher Weise sind die Masseleitungen GL1 und GL2, die dieselbe Stromrichtung haben, in Hinblick auf die magnetoresistiven Tunnelelemente TMR vertikal symmetrisch angeordnet.

[0149] Mit diesem Aufbau heben die von den Versorgungsleitungen erzeugten magnetischen Störungen einander in den magnetoresistiven Tunnelementen TMR gegenseitig auf. Demzufolge kann die Anordnung von Versorgungsleitungen, die in der Lage ist, die nachteiligen Wirkungen der von den Versorgungsleitungen erzeugten magnetischen Störungen zu unterdrücken, verwirklicht werden, indem beide Metallverdrahtungslagen, die oberhalb und unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet sind, verwendet werden.

[0150] In der dritten Abwandlung der ersten Ausführungsform sind die peripheren Schaltungen auf beiden Seiten des Speicherfelds bereitgestellt. Im folgenden wird die Anordnung der Versorgungsleitungen in diesem Aufbau beschrieben.

[0151] [Fig. 13](#) ist ein Blockdiagramm, das die Anordnung der Versorgungsleitungen nach der dritten Abwandlung der ersten Ausführungsform veranschaulicht. Wie in [Fig. 13](#) dargestellt, führen in der dritten Abwandlung der ersten Ausführungsform die Versorgungsleitungen den peripheren Schaltungen **5a** und **5b**, die einander gegenüberliegen, wobei das Speicherfeld **2** dazwischenliegt, die Versorgungsspannung Vcc und die Massespannung GND zu.

[0152] Genauer gesagt: die Versorgungsspannungsleitung PLa und die Masseleitung GLa führen der peripheren Schaltung **5a** die Versorgungsspannung Vcc und die Massespannung GND zu. Die Versorgungsspannungsleitungen PLb und die Masselei-

tung GLb führen der peripheren Schaltung **5b** die Versorgungsspannung Vcc und die Massespannung GND zu. Wie in dem in [Fig. 9](#) dargestellten Fall fließt in der Versorgungsspannungsleitung und in der Masseleitung ein Strom in entgegengesetzten Richtungen zum Zuführen einer Betriebsspannung zu derselben peripheren Schaltung.

[0153] Der Versorgungsknoten **7a** und der Masseknoten **8a**, die der peripheren Schaltung **5a** entsprechen, liegen der peripheren Schaltung **5a** gegenüber, wobei das Speicherfeld **2** dazwischenliegt. Die Versorgungsspannungsleitung PLa erstreckt sich zwischen dem Versorgungsknoten **7a** und der peripheren Schaltung **5a**, und die Masseleitung GLa erstreckt sich zwischen dem Masseknoten **8a** und der peripheren Schaltung **5a**.

[0154] Der Versorgungsknoten **7b** und der Masseknoten **8b**, die der peripheren Schaltung **5b** entsprechen, liegen in ähnlicher Weise der peripheren Schaltung **5b** gegenüber, wobei das Speicherfeld **2** dazwischenliegt. Die Versorgungsspannungsleitung PLb erstreckt sich zwischen dem Versorgungsknoten **7b** und der peripheren Schaltung **5b**, und die Masseleitung GLb erstreckt sich zwischen dem Masseknoten **8b** und der peripheren Schaltung **5b**.

[0155] Dementsprechend fließt in den Versorgungsspannungsleitungen PLa und PLb ein Strom in die entgegengesetzten Richtungen, und in den Masseleitungen GLa und GLb fließt ein Strom in die entgegengesetzten Richtungen.

[0156] [Fig. 14A](#) bis [Fig. 14C](#) sind Querschnitte entlang der in [Fig. 13](#) dargestellten Linie R-S. [Fig. 14A](#) bis [Fig. 14C](#) zeigen insbesondere die Anordnung der Versorgungsleitungen nach der dritten Abwandlung der ersten Ausführungsform.

[0157] Mit Bezug auf [Fig. 14A](#) sind in einem ersten Anordnungsbeispiel die Versorgungsspannungsleitungen PLa und PLb und die Masseleitungen GLa und GLb in einer Metallverdrahtungslage ausgebildet, die entweder oberhalb oder unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet sind. Die Versorgungsspannungsleitungen PLa und PLb mit entgegengesetzten Stromrichtungen sind nahe beieinander angeordnet. In ähnlicher Weise sind die Masseleitungen GLa und GLb nahe beieinander angeordnet. Dieser Aufbau ermöglicht die Unterdrückung der nachteiligen Wirkungen der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen auf das Speicherfeld in dem Bereich, in dem die magnetoresistiven Tunnelelemente TMR bereitgestellt sind. In dem in [Fig. 14A](#) dargestellten Beispiel sind die Versorgungsleitungen in der Lage ausgebildet, die oberhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist. Diese Versorgungsleitungen können jedoch auch alternativ in einer Lage ausgebil-

det sein, die unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist. Darüber hinaus verringert das Ausbilden der Versorgungsleitungen in derselben Metallverdrahtungslage die Anzahl der für die MRAM-Vorrichtung erforderlichen Metallverdrahtungslagen.

[0158] Wie in [Fig. 14B](#) dargestellt sind in einem zweiten Anordnungsbeispiel die Versorgungsspannungsleitungen PLa und PLb nahe beieinander in verschiedenen Metallverdrahtungslagen ausgebildet, die entweder oberhalb oder unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente angeordnet sind, und überlappen einander in der vertikalen Richtung. In ähnlicher Weise sind die Masseleitungen GLa und GLb nahe beieinander in verschiedene Metallverdrahtungslagen ausgebildet, die entweder oberhalb oder unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente angeordnet sind, und überlappen einander in der vertikalen Richtung.

[0159] In diesem Fall fließt in den Versorgungsleitungen, die in derselben Metallverdrahtungslage ausgebildet sind, ein Strom in die entgegengesetzten Richtungen. Anders ausgedrückt sind die Versorgungsspannungsleitung PLa und die Masseleitung GLa in derselben Metallverdrahtungslage ausgebildet, und die Versorgungsspannungsleitung PLb und die Masseleitung GLb sind in derselben Metallverdrahtungslage ausgebildet.

[0160] Wie in dem in [Fig. 14A](#) dargestellten Fall ermöglicht dieser Aufbau die Unterdrückung der nachteiligen Wirkungen der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen auf den Bereich in dem die magnetoresistiven Tunnelelemente TMR bereitgestellt sind (d.h. das Speicherfeld).

[0161] In dem in [Fig. 14B](#) dargestellten Beispiel sind die Versorgungsleitungen in den Metallverdrahtungslagen ausgebildet, die oberhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente ausgebildet sind.

[0162] Diese Versorgungsleitungen können jedoch auch alternativ in den Metallverdrahtungslagen ausgebildet sind, die unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet sind.

[0163] Wie in [Fig. 14C](#) dargestellt sind die Versorgungsleitungen in einem dritten Anordnungsbeispiel wie in dem in [Fig. 12C](#) dargestellten Fall in Lagen ausgebildet, die oberhalb und unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente angeordnet sind. Die Versorgungsspannungsleitungen PLa und PLd sind zum Beispiel in derselben Metallverdrahtungslage ausgebildet, die oberhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist, und die Masseleitungen GLb und GLa sind in derselben Metallverdrahtungslage ausgebildet, die unterhalb der magnetoresistiven Tunnelelemente TMR angeordnet ist.

[0164] In diesem Beispiel sind die Verdrahtungen mit derselben Stromrichtung im Hinblick auf die magnetoresistiven Tunnelemente TMR vertikal symmetrisch angeordnet. Die Verdrahtungen sind somit in Paaren entsprechend der Stromrichtung angeordnet. Zum Beispiel sind die Versorgungsspannungsleitung PLa und die Masseleitung GLb, die dieselbe Stromrichtung haben, in Hinblick auf die magnetoresistiven Tunnelemente TMR symmetrisch angeordnet. In ähnlicher Weise sind die Versorgungsspannungsleitung PLb und die Masseleitung GLa, die dieselbe Stromrichtung haben, im Hinblick auf die magnetoresistiven Tunnelemente TMR vertikal symmetrisch angeordnet.

[0165] Demzufolge kann die Anordnung der Versorgungsleitungen, die in der Lage ist, die nachteiligen Wirkungen der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen zu unterdrücken, dadurch verwirklicht werden, dass beide Metallverdrahtungslagen, die oberhalb und unterhalb der magnetoresistiven Tunnelemente TMR angeordnet sind, verwendet werden.

[0166] Es sei angemerkt, dass die Richtung des Stromes, der durch die Versorgungsspannungsleitungen PLa und PLb sowie durch die Masseleitung GLa und GLb fließt, in [Fig. 9](#) dieselbe ist wie in [Fig. 13](#). Daher können die Versorgungsleitungen in dem zweiten Anordnungsbeispiel der ersten Abwandlung der ersten Ausführungsform in [Fig. 9](#) mit dem in [Fig. 14A](#) bis C dargestellten Aufbau in der Nähe des Speicherfeldes **2** bereitgestellt sein.

[0167] Wie bei dem technischen Hintergrund beschrieben sind in der MRAM-Vorrichtung die nicht ausgewählten Speicherzellen, die in derselben Speicherzellenzeile angeordnet sind wie die ausgewählte Speicherzelle, nur einem vorgesehenen Datenschreibmagnetfeld in der schwer zu magnetisierenden Richtung unterworfen. In ähnlicher Weise sind die nicht ausgewählten Speicherzellen, die in derselben Speicherzellenzeile angeordnet sind wie die ausgewählte Speicherzelle, nur einem vorgesehenen Datenschreibmagnetfeld in der leicht zu magnetisierenden Richtung unterworfen.

[0168] In jedem magnetoresistiven Tunnelement ist die freie magnetische Schicht VL entlang der leicht zu magnetisierenden Achse (EA) in der dem Speicherdatenpegel ("1" oder "0") entsprechenden Richtung magnetisiert. Dementsprechend sind die nicht ausgewählten Speicherzellen, die derselben Bitleitung entsprechen wie die ausgewählte Speicherzelle, am ehesten einem fehlerhaften Überschreiben der Magnetisierungsrichtung der freien magnetischen Schicht VL unterworfen. Anders ausgedrückt sind die nicht ausgewählten Speicherzellen, die derselben Bitleitung entsprechen wie die ausgewählte Speicherzelle, am ehesten einem fehlerhaften Schreiben

von Daten unterworfen.

[0169] Ein solches fehlerhaftes Schreiben tritt auf, wenn eine magnetische Störung an die nicht ausgewählten Speicherzellen der ausgewählten Spalte angelegt wird und das Magnetfeld in der schwer zu magnetisierenden Richtung (HA) die Schaltmagnetfeldstärke H_{sw} in [Fig. 42](#) überschreitet. Dementsprechend muss in dem Speicherfeld **2** besonders die magnetische Störung in Richtung der schwer zu magnetisierenden Richtung (HA) besonders unterdrückt werden.

[0170] Wenn magnetische Störungen z.B. von den Versorgungsleitungen die Magnetisierungsrichtung der freien magnetischen Schicht VL der MTJ-Speicherzelle während des Datenlesebetriebs oder ähnlichem aus der leicht zu magnetisierenden Richtung (EA) heraus drehen, erhält der Widerstandswert des magnetoresistiven Tunnelements TMR einen Zwischenwert zwischen R1 und R0. Das bewirkt eine Verringerung des Lesebetriebsspielraums.

[0171] [Fig. 15](#) ist ein Blockdiagramm, das ein erstes Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen nach der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Wie in [Fig. 15](#) dargestellt, erstrecken sich die Schreibwortleitungen WWL in die Zeilenrichtung und die Bitleitungen BL in dem Speicherfeld **2** in die Spaltenrichtung. Ein durch den in der Schreibwortleitung WWL fließenden Strom I_p erzeugtes Datenschreibmagnetfeld wird an das magnetoresistive Tunnelement TMR in der schwer zu magnetisierenden Richtung (HA) angelegt. Dagegen wird ein durch den in der Bitleitung BL fließenden Datenschreibstrom $\pm I_w$ erzeugtes Magnetfeld an das magnetoresistive Tunnelement TMR in der leicht zu magnetisierenden Richtung (EA) angelegt.

[0172] Die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL sind für die dem Speicherfeld entsprechende periphere Schaltung **5** bereitgestellt. Die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL erstreckt sich in dieselbe Richtung wie die Bitleitungen BL zum Erzeugen eines Datenschreibmagnetfelds in der leicht zu magnetisierenden Richtung (EA). Die Versorgungsspannung V_{cc} wird der Versorgungsspannungsleitung PL über den Versorgungsknoten **7** zugeführt. Die Massespannung GND wird der Masseleitung GL über den Masseknoten **8** zugeführt.

[0173] Mit dem obigen Aufbau werden die durch die in der Versorgungsspannungsleitung PL und in der Masseleitung GL fließenden Ströme erzeugten Magnetfelder, d.h. die magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen, in der leicht zu magnetisierenden Richtung (EA) der magnetoresistiven Tunnelemente TMR an das Speicherfeld **2** angelegt.

[0174] Demzufolge werden an die nicht ausgewählten Speicherzellen der ausgewählten Spalte angelegte magnetische Störungen in der schwer zu magnetisierenden Richtung (HA) unterdrückt, wodurch im Datenschreibbetrieb ein fehlerhaftes Schreiben, das durch die von den Versorgungsleitungen erzeugten magnetischen Störungen bewirkt wird, verhindert.

[0175] Auch in einem anderen Betrieb als in dem Datenschreibbetrieb werden an die MTJ-Speicherzellen keine magnetischen Störungen angelegt, die die Magnetisierungsrichtung der freien magnetischen Schicht VL in dem magnetoresistiven Tunnelement TMR drehen. Das verhindert eine Verringerung des Lesebetriebspielraums, die durch die magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen bewirkt wird.

[0176] Die zweite Ausführungsform kann mit der ersten Ausführungsform und deren Abwandlungen kombiniert werden, um die Versorgungsleitungen so anzuordnen, dass die von der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL erzeugten magnetischen Störungen einander in dem Speicherfeld 2 gegenseitig aufheben. Das ermöglicht eine Unterdrückung der nachteiligen Wirkungen der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen auf das Speicherfeld.

[0177] [Fig. 16](#) ist ein Blockdiagramm, das ein zweites Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen nach der zweiten Ausführungsform zeigt. Wie in [Fig. 16](#) dargestellt ist der in [Fig. 15](#) dargestellte Aufbau auch anwendbar, wenn die Versorgungsleitungen oberhalb und/oder unterhalb des Speicherfelds 2 bereitgestellt sind, so dass sie sich über das Speicherfeld 2 erstrecken.

[0178] Auch in diesem Anordnungsbeispiel werden die durch die in der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL fließenden Ströme erzeugten Magnetfelder in der leicht zu magnetisierenden Richtung (EA) der magnetoresistiven Tunnelemente TMR an das Speicherfeld 2 angelegt. Demzufolge können dieselben Wirkungen wie mit dem in [Fig. 15](#) dargestellten Aufbau erzielt werden.

[0179] [Fig. 17](#) ist ein Blockdiagramm, das ein erstes Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen nach einer Abwandlung der zweiten Ausführungsform zeigt. Die Abwandlung der zweiten Ausführungsform unterscheidet sich von der in [Fig. 15](#) dargestellten zweiten Ausführungsform darin, dass die Versorgungsleitungen so angeordnet sind, dass die magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen in dem Speicherfeld 2 maximal eine vorgesehene Stärke erreichen.

[0180] Wie in [Fig. 17](#) dargestellt, ist der Abstand r zwischen der Versorgungsspannungsleitung PL und

dem magnetoresistiven Tunnelement TMR in der nächstgelegenen MTJ-Speicherzelle im Hinblick auf einen Spitzenstrom festgelegt, der durch die Versorgungsleitung fließt. Dieser Spitzenstrom kann zum Beispiel durch Schaltungssimulation während des Entwurfs erhalten werden.

[0181] Genauer gesagt: unter der Voraussetzung dass I_{peak} ein Spitzenstrom ist, der durch die Versorgungsspannungsleitung GL fließt, weist die diesem Spitzenstrom entsprechende magnetische Störung eine Spitzenstärke H_p auf, die durch die folgenden Gleichung (1) definiert ist, wobei k eine Proportionalitätskonstante ist:

$$H_p = k \cdot (I_{\text{peak}}/r) \quad (1)$$

[0182] Der Abstand r wird nach der folgenden Gleichung (2) so entworfen, dass die durch die obige Gleichung (1) definierte Spitzenstärke H_p kleiner ist als eine vorgesehene Stärke h_p , die im Hinblick auf die Magnetisierungseigenschaften der MTJ-Speicherzelle festgelegt ist:

$$H_p < h_p \quad (2)$$

[0183] Die vorgesehene Stärke h_p in der obigen Gleichung (2) entspricht dem in [Fig. 42](#) dargestellten Spielraum ΔH . Der Spielraum ΔH ist im allgemeinen auf ca. 20% der Schaltmagnetfeldstärke H_{sw} eingestellt. Das verhindert, dass die Betriebsstabilität der MRAM-Vorrichtung durch die von den Versorgungsleitungen erzeugten magnetischen Störungen beeinträchtigt wird.

[0184] Es sei angemerkt, dass der in [Fig. 17](#) dargestellte Aufbau auf alle Arten von Versorgungsleitungen (Versorgungsspannungsleitung und Masseleitung) angewendet wird. Anders ausgedrückt wird auch der Abstand zwischen der Masseleitung GL und dem magnetoresistiven Tunnelement in der nächstgelegenen MTJ-Speicherzelle in ähnlicher Weise entworfen.

[0185] [Fig. 18](#) ist ein Blockdiagramm, das ein zweites Anordnungsbeispiel für die Versorgungsleitungen nach der Abwandlung der zweiten Ausführungsform zeigt. Wie in [Fig. 18](#) dargestellt, ist der in [Fig. 17](#) dargestellte Aufbau auch anwendbar, wenn die Versorgungsleitungen oberhalb und/oder unterhalb des Speicherfelds 2 angeordnet sind, so dass sie sich über das Speicherfeld 2 erstrecken.

[0186] Auch in diesem Fall muss die Anordnung der Versorgungsleitungen nur entsprechend den obigen Gleichungen (1) und (2) auf der Grundlage des Abstands r zwischen jeder Versorgungsleitung und dem nächstgelegenen magnetoresistiven Tunnelement TMR entworfen werden. Die Abwandlung der zweiten Ausführungsform kann mit der ersten Ausführungs-

form und deren Abwandlungen kombiniert werden. Das ermöglicht eine weitere Unterdrückung der nachteiligen Wirkungen der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen auf das Speicherfeld 2.

[0187] Es sei angemerkt, dass in [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) die Versorgungsleitungen so angeordnet sind, dass die magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen in der leicht zu magnetisierenden Richtungen (EA) des magnetoresistiven Tunnelements TMR angelegt werden. Die Abwandlung der zweiten Ausführungsform ist jedoch nicht darauf beschränkt. Die Anordnung der Versorgungsleitungen kann unabhängig von der Ausdehnungsrichtung der Versorgungsleitungen auf der Grundlage des Abstands zwischen der Versorgungsleitung und dem nächstgelegenen magnetoresistiven Tunnelement entworfen werden.

[0188] Wie in der zweiten Ausführungsform beschrieben, sind die magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen bei der Erzeugung eines Spitzenstroms maximal. Im allgemeinen ist für die Versorgungsleitungen ein Entkopplungskondensator bereitgestellt, um eine Veränderung der Leistungsverorgung zu unterdrücken. Ein hochfrequenter Strom wie z.B. ein Spitzenstrom auf den Versorgungsleitungen fließt durch den Entkopplungskondensator. Der Entkopplungskondensator belegt eine relativ große Fläche, da er einen gewissen Kapazitätswert aufweisen muss. Eine effiziente Anordnung des Entkopplungskondensators ist daher für eine verringerte Größe und eine verbesserte Integration der MRAM-Vorrichtung von Bedeutung.

[0189] [Fig. 19](#) und [Fig. 20](#) sind Blockdiagramme, die ein erstes und zweites Anordnungsbeispiel für den Entkopplungskondensator nach der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

[0190] Wie in [Fig. 19](#) dargestellt, erstreckt sich die Versorgungsspannungsleitung PL z.B. in Spaltenrichtung und überträgt die Versorgungsspannung Vcc von dem Versorgungsknoten 7 zu der peripheren Schaltung 5. Der Versorgungsknoten 7 und die periphere Schaltung liegen einander in der Längsrichtung der Versorgungsspannungsleitung PL gegenüber, wobei das Speicherfeld 2 dazwischenliegt. Der Masseknoten 8 und die Masseleitung GL sind im Hinblick auf das Speicherfeld 2 auf derselben Seite wie die periphere Schaltung 5 angeordnet. Dementsprechend erstreckt sich die Versorgungsspannungsleitung PL über den Bereich zwischen dem Versorgungsknoten 7 und dem Speicherfeld 2, den Bereich nahe des Speicherfelds 2 und den Bereich zwischen dem Speicherfeld 2 und der peripheren Schaltung 5.

[0191] Zwischen die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL ist in dem Bereich zwi-

schen dem Speicherfeld 2 und der peripheren Schaltung 5 eher als in dem Bereich nahe dem Speicherfeld 2 ein Entkopplungskondensator 70 geschaltet. Als Reaktion auf einen durch die periphere Schaltung 5 verbrauchten Strom wird auf der Versorgungsspannungsleitung PL ein Spitzenstrom erzeugt. Dieser Spitzenstrom wird vor dem Entkopplungskondensator 70 erzeugt. Daher wird der Spitzenstrom nicht in dem Bereich nahe dem Speicherfeld 2 fließen. Eine effiziente Anordnung der Entkopplungskapazität ermöglicht somit eine weitere Unterdrückung der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen auf dem Speicherfeld 2.

[0192] Die Versorgungsspannungsleitung PL kann sich in eine andere Richtung als in die Spaltenrichtung erstrecken. Durch Bereitstellen der Versorgungsspannungsleitung PL in derselben Richtung wie die Bitleitung BL können die Versorgungsleitungen jedoch in derselben Weise wie bei der zweiten Ausführungsform angeordnet werden. Daher können nachteilige Wirkungen der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen unterdrückt werden.

[0193] Wie in [Fig. 20](#) dargestellt, ist der in [Fig. 19](#) dargestellte Aufbau auch anwendbar, wenn die Versorgungsspannungsleitung oberhalb oder unterhalb des Speicherfelds 2 bereitgestellt ist, so dass sie sich über das Speicherfeld 2 erstreckt.

[0194] Auch in diesem Fall ist der Entkopplungskondensator 70 in dem Bereich zwischen dem Speicherfeld 2 und der peripheren Schaltung 5 eher als in dem Bereich nahe dem Speicherfeld 2 elektrisch zwischen die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL geschaltet. Demzufolge können auch wenn die Versorgungsleitungen sich über das Speicherfeld 2 erstrecken dieselben Wirkungen wie mit den in [Fig. 19](#) dargestellten Aufbau erzielt werden.

[0195] [Fig. 21](#) und [Fig. 22](#) sind Blockdiagramme, die ein erstes und zweites Anordnungsbeispiel für die Entkopplungskapazität nach einer ersten Abwandlung der dritten Ausführungsform zeigen.

[0196] Wie in [Fig. 21](#) dargestellt, sind die periphere Schaltung 5, der Versorgungsknoten 7, die Versorgungsspannungsleitung PL, die Masseleitung GL und der Masseknoten 8 in derselben Weise angeordnet wie in [Fig. 19](#) dargestellt. Die detaillierte Beschreibung wird daher hier nicht wiederholt.

[0197] In der ersten Abwandlung der dritten Ausführungsform ist an der Versorgungsspannungsleitung PL in dem Bereich zwischen dem Versorgungsknoten 7 und dem Speicherfeld 2 ein Entkopplungskondensator 71 bereitgestellt. Der Entkopplungskondensator 71 ist elektrisch zwischen die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL ge-

schaltet. Mit diesem Aufbau wird ein durch den von der peripheren Schaltung **5** verbrauchten Strom erzeugter Spitzenstrom durch den Entkopplungskondensator **71** entfernt, ohne durch den Bereich nahe dem Speicherfeld **2** zu fließen. Wie die dritte Ausführungsform ermöglicht die erste Abwandlung der dritten Ausführungsform eine weitere Unterdrückung der nachteiligen Wirkungen der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen auf das Speicherfeld **2**.

[0198] Wie in [Fig. 22](#) dargestellt, ist der in [Fig. 21](#) dargestellte Aufbau auch dann anwendbar, wenn die Versorgungsleitung oberhalb oder unterhalb des Speicherfelds **2** bereitgestellt ist, so dass sie sich über das Speicherfeld **2** erstreckt.

[0199] Auch in diesem Fall ist der Entkopplungskondensator **71** an der Versorgungsspannungsleitung PL in dem Bereich zwischen dem Versorgungsknoten **7** und dem Speicherfeld **2** eher als in dem Bereich nahe dem Speicherfeld **2** bereitgestellt. Mit diesem Aufbau können auch wenn die Versorgungsleitungen sich über das Speicherfeld **2** erstrecken dieselben Wirkungen erzielt werden wie mit dem in [Fig. 21](#) dargestellten Aufbau.

[0200] [Fig. 23](#) und [Fig. 24](#) sind Blockdiagramme, die ein erstes und zweites Anordnungsbeispiel für Entkopplungskondensatoren nach einer zweiten Abwandlung der dritten Ausführungsform zeigen.

[0201] Wie in [Fig. 23](#) dargestellt sind in der zweiten Abwandlung der dritten Ausführungsform die Entkopplungskondensatoren der dritten Ausführungsform und ihrer ersten Abwandlung kombiniert miteinander angeordnet. Genauer gesagt sind in dem in [Fig. 23](#) dargestellten Beispiel die beiden in [Fig. 19](#) und [Fig. 21](#) dargestellten Entkopplungskondensatoren **70** und **71** bereitgestellt. Diese Anordnung wird entworfen, wenn es bei dem Layout der MRAM-Vorrichtung einen relativ großen Spielraum gibt. Dieser Aufbau ermöglicht eine weitere Unterdrückung der magnetischen Störung von der Versorgungsspannungsleitung PL auf das Speicherfeld **2**.

[0202] In ähnlicher Weise ist in dem in [Fig. 24](#) dargestellten Beispiel die Versorgungsleitung oberhalb oder unterhalb des Speicherfelds **2** so bereitgestellt, dass sie sich über das Speicherfeld **2** erstreckt, und die in [Fig. 20](#) und [Fig. 22](#) dargestellten Entkopplungskondensatoren **70** und **71** sind bereitgestellt. Dieser Aufbau ermöglicht eine weitere Unterdrückung der magnetischen Störung von der Versorgungsleitung auf das Speicherfeld **2**.

[0203] Es sei angemerkt dass die Anordnung des Entkopplungskondensators bzw. der Entkopplungskondensatoren nach der dritten Ausführungsform und ihrer ersten und zweiten Abwandlung auf Versor-

gungsleitungen anwendbar ist, die entsprechend der ersten Ausführungsform, der zweiten Ausführungsform oder den Abwandlungen der ersten und zweiten Ausführungsformen angeordnet sind. In diesem Fall können auch die Wirkungen der oben beschriebenen Ausführungsformen und ihre Abwandlungen erzielt werden. Daher werden die nachteiligen Wirkungen der magnetischen Störungen von den Versorgungsleitungen auf die MTJ-Speicherzellen stärker unterdrückt, was einen stabileren Betrieb der MRAM-Vorrichtung ermöglicht.

[0204] Wie in [Fig. 25](#) dargestellt, sind in der vierten Ausführungsform in einem peripheren Bereich **110** am Ende des Speicherfelds **2**, in dem eine Mehrzahl von Speicherzellen MC angeordnet sind, eine Mehrzahl von magnetoresistiven Dummyelementen DTMR angeordnet. Die magnetoresistiven Dummyelemente DTMR sind zumindest entlang den Speicherzellenzeilen oder den Speicherzellenspalten in einer Zeile bzw. Spalte angeordnet.

[0205] Jedes magnetoresistive Dummyelement DTMR hat dieselbe Form und denselben Aufbau wie das magnetoresistive Tunnelement TMR in der Speicherzelle MC. Genauer gesagt: wie der in [Fig. 40](#) und [Fig. 41](#) dargestellte Aufbau hat sowohl das magnetoresistive Tunnelement TMR als auch das magnetoresistive Dummyelement DTMR eine feste magnetische Schicht FL mit einer festen Magnetisierungsrichtung, eine freie magnetische Schicht VL mit einer durch ein angelegtes Magnetfeld überschreibbaren Magnetisierungsrichtung und eine anti-ferromagnetische Materialschicht AFL zum Fixieren der Magnetisierungsrichtung der festen magnetischen Schicht VL.

[0206] Wie oben beschrieben hat in der Speicherzelle MC die feste magnetische Schicht FL eine feste Magnetisierungsrichtung **11** und die freie magnetische Schicht VL hat eine Magnetisierungsrichtung **12**, die durch ein Datenschreibmagnetfeld entsprechend dem Schreibdatenpegel überschreibbar ist. In dem magnetoresistiven Dummyelement ist die Magnetisierungsrichtung **12d** der freien magnetischen Schicht VL jedoch dieselbe wie die Magnetisierungsrichtung **11d** der festen magnetischen Schicht FL. Diese Magnetisierungsrichtungen **11d** und **12d** sind so voreingestellt, dass sie das durch eine in nächster Nähe der magnetoresistiven Dummyelemente DTMR angeordnete Verdrahtung erzeugte Magnetfeld aufheben.

[0207] Die nahe bei den magnetoresistiven Dummyelementen DTMR angeordnete Verdrahtung **13** kann z.B. eine Versorgungsspannungsleitung BL und eine Masseleitung GL. Da diese Verdrahtungen im allgemeinen in der obersten Lage des Chips ausgebildet sind, wären die magnetoresistiven Tunnelemente TMR und die

magnetoresistiven Dummyelemente DTMR in einer Lage ausgebildet, die unterhalb der Verdrahtung **13** angeordnet ist. Dementsprechend wird ein Magnetfeld von der Verdrahtung **13** an das magnetoresistive Dummyelement DTMR in der in [Fig. 25](#) durch eine gestrichelte Linie dargestellte Richtung angelegt (d.h. in [Fig. 25](#) nach links). Daher sind die Magnetisierungsrichtung **11d** und **12d** der magnetoresistiven Dummyelemente DTMR in die entgegengesetzte Richtung voreingestellt (d.h. in [Fig. 25](#) nach rechts).

[0208] Dieser Aufbau verringert die magnetische Störung, die von der Verdrahtung **13** (wie z.B. einer Versorgungsleitung), die in dem peripheren Bereich des Speicherfelds **2** bereitgestellt ist, an die Speicherzellen MC in dem Speicherfeld **2** angelegt werden. Demzufolge wird die Betriebsstabilität jeder Speicherzelle MC verbessert.

[0209] Da die Magnetisierungsrichtung **11** der festen magnetischen Schicht in der Speicherzelle MC dieselbe ist wie die Magnetisierungsrichtungen **11d** (feste magnetische Schicht) und **12d** (freie magnetische Schicht) des magnetoresistiven Dummyelements DTMR, können die magnetoresistiven Dummyelemente DTMR gleichzeitig mit dem Vorgang der Magnetisierung der freien magnetischen Schichten FL der Speicherzellen MC magnetisiert werden. Anders ausgedrückt: Ein getrennter Magnetisierungsvorgang ist für die magnetoresistiven Dummyelemente DTMR nicht erforderlich.

[0210] Darüber hinaus verhindern magnetoresistive Dummyelemente DTMR, die am Ende des Speicherfelds angeordnet sind, dass das Magnetfeld am Ende des Speicherfelds diskontinuierlich wird. Daher wird der Betriebsspielraum von Speicherzellen MC, die in dem Endbereich des Speicherfelds angeordnet ist, nicht verschlechtert. Darüber hinaus haben die magnetoresistiven Dummyelemente DTMR dieselbe Form und denselben Aufbau wie die magnetoresistiven Tunnelemente TMR. Daher können die magnetoresistiven Dummyelemente DTMR zusammen mit den magnetoresistiven Tunnelementen TMR hergestellt werden. Anders ausgedrückt: Ein getrennter Herstellungsvorgang ist für die magnetoresistiven Dummyelemente DTMR nicht erforderlich.

[0211] Darüber hinaus verhindert der Aufbau nach der vierten Ausführungsform eine Diskontinuität der Form am Ende des Speicherfelds **2**. Daher haben magnetoresistive Tunnelemente TMR am Ende des Speicherfelds **2** eine gleichmäßige Form. Um die Kontinuität der Form der Verdrahtungen sicherzustellen, sind für die magnetoresistiven Dummyelemente DTMR, die nicht selektiv beschrieben werden müssen, eine der Schreibwortleitungen WWL entsprechende Dummyschreibwortleitung DBWL und eine der Bitleitung BL entsprechende Dummybitleitung DBL bereitgestellt.

[0212] Wie in [Fig. 26](#) dargestellt, unterscheidet sich die Abwandlung der vierten Ausführungsform von der vierten Ausführungsform darin, dass die in dem peripheren Bereich **110** am Ende des Speicherfelds **2** bereitgestellten magnetoresistiven Dummyelemente DTMR durch magnetische Dummyelemente **26** ersetzt sind. Die magnetischen Dummyelemente **26** beinhalten magnetische Elemente mit einer festen Magnetisierungsrichtung. Die magnetischen Dummyelemente **26** haben jedoch nicht dieselbe Form und denselben Aufbau wie die magnetoresistiven Tunnelemente TMR in der Speicherzelle MC. Es kann zum Beispiel ein der antiferromagnetischen Materialschicht AFL in dem magnetoresistiven Tunnelement TMR entsprechendes magnetisches Element als magnetisches Dummyelement **26** verwendet werden. Dementsprechend können dieselben Wirkungen wie bei der vierten Ausführungsform auch dann erreicht werden, wenn magnetische Dummyelemente **26** mit einer anderen Form und einem anderen Aufbau als die magnetoresistiven Tunnelemente TMR in dem peripheren Bereich bereitgestellt sind. Genauer gesagt verringert auch die Abwandlung der vierten Ausführungsform die magnetischen Störungen, die von der in dem peripheren Bereich **110** des Speicherfelds **2** bereitgestellten Verdrahtung **13** auf die Speicherzellen MC in dem Speicherfeld **2** angelegt werden. Demzufolge wird die Betriebsstabilität jeder Speicherzelle MC verbessert.

[0213] Wie in [Fig. 27](#) dargestellt ist in der fünften Ausführungsform eine Verdrahtung **130** zum Bilden eines Induktivitätselements in einem Bereich außerhalb des Speicherfelds **2** bereitgestellt. Die Verdrahtung **130** ist zum Beispiel bei der peripheren Schaltung **5** bereitgestellt. Wie in der vierten Ausführungsform und ihrer Abwandlung können in dem peripheren Bereich **110** am Ende des Speicherfelds **2** magnetoresistive Dummyelemente DTMR oder magnetische Dummyelemente **26** bereitgestellt sein. Das verringert die magnetische Störung, die an die Speicherzellen MC in dem Speicherfeld **2** angelegt wird. Die Verdrahtung **130** ist elektrisch mit magnetischen Elementen ITMR verbunden, die dieselbe Form und denselben Aufbau wie das magnetoresistive Tunnelement TMR in der Speicherzelle MC aufweisen.

[0214] [Fig. 28](#) ist ein Querschnitt, der den Aufbau des Induktivitätselements veranschaulicht. Zum Vergleich zeigt [Fig. 28](#) einen Querschnitt der Speicherzelle MC in dem Speicherfeld **2** und einen Querschnitt der Verdrahtung **130** bei der peripheren Schaltung **5**.

[0215] Wie in [Fig. 28](#) dargestellt, ist in dem Speicherfeld **2** auf einem Halbleitersubstrat SUB ein Zugriffstransistor ATR ausgebildet. Der Zugriffstransistor ATR hat Source/Drain-Bereiche (n-dotierte Bereiche) **32** und **34** und ein Gate **33**. Der Source/Drain-Bereich **32** ist über eine in einem Kontaktie-

rungsloch **35** ausgebildete Metallschicht elektrisch mit einer Referenzspannungsleitung SL verbunden. Eine Lesewortleitung RWL ist als Verdrahtung zum Verbinden der Gate **33** miteinander in einer Gatelage bereitgestellt.

[0216] In einer Metallverdrahtungslage, die oberhalb der Referenzspannungsleitung SL angeordnet ist, ist eine Schreibwortleitung WWL ausgebildet. In einer Lage oberhalb der Schreibwortleitung WWL ist ein magnetoresistives Tunnelement TMR bereitgestellt.

[0217] Das magnetoresistive Tunnelement TMR ist über eine Kontaktbrücke **37** und eine in einem Kontaktierungsloch **36** ausgebildete Metallschicht elektrisch mit dem Source/Drain-Bereich **34** des Zugriffstransistors ATR verbunden. Die Kontaktbrücke **37** ist bereitgestellt, um das magnetoresistive Tunnelement TMR elektrisch mit dem Zugriffstransistor ATR zu verbinden, und sie ist aus einem leitfähigen Material ausgebildet. Eine Bitleitung BL ist elektrisch mit dem magnetoresistiven Tunnelement TMR verbunden und in einer Lage ausgebildet, die oberhalb des magnetoresistiven Tunnelements TMR angeordnet ist.

[0218] In der peripheren Schaltung **5** ist die Verdrahtung **130**, die in derselben Verdrahtungslage ausgebildet ist wie die Bitleitung BL, über eine in einem Kontaktierungsloch **39** ausgebildete Metallschicht elektrisch mit den magnetischen Elementen ITMR verbunden. Die magnetischen Elemente ITMR sind in derselben Lage ausgebildet wie das magnetoresistive Tunnelement TMR in dem Speicherfeld **2**, und sie dieselbe Form und denselben Aufbau wie das magnetoresistive Tunnelement TMR. Dementsprechend können die magnetischen Elemente ITMR gleichzeitig bei dem Herstellungsvorgang der Speicherzellen MC hergestellt werden. Anders ausgedrückt ist für die magnetischen Elemente ITMR kein getrennter Herstellungsvorgang erforderlich.

[0219] Mit Bezug zurück auf [Fig. 27](#) ist in den mit der Verdrahtung **130** verbundenen magnetischen Elementen ITMR die Magnetisierungsrichtung **11i** der festen magnetischen Schicht dieselbe wie die Magnetisierungsrichtung **12i** der freien magnetischen Schicht. Diese Magnetisierungsrichtungen **11i** und **12i** sind dieselben wie die Magnetisierungsrichtung **11** der festen magnetischen Schicht in dem magnetoresistiven Tunnelement TMR. Dadurch ist ein getrennter Vorgang zum Magnetisieren der magnetischen Elemente ITMR nicht erforderlich.

[0220] Ein durch die Verdrahtung **130** und zumindest ein damit verbundenes magnetisches Element ITMR gebildetes Induktivitätselement **31** kann als Schaltungselement verwendet werden. Alternativ kann das Induktivitätselement **31** in Serie mit einer

Versorgungsleitung zum Zuführen einer Betriebsspannung geschaltet werden. In diesem Fall kann das Induktivitätselement **31** verwendet werden, um einen Spitzenstrom zu unterdrücken, wie z.B. einen beim Einschalten erzeugten Einschaltstrom.

[0221] Ein Strom, der durch die Verdrahtung **130** des Induktivitätselements **31** fließt, ist so voreingestellt, dass das durch diesen Strom erzeugte Magnetfeld kleiner ist als ein Schwellwert zum Überschreiten der Magnetisierungsrichtung **12i** der freien magnetischen Schicht in dem magnetischen Element ITMR. Demzufolge kann der Induktivitätswert des Induktivitätselements **31** stabil beibehalten werden.

[0222] In einer sechsten Ausführungsform wird eine Anordnung von Versorgungsleitungen und Verdrahtungen, die einen Datenschreibstrom empfangen, beschrieben.

[0223] [Fig. 29](#) ist eine konzeptionelle Darstellung, die die Anordnung von Bitleitungen und Versorgungsleitungen nach der sechsten Ausführungsform zeigt. Wie in [Fig. 29](#) dargestellt, sind für die in dem Speicherfeld **2** in einer Matrix angeordneten Speicherzellen MC Bitleitungen BL und Schreibwortleitungen WWL bereitgestellt. Die Bitleitung BL sind entsprechend den Speicherzellenspalten bereitgestellt und die Schreibwortleitungen WWL entsprechend den Speicherzellenzeilen. Wie oben beschrieben wird der Bitleitung BL ein Datenschreibstrom zum Erzeugen eines Magnetfelds in der leicht zu magnetisierenden Richtung des magnetoresistiven Tunnelements TMR zugeführt. Der Schreibwortleitung WWL wird ein Datenschreibstrom zum Erzeugen eines magnetfelds in der schwer zu magnetisierenden Richtung des magnetoresistiven Tunnelements TMR zugeführt. Anders ausgedrückt: Die Bitleitung BL erstreckt sich in der schwer zu Magnetisierungen Richtung HA des magnetoresistiven Tunnelements TMR und die Schreibwortleitung WWL entlang der leicht zu magnetisierenden Richtung EA des magnetoresistiven Tunnelements TMR. Die Bitleitung BL ist in jeder Speicherzellenspalte in eine Mehrzahl von Bitleitungen aufgeteilt. In der ersten Speicherzellenspalte sind zum Beispiel die Bitleitungen BL11, BL21, BL31 usw. bereitgestellt. Ein Satz mit einer Versorgungsspannungsleitung PL und einer Masseleitung GL ist für eine Mehrzahl von Bitleitungen in jeder Speicherzellenspalte bereitgestellt. Die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL erstrecken sich parallel zu den Bitleitungen BL. Die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL werden durch die Bitleitungen BL11, BL21, BL31 usw. gemeinsam genutzt, die in Längsrichtung benachbart zueinander angeordnet sind. Ein Ende der Versorgungsspannungsleitung PL ist elektrisch mit dem Versorgungsknoten 7 zum Zuführen der Versorgungsspannung Vcc verbunden. Ein Ende der Masseleitung GL ist elektrisch mit dem Masseknoten 8

zum Zuführen der Massespannung GND verbunden. Die Bitleitungen BL zum Anlegen eines Datenschreibmagnetfelds an die ausgewählte Speicherzelle sind näher an dem magnetoresistiven Tunnelement TMR ausgebildet als die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL zum Zuführen eines Datenschreibstroms zu der Bitleitung BL.

[0224] An beiden Enden jeder Bitleitung BL ist ein Bitleitungstreiber bereitgestellt. Zum Beispiel sind an beiden Enden der Bitleitung BL11 die Bitleitungstreiber BDVa11 und BDVb11 bereitgestellt. An beiden Enden der Bitleitung BL21 sind die Bitleitungstreiber BDVa21 und BDVb21 bereitgestellt. An beiden Enden der Bitleitung BL31 sind die Bitleitungstreiber BDVa31 und BDVb31 bereitgestellt. Im folgenden werden die Bitleitungstreiber BDVa11, BDVa21, BDVa31 usw., die an dem einen Ende der Bitleitungen BL bereitgestellt sind, gelegentlich allgemein als "Bitleitungstreiber BDVa" bezeichnet. In ähnlicher Weise werden die Bitleitungstreiber BDVb11, BDVb21, BDVb31 usw., die an den anderen Enden der Bitleitungen BL bereitgestellt sind, gelegentlich allgemein als "Bitleitungstreiber BDVb" bezeichnet.

[0225] Wie in [Fig. 30](#) dargestellt beinhaltet der Bitleitungstreiber BDVa einen p-Kanal MOS(Metall Oxid Semiconductor gleich Metalloxidhalbleiter)-Transistor **41**, einen n-Kanal MOS-Transistor **42** sowie Logikgatter **44** und **46**. Der p-Kanal MOS-Transistor **41** ist elektrisch zwischen einem Knoten Na (der einem Ende der Bitleitung BL entspricht) und die Versorgungsspannungsleitung PL geschaltet. Der n-Kanal MOS-Transistor **42** ist elektrisch zwischen dem Knoten Na und die Masseleitung GL geschaltet. Das Logikgatter **44** gibt das Ergebnis der NAND-Verknüpfung zwischen dem Pegel einer entsprechenden Spaltenauswahlleitung CSL und den Schreibdaten DIN aus. Das Logikgatter **46** gibt das Ergebnis der NOR-Verknüpfung zwischen den Schreibdaten DIN und dem invertierten Pegel/CSL einer entsprechenden Spaltenauswahlleitung aus. Die Ausgabe des Logikgatters **44** wird dem Gate des Transistors **41** zugeführt und die Ausgabe des Logikgatters **46** dem Gate des Transistors **42**. Die Spaltenauswahlleitung CSL wird auf H-Pegel aktiviert, wenn eine entsprechende Speicherzellenspalte ausgewählt ist. Ansonsten ist die Spaltenauswahlleitung CSL auf L-Pegel deaktiviert.

[0226] Der Bitleitungstreiber BDVb beinhaltet einen p-Kanal MOS-Transistor **51**, einen n-Kanal MOS-Transistor **52** sowie Logikgatter **54** und **56**. Der p-Kanal MOS-Transistor **51** ist elektrisch zwischen einem Knoten Nb (der dem anderen Ende der Bitleitung BL entspricht) und die Versorgungsspannungsleitung PL geschaltet. Der n-Kanal MOS-Transistor **52** ist elektrisch zwischen dem Knoten Nb und der Masseleitung GL geschaltet. Das Logikgatter **54** gibt

das Ergebnis der NAND-Verknüpfung zwischen dem Pegel einer entsprechenden Spaltenauswahlleitung CSL und den invertierten Schreibdaten/DIN aus. Das Logikgatter **56** gibt das Ergebnis der NOR-Verknüpfung zwischen den invertierten Schreibdaten/DIN und dem invertierten Pegel/CSL einer entsprechenden Spaltenauswahlleitung aus. Die Ausgabe des Logikgatters **54** wird dem Gate des Transistors **51** zugeführt und die Ausgabe des Logikgatters **56** dem Gate des Transistors **52**.

[0227] Die Bitleitungstreiber BDVa und BDVb werden in der ausgewählten Spalte aktiviert (Spaltenauswahlleitung CSL liegt auf H-Pegel). Entsprechend dem Pegel der Schreibdaten DIN verbindet der aktivierte Bitleitungstreiber BDVa selektiv entweder die Versorgungsspannungsleitung PL oder die Masseleitung GL mit dem Knoten Na, und der aktivierte Bitleitungstreiber BDVb verbindet selektiv die jeweils andere Leitung mit dem Knoten Nb.

[0228] In den nicht ausgewählten Spalten (Spaltenauswahlleitungen CSL liegen auf L-Pegel) sind die Bitleitungstreiber BDVa deaktiviert und verbinden den Knoten Na nicht mit der Versorgungsspannungsleitung PL bzw. der Masseleitung GL. Darüber hinaus sind auch die Bitleitungstreiber BDVb deaktiviert und verbinden den Knoten Nb nicht mit der Versorgungsspannungsleitung PL bzw. der Masseleitung GL.

[0229] Mit Bezug zurück auf [Fig. 29](#) wird nun angenommen, dass eine der Bitleitung BL21 entsprechende Speicherzelle für den Datenschreibbetrieb ausgewählt ist und dass entsprechend dem Schreibdatenpegel ein Datenschreibstrom in der Richtung von dem Bitleitungstreiber BDVa21 zu dem Bitleitungstreiber BDVb21 zugeführt wird.

[0230] In diesem Fall werden die Bitleitungstreiber BDVa21 und BDVb21 aktiviert, und die verbleibenden Bitleitungstreiber werden deaktiviert. Dementsprechend fließt der Datenschreibstrom von dem Versorgungsknoten **7** über die Versorgungsspannungsleitung PL (in dem der Bitleitung BL11 entsprechenden Bereich), den Bitleitungstreiber BDVa21, die Bitleitung BL21, den Bitleitungstreiber BDVb21 und die Masseleitung GL (in den der Bitleitung BL21 und der Bitleitung BL11 entsprechenden Bereichen) zu dem Masseknoten **8**. In dem der Bitleitung BL11 entsprechenden Bereich fließt in der Versorgungsspannungsleitung BL und in der Masseleitung GL ein Strom in die entgegengesetzten Richtungen. Wie in Verbindung mit [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) beschrieben heben sich daher die von den Versorgungsleitungen an die magnetoresistiven Tunnelemente TMR angelegten Magnetfelder gegenseitig auf. Anders ausgedrückt: die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL desselben Satzes können entweder wie in [Fig. 10A](#) dargestellt horizontal benachbart zueinander in derselben Verdrahtungslage aus-

gebildet sein, oder sie können wie in [Fig. 10B](#) dargestellt in verschiedenen Verdrahtungslagen ausgebildet sein, so dass sie sich vertikal gegenseitig überlappen.

[0231] Die Richtung des durch die Bitleitung BL21 fließenden Datenschreibstroms ist entgegengesetzt zu der des Stroms, der in dem der Bitleitung BL21 entsprechenden Bereichs durch die Masseleitung GL fließt. Daher heben sich die von diesen Strömen an die nicht ausgewählten Speicherzellen angelegten Magnetfelder gegenseitig auf. In den Bereichen, die den folgenden Bitleitungen BL31 usw. entsprechen, fließt kein Strom durch die Bitleitung BL, die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL. Daher wird keine magnetische Störung erzeugt.

[0232] Der obige Aufbau verringert die magnetischen Störungen, die von den Verdrahtungen, die in dem Pfad des der Bitleitung BL der ausgewählten Spalte zugeführten Datenschreibstroms enthalten sind, an die nicht ausgewählten Speicherzellen angelegt werden und, verbessert dadurch die Betriebszuverlässigkeit der MRAM-Vorrichtung.

[0233] In der ersten Abwandlung der sechsten Ausführungsform wird der Aufbau zum Vereinfachen des Bitleitungstreiber beschrieben, wie in [Fig. 31](#) dargestellt sind in der ersten Abwandlung der sechsten Ausführungsform die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL durch Schreibstromleitungen WCL und /WCL ersetzt. Ein Versorgungsschaltglied **100** ist für die Schreibstromleitung WCL bereitgestellt und ein Versorgungsschaltglied **105** für die Schreibstromleitung /WCL. Das Versorgungsschaltglied **100** verbindet entsprechend dem Schreibdatenpegel entweder die Versorgungsspannung Vcc oder die Massespannung GND mit der Schreibstromleitung WCL. Das Versorgungsschaltglied **105** verbindet entsprechend dem invertierten Schreibdatenpegel /DIN die jeweils andere Spannung mit der Schreibstromleitung /WCL. Dementsprechend sind die Schreibstromleitungen WCL und /WCL in komplementärer Weise entsprechend dem Schreibdaten DIN jeweils mit der Versorgungsspannung Vcc und der Massespannung GND verbunden oder umgekehrt.

[0234] In der sechsten Ausführungsform sind die Bitleitungstreiber BDVa11 bis BDVa31 usw. durch Bitleitungstreiber BDVa'11 bis BDVa'31 usw. ersetzt und die Bitleitungstreiber BDVb11 bis BDVb31 usw. durch Bitleitungstreiber BDVb'11 bis BDVb'31 usw. Die Bitleitungstreiber BDVa'11 bis BDVa'31 werden im Folgenden gelegentlich als Bitleitungstreiber BDVa' bezeichnet und die Bitleitungstreiber BDVb'11 bis BDVb'31 usw. als "Bitleitungstreiber BDVb'". Da der Aufbau der ersten Abwandlung der sechsten Ausführungsform ansonsten derselbe ist wie der in [Fig. 29](#) dargestellte Aufbau der sechsten Ausführungsform,

wird seine detaillierte Beschreibung hier nicht wiederholt.

[0235] [Fig. 32](#) ist ein Schaltbild, das den Aufbau der in [Fig. 31](#) dargestellten Bitleitungstreiber zeigt. Wie in [Fig. 32](#) dargestellt, beinhaltet der Bitleitungstreiber BDVa' einen n-Kanal MOS-Transistor **81**, der elektrisch zwischen die Schreibstromleitung WCL und den Knoten Na (ein Ende der Bitleitung BL) geschaltet ist. Der Bitleitungstreiber BDVb' beinhaltet einen n-Kanal MOS-Transistor **82**, der elektrisch zwischen einen Knoten Nb (das andere Ende der Bitleitung) und die Schreibstromleitung /WCL geschaltet ist. Die Gates der Transistoren **81** und **82** sind jeweils mit einer entsprechenden Spaltenauswahlleitung CSL verbunden.

[0236] In der ersten Abwandlung der sechsten Ausführungsform verbinden die Versorgungsschaltglieder **100** und **105** selektiv die Schreibstromleitungen WCL und /WCL mit der Versorgungsspannung Vcc und der Massespannung GND. Dadurch brauchen die Bitleitungstreiber BDVa' und BDVb' nicht entsprechend dem Schreibdatenpegel zwischen den Schreibstromleitungen WCL und /WCL auszuwählen. Anders ausgedrückt: Der obige Aufbau ermöglicht es, dass jeder Bitleitungstreiber BDVa' bzw. BDVb' entweder die Schreibstromleitung WCL oder /WCL fest auswählt. Dementsprechend kann jeder Bitleitungstreiber allein aus einem Transistorgatter ausgebildet sein, wodurch der Aufbau der Bitleitungstreiber vereinfacht wird. Demzufolge wird die Schaltungsfläche verringert und der Chip, auf dem die MRAM-Vorrichtung untergebracht ist, wird in seiner Größe verringert.

[0237] Mit Bezug zurück auf [Fig. 31](#) wird jetzt angenommen, dass eine der Bitleitung BL21 entsprechende Speicherzelle für den Datenschreibbetrieb ausgewählt ist und dass ein Datenschreibstrom entsprechend dem Schreibdatenpegel in der Richtung von dem Bitleitungstreiber BDVa'21 zu dem Bitleitungstreiber BDVb'21 zugeführt wird. In diesem Fall fließt der Strom durch die Schreibstromleitung WCL, /WCL und die ausgewählte Bitleitung BL21 in derselben Richtung wie der Strom, der in [Fig. 29](#) jeweils durch die Versorgungsspannungsleitung PL, die Masseleitung GL und die ausgewählte Bitleitung BL21 fließt. Wenn die Schreibdaten den entgegengesetzten Pegel aufweisen, kehren die Versorgungsschaltglieder **100** und **105** die Verbindung zwischen den Schreibstromleitungen WCL, /WCL und der Versorgungsspannung Vcc und der Massespannung GND um. Daher fließt der Strom durch die Schreibstromleitungen WCL und /WCL und durch die ausgewählte Bitleitung BL21 in die entgegengesetzte Richtung.

[0238] Wie bei der sechsten Ausführungsform verringert der Aufbau der ersten Abwandlung der sechsten Ausführungsform somit die magnetischen Stö-

rungen, die von den in dem Datenpfad des der Bitleitung BL der ausgewählten Spalte zugeführten Datenschreibstroms enthaltenen Verdrahtungen an die nicht ausgewählten Speicherzellen angelegt wird. Demzufolge kann die Betriebszuverlässigkeit der MRAM-Vorrichtung verbessert werden.

[0239] Bei einer zweiten Abwandlung der sechsten Ausführungsform sind die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL der sechsten Ausführungsform an beiden Enden mit einem Versorgungsknoten bzw. mit einem Masseknoten verbunden.

[0240] Wie in [Fig. 33](#) dargestellt, unterscheidet sich die zweite Abwandlung der sechsten Ausführungsform von der sechsten Ausführungsform darin, dass beide Enden der Versorgungsspannungsleitung PL jeweils mit Versorgungsknoten **7a** und **7b** verbunden sind zum Zuführen der Versorgungsspannung Vcc und dass beide Enden der Masseleitung GL jeweils mit Masseknoten **8a** und **8b** verbunden sind zum Zuführen der Massespannung GND. Da der Aufbau der zweiten Abwandlung der sechsten Ausführungsform ansonsten derselbe ist wie der in [Fig. 29](#) dargestellte Aufbau der sechsten Ausführungsform wird seine detaillierte Beschreibung hier nicht wiederholt.

[0241] Auch in [Fig. 33](#) wird angenommen, dass eine der Bitleitung BL21 entsprechende Speicherzelle für den Datenschreibbetrieb ausgewählt ist und dass ein Datenschreibstrom in der Richtung von dem Bitleitungstreiber BDVa21 zu dem Bitleitungstreiber BDVb21 zugeführt wird. In diesem Fall fließt durch die Bitleitung BL21 die Summe eines Stromes I1 von dem Versorgungsknoten **7a** und eines Stromes I2 von dem Versorgungsknoten **7b** (d.h. I1+I2) als ein Datenschreibstrom. Auf der Masseleitung GL ist der Datenschreibstrom (I1+I2) in einen Strom I1 zu dem Masseknoten **8a** und einem Strom I2 zu dem Masseknoten **8b** aufgeteilt.

[0242] In dem der Bitleitung BL11 entsprechenden Bereich fließt in der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL der Strom I1 mit demselben Pegel in die entgegengesetzten Richtungen. In den den Bitleitung BL31 usw. entsprechenden Bereichen fließt durch die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL der Strom I2 mit demselben Pegel in die entgegengesetzten Richtungen. Dementsprechend werden durch die Versorgungsspannungsleitung PL und die Masseleitung GL in den oben genannten Bereichen magnetischen Störungen mit annähernd derselben Stärke erzeugt. Diese magnetischen Störungen heben einander in der Speicherzelle MC gegenseitig auf.

[0243] In einer dritten Abwandlung der sechsten Ausführungsform ist an beiden Enden jeder der in der ersten Abwandlung der sechsten Ausführungsform

beschriebenen Schreibstromleitungen WCL und /WCL ein Versorgungsschaltglied bereitgestellt. Anders ausgedrückt: Die Versorgungsschaltglieder sind in derselben Weise bereitgestellt wie die in der zweiten Abwandlung der sechsten Ausführungsform beschriebenen Versorgungsknoten und Masseknoten.

[0244] Wie in [Fig. 34](#) dargestellt unterscheidet sich die dritte Abwandlung der sechsten Ausführungsform von der in [Fig. 31](#) dargestellten ersten Abwandlung der sechsten Ausführungsform darin, dass Versorgungsschaltglieder **100a** und **100b** jeweils an den Enden der Schreibstromleitung WCL bereitgestellt sind und dass Versorgungsschaltglieder **105a** und **105b** jeweils an den Enden der Schreibstromleitungen /WCL bereitgestellt sind. Die Versorgungsschaltglieder **100a** und **100b** arbeiten in der gleichen Weise wie das Versorgungsschaltglied **100**, und die Versorgungsschaltglieder **105a** und **105b** arbeiten in derselben Weise wie das Versorgungsschaltglied **105**. Dementsprechend ist die Schreibstromleitung WCL äquivalent zu der in [Fig. 33](#) dargestellten Versorgungsspannungsleitung PL oder Masseleitung GL (d.h. die Versorgungsspannungsleitung PL, deren beiden Enden mit der Versorgungsspannung Vcc verbunden sind, bzw. die Masseleitung GL, der beiden Enden mit der Massespannung GND verbunden sind), und die Schreibstromleitung /WCL ist äquivalent zu der jeweils anderen Leitung.

[0245] Zusätzlich zu denselben Wirkungen wie bei der zweiten Abwandlung der sechsten Ausführungsform vereinfacht die dritte Abwandlung der sechsten Ausführungsform den Aufbau der Bitleitungstreiber BDVa' und BDVb' und erreicht dadurch eine verringerte Chipfläche.

[0246] In einer vierten Abwandlung der sechsten Ausführungsform entspricht jeder Satz mit einer Versorgungsspannungsleitung PL und einer Masseleitung GL einer Mehrzahl von Speicherzellenspalten.

[0247] Wie in [Fig. 35](#) dargestellt, ist in der vierten Abwandlung der sechsten Ausführungsform ein Satz mit einer Versorgungsspannungsleitung PL und einer Masseleitung GL für jede Mehrzahl von Speicherzellenspalten bereitgestellt. In [Fig. 35](#) sind zum Beispiel ein Satz mit einer Versorgungsspannungsleitung PL und einer Masseleitung GL für alle zwei Speicherzellenspalten bereitgestellt. Die Bitleitungen BL11 bis BL31 usw. und die Bitleitung BL12 bis BL32 usw. entsprechen dem in [Fig. 35](#) dargestellten Satz mit der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL. Bitleitungstreiber BDVa11, BDVb11 bis BDVa31, BDVb31 usw. und BDVa12, BDVb12 bis BDVa32, BDVb32 usw. entsprechen jeweils den Bitleitungen BL11 bis BL31 usw. und BL12 bis BL32 usw. Die Bitleitungstreiber BDVa11, BDVb11 bis BDVa31, BDVb31 usw. und BDVa12, BDVb12 bis BDVa32, BDVb32 usw. empfangen von der gemein-

samen Versorgungsspannungsleitung PL und der gemeinsamen Masseleitung GL einen Datenschreibstrom. Anders ausgedrückt: Die Versorgungsspannungsleitungen PL und die Masseleitung GL können nicht nur durch die einander in der Längsrichtung benachbarten Bitleitungen gemeinsam genutzt werden sondern auch durch die einander in der Querrichtung benachbarten Bitleitungen. Dieser Aufbau verringert die Anzahl von Versorgungsspannungsleitungen PL und Masseleitungen GL, während sie wie in der sechsten Ausführungsform die magnetischen Störungen verringert.

[0248] Der Aufbau der vierten Abwandlung der sechsten Ausführungsform ist auch auf die erste bis dritte Abwandlung der sechsten Ausführungsform anwendbar. Anders ausgedrückt: Ein Satz mit einer Versorgungsspannungsleitung PL und einer Masseleitung GL kann für jede Mehrzahl von Speicherzellenspalten in der ersten bis dritten Abwandlung der sechsten Ausführungsform bereitgestellt sein. Die Bitleitung BL muss nicht notwendigerweise in eine Mehrzahl von Bitleitungen in jeder Speicherzellenspalte aufgeteilt sein.

[0249] In dem in [Fig. 29](#), [Fig. 33](#), [Fig. 34](#) und Ähnlichen gezeigten Aufbau kann zwischen dem Versorgungsknoten **7**, **7a**, **7b** und der Versorgungsspannungsleitung PL eine Stromquellschaltung zum Zuführen eines konstanten Stroms bereitgestellt sein, so dass die Versorgungsspannung Vcc der Versorgungsspannungsleitung PL über die Stromquellschaltung zugeführt wird. Das ermöglicht es, einen Datenschreibstrom stabil auf einem vorgesehenen Pegel zu halten.

[0250] Die Anordnung der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL zum Zuführen eines Datenschreibstroms zu der Bitleitung BL ist in der sechsten Ausführungsform und ihren Abwandlungen dargestellt. Derselbe Aufbau ist jedoch auch anwendbar auf die Anordnung der Versorgungsspannungsleitung PL und der Masseleitung GL zum Zuführen eines Datenschreibstroms zu der Schreibwortleitung WWL. Es sei angemerkt, dass der Datenschreibstrom der Schreibwortleitung WWL unabhängig von dem Schreibdatenpegel in einer festen Richtung zugeführt wird. Daher ist zum Beispiel ein Ende jeder Schreibwortleitung WWL mit der Masseleitung GL verbunden, und an dem anderen Ende der Schreibwortleitung WWL ist ein Transistorschalter bereitgestellt, um entsprechend dem Zeilenauswahlergebnis die Versorgungsspannungsleitung PL und das andere Ende der Schreibwortleitung WWL miteinander zu verbinden.

[0251] In einer siebten Ausführungsform wird eine effiziente Anordnung der Versorgungsleitungen in Hinblick auf das Speicherfeld **2** beschrieben. Wie in [Fig. 36](#) dargestellt, ist in einem ersten Anordnungs-

beispiel der siebten Ausführungsform das Speicherfeld, in dem eine Mehrzahl von Speicherzellen wie in [Fig. 1](#) und Ähnlichem dargestellt angeordnet sind, in die Bänke BAa und BAb aufgeteilt. Für die Bank BAa ist eine periphere Schaltung **5a** bereitgestellt und für die Bank BAb eine periphere Schaltung **5b**. Im folgenden wird angenommen, dass nur eine der Bänke BAa und BAb für den Datenschreibbetrieb ausgewählt ist. Anders ausgedrückt werden die Bänke BAa und BAb nicht gleichzeitig für den Datenschreibbetrieb ausgewählt.

[0252] In einem der Bank BAb entsprechenden Bereich sind eine Versorgungsspannungsleitung PLa und eine Masseleitung GLa zum Zuführen der Versorgungsspannung Vcc und der Massespannung GND zu der peripheren Schaltung **5a** bereitgestellt. Anders ausgedrückt sind ein Versorgungsknoten **7a** und ein Masseknoten **8a** auf der der Bank BAb zugewandten Seite der peripheren Schaltung **5a** bereitgestellt.

[0253] In ähnlicher Weise sind in einem der Bank BAa entsprechenden Bereich eine Versorgungsspannungsleitung PLb und eine Masseleitung GLb zum Zuführen der Versorgungsspannung Vcc und der Massespannung GND zu der peripheren Schaltung **5b** bereitgestellt.

[0254] Anders ausgedrückt sind ein Versorgungsknoten **7b** und ein Masseknoten **8b** auf der der Bank BAa zugewandten Seite der peripheren Schaltung **5b** bereitgestellt.

[0255] Während des Datenschreibbetriebs in die Bank BAa werden von der Versorgungsspannungsleitung PLa und der Masseleitung GLa, die einen Datenschreibstrom zuführen, magnetische Störungen erzeugt. Diese magnetischen Störungen werden jedoch nur in dem der Bank BAb entsprechenden Bereich erzeugt, in dem kein Datenschreibbetrieb durchgeführt wird. Daher werden solche magnetischen Störungen, die den Schreibbetriebsspielraum verringern, der Bank BAa während ihres Datenschreibbetriebs nicht zugeführt.

[0256] In ähnlicher Weise werden während des Datenschreibbetriebs in die Bank BAb von der Versorgungsspannungsleitung PLb und der Masseleitung GLb, die einen Datenschreibstrom zuführen, magnetische Störungen erzeugt. Diese magnetischen Störungen werden jedoch nur in dem der Bank BAa entsprechenden Bereich erzeugt, in dem kein Datenschreibbetrieb durchgeführt wird. Daher werden solche magnetischen Störungen, die den Schreibbetriebsspielraum verringern, der Bank BAb während ihres Datenschreibbetriebs nicht zugeführt.

[0257] Daher verhindert der Aufbau der siebten Ausführungsform, dass während des Datenschreib-

betriebs Daten fehlerhafterweise in die nicht ausgewählten Speicherzellen geschrieben werden, und verbessert dadurch die Betriebszuverlässigkeit der MRAM-Vorrichtung.

[0258] [Fig. 37](#) ist ein Blockdiagramm, das ein zweites Anordnungsbeispiel für die Versorgungsspannungsleitungen nach der siebten Ausführungsform zeigt. Wie in [Fig. 37](#) dargestellt, können die Versorgungsspannungsleitung PLa und die Masseleitung GLa zum Zuführen einer Betriebsspannung zu der peripheren Schaltung **5a** in der Nachbarschaft der Bank BAa bereitgestellt sein. In ähnlicher Weise können die Versorgungsspannungsleitung PLb und die Masseleitung GLb zum Zuführen einer Betriebsspannung zu der peripheren Schaltung **5b** in der Nachbarschaft der Bank BAa bereitgestellt sein. Auch dieser Aufbau verhindert wie in dem in

[0259] [Fig. 36](#) dargestellten Beispiel, dass während des Datenschreibbetriebs Daten fehlerhafterweise in die nicht ausgewählten Speicherzellen geschrieben werden. Demzufolge wird die Betriebszuverlässigkeit der MRAM-Vorrichtung verbessert.

[0260] Es sei angemerkt, dass in [Fig. 36](#) und [Fig. 37](#) das Speicherfeld in zwei Bänke aufgeteilt ist, die komplementär für den Datenschreibbetrieb ausgewählt werden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt. Anders ausgedrückt kann das Speicherfeld auch in drei oder mehr Bänke aufgeteilt sein. Auch in diesen Fällen sind die jeder Bank entsprechenden Versorgungsleitungen in einem Bereich bereitgestellt, der einer anderen Bank oder mehreren anderen Bänken als der entsprechenden Bank bzw. einer Bank, die nicht gleichzeitig mit der entsprechenden Bank geschrieben wird, entspricht. Mit diesem Aufbau können dieselben Wirkungen wie bei der siebten Ausführungsform erzielt werden.

[0261] Die Anordnung der Versorgungsleitungen ist nicht auf die in [Fig. 36](#) und [Fig. 37](#) gezeigten Anordnungen beschränkt. Die Versorgungsleitungen können alternativ entsprechend der ersten bis dritten Ausführungsform und ihrer Abwandlungen angeordnet sein.

[0262] Die MRAM-Vorrichtung benötigt zwei Arten von Verdrahtungen zum Anlegen eines Datenschreibmagnetfelds an die Speicherzellen (in der vorliegenden Ausführungsform die Bitleitungen BL und die Schreibwortleitungen WWL). Im Datenschreibbetrieb wird notwendigerweise den beiden Arten von Verdrahtungen ein Datenschreibstrom zugeführt. Daher werden magnetische Störungen von den zwei Arten von Verdrahtungen stetig den benachbart angeordneten nicht ausgewählten Speicherzellen zugeführt. Durch Anordnung von Verdrahtungen, die nicht die oben genannten zwei Arten von Verdrahtungen sind, in Hinblick auf die stetigen Störungen kann ein

fehlerhaftes Schreiben in die nicht ausgewählte Speicherzellen effektiv verhindert werden.

[0263] [Fig. 38](#) ist eine konzeptionelle Darstellung, die die stetigen Störungen zeigt, die an den nicht ausgewählten Speicherzellen anliegen.

[0264] Wie in [Fig. 38](#) dargestellt wird im Datenschreibbetrieb an die ausgewählte Speicherzelle entsprechend dem Schreibdatenpegel ein Datenschreibmagnetfeld angelegt, das einem Arbeitspunkt **120** bzw. **121** entspricht. Die Arbeitspunkte **120** und **121** sind mit einem Spielraum in dem Bereich außerhalb der in Verbindung mit [Fig. 42](#) beschriebenen Asteroideckenlinie entworfen.

[0265] Der Bitleitung BL der anschließenden Spalte und der Schreibwortleitung WWL der anschließenden Zeile wird ein Datenschreibstrom zugeführt. Daher liegt an den nicht ausgewählten Speicherzellen, die am empfindlichsten für fehlerhaftes Schreiben sind, eine einem Punkt **122** entsprechende Störung stetig an. Die Abstände zwischen dem Punkt **122** und der Asteroideckenlinie in Richtung der Ordinate und der Abszisse, ΔM_h und ΔM_e , bezeichnen jeweils eine Reserve für das fehlerhafte Schreiben in nicht ausgewählte Speicherzellen in der schwer bzw. leicht zu magnetisierenden Richtung (im Folgenden gelegentlich als "Magnetfeldrestreserve" bezeichnet).

[0266] Fehlerhaftes Schreiben in die nicht ausgewählten Speicherzellen würde auftreten, wenn die nicht ausgewählten Speicherzellen einer magnetischen Störung in er schwer zu magnetisierende Richtungen ausgesetzt sind, die die Magnetfeldrestreserve ΔM_h überschreitet. In ähnlicher Weise würde fehlerhaftes Schreiben in die nicht ausgewählten Speicherzellen auftreten, wenn die nicht ausgewählten Speicherzellen einer magnetischen Störung in der leicht zu magnetisierenden Richtung ausgesetzt sind, die die Magnetfeldrestreserve ΔM_e überschreitet. Die nicht ausgewählten Speicherzellen können magnetischen Störungen in beiden Richtungen ausgesetzt sein. In diesem Fall kann möglicherweise ein fehlerhaftes Schreiben auftreten, auch wenn jede magnetische Störung nicht die Magnetfeldrestreserve ΔM_e bzw. ΔM_h überschreitet. Diese Magnetfeldrestreserven ΔM_e und ΔM_h können verwendet werden, um die Richtung der magnetischen Störung (leicht zu magnetisierende Richtung oder schwer zu magnetisierende Richtung) zu bestimmen, auf die die Speicherzellen MC relativ empfindlich sind.

[0267] Von den leitenden Verdrahtungen, die nicht die Bitleitungen BL und die Schreibwortleitungen WWL zum Zuführen eines Datenschreibmagnetfelds an die Speicherzellen sind, ist eine in nächster Nähe der Speicherzellen MC (d.h. der magnetoresistiven Tunnелеlemente TMR) angeordnete Verdrahtung in einer solchen Richtung bereitgestellt, dass die mag-

netische Störung von der nächstgelegenen Verdrahtung dieselbe Richtung hat wie die der Magnetfeldrestreserve ΔMe oder ΔMh , die den größeren Wert hat (im folgenden wird die in nächster Nähe der Speicherzellen MC angeordnete Verdrahtung gelegentlich einfach als "nächstgelegene Verdrahtung" bezeichnet). Demzufolge kann fehlerhaftes Schreiben in die nicht ausgewählten Speicherzellen wirkungsvoll verhindert werden.

[0268] Insbesondere sind die magnetoresistiven Tunnelemente TMR so entworfen, dass sie eine längliche Form aufweisen, um ihre Magnetisierungseigenschaften zu stabilisieren. Die Bitleitungen BL zum Erzeugen eines Magnetfelds in der leicht zu magnetisierenden Richtung sind daher in einem anderen Rasterabstand angeordnet als die Schreibwortleitungen WWL zum Erzeugen eines Magnetfelds in der schwer zu magnetisierenden Richtung. Die Beziehung zwischen den Magnetfeldrestreserven ΔMh und ΔMe in [Fig. 38](#) (d.h. welche Magnetfeldrestreserve größer ist als die andere) kann aus den oben genannten Rasterabständen abgeschätzt werden. Genauer gesagt ist die Magnetfeldrestreserve, die der Richtung des Magnetfelds entspricht, das durch Verdrahtungen mit einem kleineren Rasterabstand erzeugt wird (d.h. die Bitleitungen BL oder die Schreibwortleitung WWL) kleiner als die andere Magnetfeldrestreserve. Dementsprechend ist die nächstgelegene Verdrahtung in derselben (parallelen) Richtung bereitgestellt wie die Verdrahtungen mit einem größeren Rasterabstand.

[0269] Das magnetoresistive Tunnelement TMR ist im allgemeinen so entworfen, dass seine Längsrichtung der leicht zu magnetisierenden Richtung entspricht. In diesem Fall sind die Bitleitung BL zum Erzeugen eines Magnetfelds in der leicht zu magnetisierenden Richtung in einem größeren Rasterabstand angeordnet als die Schreibwortleitungen WWL zum Erzeugen eines Magnetfelds in der schwer zu magnetisierenden Richtung. Dementsprechend ist es wünschenswert, die nächstgelegene Verdrahtung parallel zu den Bitleitungen BL bereitzustellen. Wenn die Beziehung der Rasterabstände entgegengesetzt zu der oben beschriebenen ist, ist es wünschenswert, die nächstliegende Verdrahtung parallel zu den Schreibwortleitungen WWL bereitzustellen.

[0270] Es ist ebenfalls wünschenswert, die Richtung der Verdrahtungen, die einen relativ hohen Strom empfangen (wie die Versorgungsleitungen) in derselben Weise zu bestimmen wie die der nächstliegenden Verdrahtung.

Patentansprüche

1. Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit einem Speicherfeld (2) mit einer Mehrzahl von darin angeordneten Speicherzellen (MC) zum magneti-

schen Datenspeichern, wobei jede Speicherzelle einen magnetischen Speicherabschnitt (TMR) aufweist mit einem elektrischen Widerstandswert, der sich entsprechend einer Magnetisierungsrichtung ändert, die durch Anlegen eines vorgeschriebenen Magnetfelds überschrieben werden kann; einer peripheren Schaltung (5, 5#), die in einem an das Speicherfeld angrenzenden Bereich bereitgestellt ist, zum Durchführen eines Datenlesebetriebs und eines Datenschreibbetriebs aus dem bzw. in das Speicherfeld; und einer ersten und einer zweiten Stromversorgungsleitung (PL, GL) zum Zuführen einer Betriebsspannung (V_{cc} , GND) zu der peripheren Schaltung; wobei die erste und die zweite Versorgungsleitung so angeordnet sind, dass ein durch einen durch die erste Versorgungsleitung fließenden Strom erzeugtes Magnetfeld und ein durch einen durch die zweite Versorgungsleitung fließenden Strom erzeugtes Magnetfeld einander in dem Speicherfeld gegenseitig aufheben.

2. Magnetische Dünnspeichervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die erste und die zweite Versorgungsleitung (PL, GL) durch die Verwendung einer ersten und einer zweiten Metallverdrahtung, die in verschiedenen Verdrahtungsschichten ausgebildet sind, so ausgebildet sind, dass sie sich vertikal überlappen.

3. Magnetische Dünnspeichervorrichtung nach Anspruch 1, bei der eine Mehrzahl von ersten Versorgungsleitungen und eine Mehrzahl von zweiten Versorgungsleitungen (PL, GL) in einer gleichen Richtung bereitgestellt sind und die ersten und die zweiten Versorgungsleitungen so angeordnet sind, dass jede Leitung aus den ersten und den zweiten Versorgungsleitungen ein Paar bildet mit einer anderen aus den ersten und den zweiten Versorgungsleitungen, durch die ein Strom in einer entgegengesetzten Richtung fließt, wobei das Paar von Versorgungsleitungen in einer Verdrahtungsschicht bereitgestellt ist, die oberhalb oder unterhalb der magnetischen Speicherabschnitte (TMR) angeordnet ist.

4. Magnetische Dünnspeichervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der eine Mehrzahl von ersten Versorgungsleitungen und eine Mehrzahl von zweiten Versorgungsleitungen (PL, GL) in einer gleichen Richtung bereitgestellt sind und die ersten und die zweiten Versorgungsleitungen so angeordnet sind, dass jede Leitung aus den ersten und den zweiten Versorgungsleitungen ein Paar bildet mit einer anderen aus den ersten und den zweiten Versorgungsleitungen, durch die ein Strom in einer gleichen Richtung fließt, wobei das Paar von Versorgungsleitungen im Hin-

blick auf die magnetischen Speicherabschnitte (TMR) vertikal symmetrisch angeordnet ist.

5. Magnetische Dünnspeichervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite Versorgungsleitung (PL, GL) so angeordnet sind, dass das durch den durch die erste Versorgungsleitung fließenden Strom erzeugte Magnetfeld und das durch den durch die zweite Versorgungsleitung fließenden Strom erzeugte Magnetfeld an das Speicherfeld in einer leicht zu magnetisierenden Richtung (EA) der magnetischen Speicherabschnitte angelegt ist.

6. Magnetische Dünnspeichervorrichtung nach Anspruch 5, bei der die Mehrzahl von Speicherzellen (MC) in einer Matrix angeordnet ist

und die magnetische Dünnspeichervorrichtung weiter beinhaltet:

eine Mehrzahl von ersten Schreibleitungen (BL), die jeweils entweder den Speicherzellenzeilen oder den Speicherzellenspalten entsprechend bereitgestellt ist, zum selektiven Empfangen eines Datenschreibstroms hauptsächlich zum Anlegen eines Magnetfelds in der leicht zu magnetisierenden Richtung (EA) an eine ausgewählte Speicherzelle; und eine Mehrzahl von zweiten Schreibleitungen (WWL), die jeweils den anderen von den Speicherzellenzeilen bzw. den Speicherzellenspalten entsprechend bereitgestellt ist, zum selektiven Empfangen eines Datenschreibstroms hauptsächlich zum Anlegen eines Magnetfelds in der schwer zu magnetisierenden Richtung (HA) an die ausgewählte Speicherzelle;

7. Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit einem Speicherfeld (2) mit einer Mehrzahl von darin angeordneten Speicherzellen (MC) zum magnetischen Datenspeichern, wobei jede Speicherzelle einen magnetischen Speicherabschnitt (TMR) aufweist mit einem elektrischen Widerstandswert, der sich entsprechend einer Magnetisierungsrichtung ändert, die durch Anlegen eines vorgeschriebenen Magnetfelds überschrieben werden kann; einer peripheren Schaltung (5), die in einem an das Speicherfeld angrenzenden Bereich bereitgestellt ist, zum Durchführen eines Datenlesebetriebs und eines Datenschreibbetriebs aus dem bzw. in das Speicherfeld;

Schreibdatenleitungen (WWL, BL) zum Zuführen eines Datenschreibstroms zum Erzeugen eines vorgeschriebenen Magnetfelds in dem Datenschreibbetrieb; und

einer ersten und einer zweiten Stromversorgungsleitung (PL, GL) zum Zuführen einer Betriebsspannung (Vcc, GND) zu der peripheren Schaltung;

wobei jede der ersten und die zweiten Versorgungsleitungen in zumindest einem vorgesehenen Abstand von dem magnetischen Speicherabschnitt einer nächstgelegenen der Speicherzellen bereitgestellt ist, so dass ein durch einen dadurch fließenden Spitzenstrom erzeugtes Spitzenmagnetfeld in dem magnetischen Speicherabschnitt der nächstgelegenen Speicherzelle eine Stärke hat, die kleiner als ein vorgesehener Wert ist, wobei der vorgesehene Wert im Hinblick auf die Magnetisierungseigenschaften in den Speicherzellen festgelegt ist und

wobei das in dem Datenschreibbetrieb durch den Datenschreibstrom erzeugte Magnetfeld eine Stärke hat, die definiert ist als eine Summe aus einer ersten Magnetfeldstärke (H_{sw}), die zum Überschreiben der Magnetisierungsrichtung des magnetischen Speicherabschnitts (TMR) erforderlich ist, und einer zweiten Magnetfeldstärke (ΔH), die einem Spielraum entspricht;

wobei der vorgesehene Abstand so entworfen ist, dass der vorgesehene Wert kleiner als die zweite Magnetfeldstärke ist.

8. Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit einem Speicherfeld (2) mit einer Mehrzahl von darin angeordneten Speicherzellen (MC) zum magnetischen Datenspeichern, wobei jede Speicherzelle einen magnetischen Speicherabschnitt (TMR) aufweist mit einem elektrischen Widerstandswert, der sich entsprechend einer Magnetisierungsrichtung ändert, die durch Anlegen eines Magnetfelds überschrieben werden kann;

einer peripheren Schaltung (5, 5#), die in einem an das Speicherfeld angrenzenden Bereich bereitgestellt ist, zum Durchführen eines Datenlesebetriebs und eines Datenschreibbetriebs aus dem bzw. in das Speicherfeld;

einem Versorgungsknoten (7), der der peripheren Schaltung in einer ersten Richtung gegenüberliegt, wobei das Speicherfeld dazwischenliegt, zum Empfangen einer Betriebsversorgungsspannung (Vcc) der peripheren Schaltung;

einer Versorgungsleitung (PL), die sich zwischen dem Versorgungsknoten und der peripheren Schaltung in der ersten Richtung erstreckt, zum Übertragen der Betriebsversorgungsspannung; und

einem Entkopplungskondensator (70, 71), der zwischen der Versorgungsleitung und einer Massespannung (GND) in einem Bereich außerhalb des Speicherfeldes bereitgestellt ist.

9. Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit einem Speicherfeld (2) mit einer Mehrzahl von Speicherzellen (MC) zum magnetischen Datenspeichern, die in einer Matrix angeordnet sind, und

einer Mehrzahl von magnetischen Dummyelementen (DTMR, 26), die an einem Ende des Speicherfelds zumindest entlang den Speicherzellenzeilen oder den Speicherzellenspalten bereitgestellt sind und eine feste Magnetisierungsrichtung aufweisen.

10. Magnetische Dünnspeichervorrichtung nach Anspruch 9, bei der eine Magnetisierungsrichtung der magnetischen Dummyelemente (DTMR, 26) so festgelegt ist, dass ein durch die magnetischen

Dummyelemente erzeugtes Magnetfeld eine an die Speicherzelle angelegte magnetische Störung aufhebt.

11. Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit einem Speicherfeld (2) mit einer Mehrzahl von darin angeordneten Speicherzellen (MC) zum magnetischen Datenspeichern, wobei jede Speicherzelle ein erstes magnetisches Element (TMR) aufweist; einer Mehrzahl von ersten Verdrahtungen (BL), die für das Speicherfeld bereitgestellt sind, von denen jede elektrisch mit dem zumindest in einer aus der Mehrzahl von Speicherzellen enthaltenen ersten magnetischen Element verbunden ist; und einem Induktivitätselement (31) mit einer zweiten Verdrahtung (130), die in einem Bereich außerhalb des Speicherfelds in einer selben Verdrahtungsschicht ausgebildet ist wie die Mehrzahl von ersten Verdrahtungen, und einem zweiten magnetischen Element (ITMR), das in dem Bereich außerhalb des Speicherfelds in einer selben Schicht ausgebildet ist wie die ersten magnetischen Elemente und das elektrisch mit der zweiten Verdrahtung verbunden ist.

12. Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit einer Mehrzahl von Speicherzellen (MC) zum magnetischen Datenspeichern, wobei die Mehrzahl von Speicherzellen in einer Matrix angeordnet ist; einer ersten Verdrahtung (BL, WWL) zum Anlegen eines Schreibmagnetfelds an eine für den Datenschreibbetrieb ausgewählte Speicherzelle; und einer zweiten Verdrahtung (PL, GL, WCL, /WCL), die weiter entfernt von der Mehrzahl von Speicherzellen bereitgestellt ist als die erste Verdrahtung, zum Zuführen eines Stroms zum Erzeugen des Schreibmagnetfelds zu der ersten Verdrahtung; wobei sich im Datenschreibbetrieb die von der ersten und zweiten Verdrahtung erzeugten Magnetfelder zumindest in einem Teil eines Bereichs entlang einer Längsrichtung der ersten und zweiten Verdrahtung gegenseitig aufheben.

13. Magnetische Dünnspeichervorrichtung nach Anspruch 12, bei der sich die erste Verdrahtung (BL, WWL) und die zweite Verdrahtung (PL, GL, WCL, /WCL) in eine selbe Richtung erstrecken.

14. Magnetische Dünnspeichervorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, bei der die erste Verdrahtung (BL) für jede vorgesehene Gruppe von Speicherzellen (MC) bereitgestellt ist; die zweite Verdrahtung (PL, GL, WCL, /WCL) beinhaltet: eine erste Versorgungsleitung (PL, WCL), die sich in dieselbe Richtung erstreckt wie die erste Verdrahtung, zum Zuführen entweder der ersten oder der zweiten Spannung (Vcc, GND); eine zweite Stromversorgungsleitung (GL, /WCL), die

sich in dieselbe Richtung erstreckt wie die erste Verdrahtung, zum Zuführen der jeweils anderen Spannung; und die magnetische Dünnspeichervorrichtung weiter beinhaltet:

eine erste Treiberschaltung (BDVa, BDVa'), die an einem Ende jeder der ersten Verdrahtungen bereitgestellt ist, zum Verbinden entweder der ersten oder der zweiten Versorgungsleitung mit diesem einen Ende, wenn die entsprechende Gruppe von Speicherzellen für den Datenschreibbetrieb ausgewählt ist; und eine zweite Treiberschaltung (BDVb, BDVb'), die an dem anderen Ende jeder der ersten Verdrahtungen bereitgestellt ist, zum Verbinden der jeweils anderen ersten bzw. zweiten Versorgungsleitung mit diesem anderen Ende, wenn die entsprechende Gruppe von Speicherzellen für den Datenschreibbetrieb ausgewählt ist.

15. Magnetische Dünnspeichervorrichtung einem der Ansprüche 12 bis 14, bei der das von der ersten Verdrahtung (WWL) angelegte Magnetfeld hauptsächlich eine Komponente in der schwer zu magnetisierenden Richtung (HA) der Speicherzelle (MC) aufweist und ein durch die erste Verdrahtung fließender Strom ungeachtet der Schreibdaten (DIN) eine feste Richtung hat.

16. Magnetische Dünnspeichervorrichtung einem der Ansprüche 12 bis 15, bei der die zweite Verdrahtung (PL, GL, WCL, /WCL) für alle K ersten Verdrahtungen (BL, WWL) bereitgestellt ist (wobei K eine ganze Zahl größer gleich 2 ist) und im Datenschreibbetrieb der Datenschreibstrom zumindest einer der K ersten Verdrahtungen zugeführt wird, die derselben zweiten Verdrahtung zugeordnet sind.

17. Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit einer Mehrzahl von Speicherzellen (MC) zum magnetischen Datenspeichern, wobei die Mehrzahl von Speicherzellen in eine Mehrzahl von Bänken (BAa, BAb) aufgeteilt ist; eine Mehrzahl von peripheren Schaltungen (5a, 5b), die entsprechend der Mehrzahl von Bänken bereitgestellt ist, jede zum Durchführen zumindest eines Datenschreibbetriebs in eine entsprechend Bank; und eine Mehrzahl von Versorgungsleitungen (PLa, PLb, GLa, GLb), die entsprechend der Mehrzahl von peripheren Schaltungen bereitgestellt ist, jede jeweils zum Zuführen einer Betriebsspannung (Vcc, GND) zu einer entsprechenden peripheren Schaltung; wobei die Mehrzahl von Bänken in jedem Datenschreibbetrieb selektiv beschrieben wird und jede der Versorgungsleitungen in einem Bereich bereitgestellt ist, der zumindest einer der Bänke entspricht, die nicht die entsprechende Bank sind bzw. die nicht eine Bank sind, die gleichzeitig mit der ent-

sprechenden Bank beschrieben wird.

18. Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit einer Mehrzahl von Speicherzellen (MC) zum magnetischen Datenspeichern, wobei die Mehrzahl von Speicherzellen in einer Matrix angeordnet ist; einer Mehrzahl von ersten Schreibleitungen (BL), die jeweils entweder den Speicherzellenzeilen oder den Speicherzellenspalten entsprechend bereitgestellt ist, zum selektiven Empfangen eines Datenschreibstroms hauptsächlich zum Anlegen eines Magnetfelds in der leicht zu magnetisierenden Richtung (EA) an eine ausgewählte Speicherzelle; einer Mehrzahl von zweiten Schreibleitungen (WWL), die jeweils den anderen von den Speicherzellenzeilen bzw. den Speicherzellenspalten entsprechend bereitgestellt ist, zum selektiven Empfangen eines Datenschreibstroms hauptsächlich zum Anlegen eines Magnetfelds in der schwer zu magnetisierenden Richtung (HA) an die ausgewählte Speicherzelle; und einer Mehrzahl von Verdrahtungen, die aus einem elektrisch leitenden Material ausgebildet sind; wobei ein Magnetfeldrestabstand (ΔMe) in der leicht zu magnetisierenden Richtung und ein Magnetfeldrestabstand (ΔMh) in der schwer zu magnetisierenden Richtung verschiedene Werte haben, wenn diese Zelle sowohl einer Magnetfeldstörung ausgesetzt ist, die von einer nächstliegenden der ersten Schreibleitungen erzeugt wird, die nicht die entsprechende erste Schreibleitung ist, als auch einer Magnetfeldstörung, die von einer nächstliegenden der zweiten Schreibleitungen erzeugt wird, die nicht die entsprechende zweite Schreibleitung ist; und eine aus der Mehrzahl von Verdrahtungen, die am nächsten zu der Speicherzelle angeordnet ist, sich in eine solche Richtung erstreckt, dass ein durch einen durch sie fließenden Strom erzeugtes Magnetfeld in den Speicherzellen hauptsächlich eine Komponente entweder in der leicht zu magnetisierenden Richtung oder in der schwer zu magnetisierenden Richtung aufweist, die einem größeren Magnetfeldrestabstand entspricht.

19. Magnetische Dünnspeichervorrichtung mit einer Mehrzahl von Speicherzellen (MC) zum magnetischen Datenspeichern, wobei die Mehrzahl von Speicherzellen in einer Matrix angeordnet ist; einer Mehrzahl von ersten Schreibleitungen (BL), die jeweils entweder den Speicherzellenzeilen oder den Speicherzellenspalten entsprechend bereitgestellt ist, zum selektiven Empfangen eines Datenschreibstroms hauptsächlich zum Anlegen eines Magnetfelds in der leicht zu magnetisierenden Richtung (EA) an eine ausgewählte Speicherzelle; einer Mehrzahl von zweiten Schreibleitungen (WWL), die jeweils den anderen von den Speicherzellenzeilen bzw. den Speicherzellenspalten entsprechend

bereitgestellt ist, zum selektiven Empfangen eines Datenschreibstroms hauptsächlich zum Anlegen eines Magnetfelds in der schwer zu magnetisierenden Richtung (HA) an die ausgewählte Speicherzelle; und einer Versorgungsleitung (PL, GL), die in einem Pfad des Datenschreibstroms enthalten ist; wobei ein Magnetfeldrestabstand (ΔMe) in der leicht zu magnetisierenden Richtung und ein Magnetfeldrestabstand (ΔMh) in der schwer zu magnetisierenden Richtung verschiedene Werte haben, wenn diese Zelle sowohl einer Magnetfeldstörung ausgesetzt ist, die von einer nächstliegenden der ersten Schreibleitungen erzeugt wird, die nicht die entsprechende erste Schreibleitung ist, als auch einer Magnetfeldstörung, die von einer nächstliegenden der zweiten Schreibleitungen erzeugt wird, die nicht die entsprechende zweite Schreibleitung ist; und die Versorgungsleitung sich in eine solche Richtung erstreckt, dass ein durch einen durch sie fließenden Strom erzeugtes Magnetfeld in den Speicherzellen hauptsächlich eine Komponente entweder in der leicht zu magnetisierenden Richtung oder in der schwer zu magnetisierenden Richtung aufweist, die einem größeren Magnetfeldrestabstand entspricht.

Es folgen 26 Blatt Zeichnungen

FIG.1

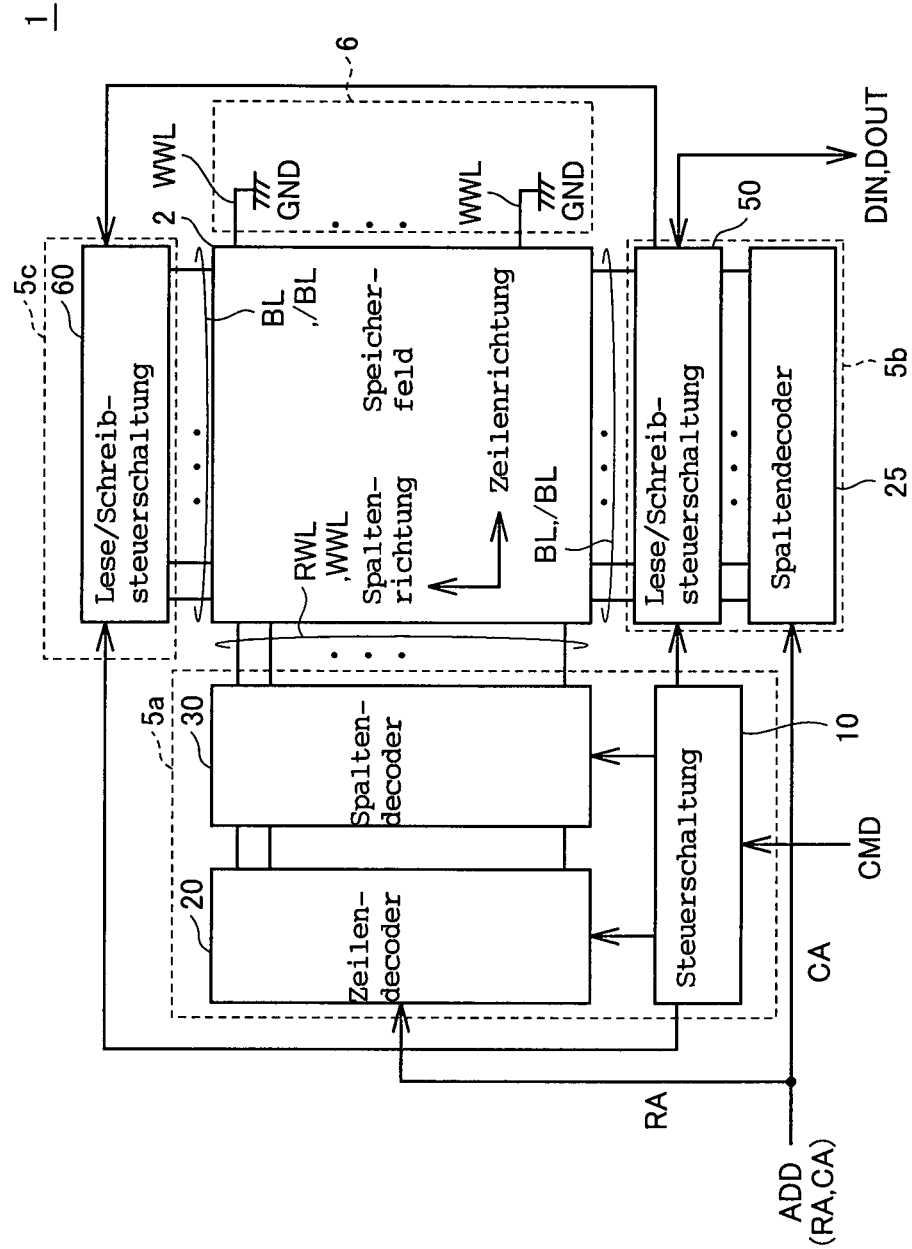


FIG.2

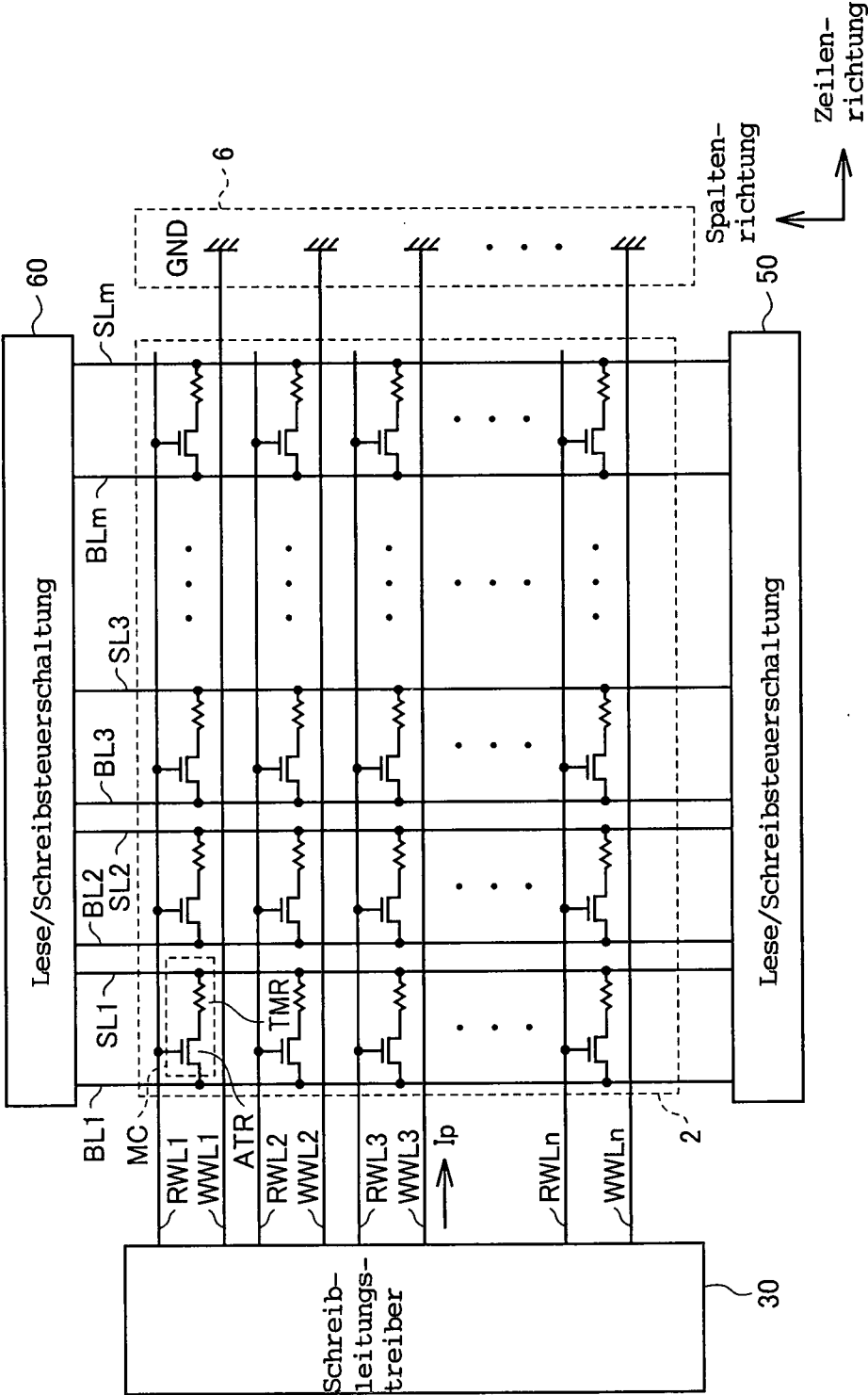


FIG.3

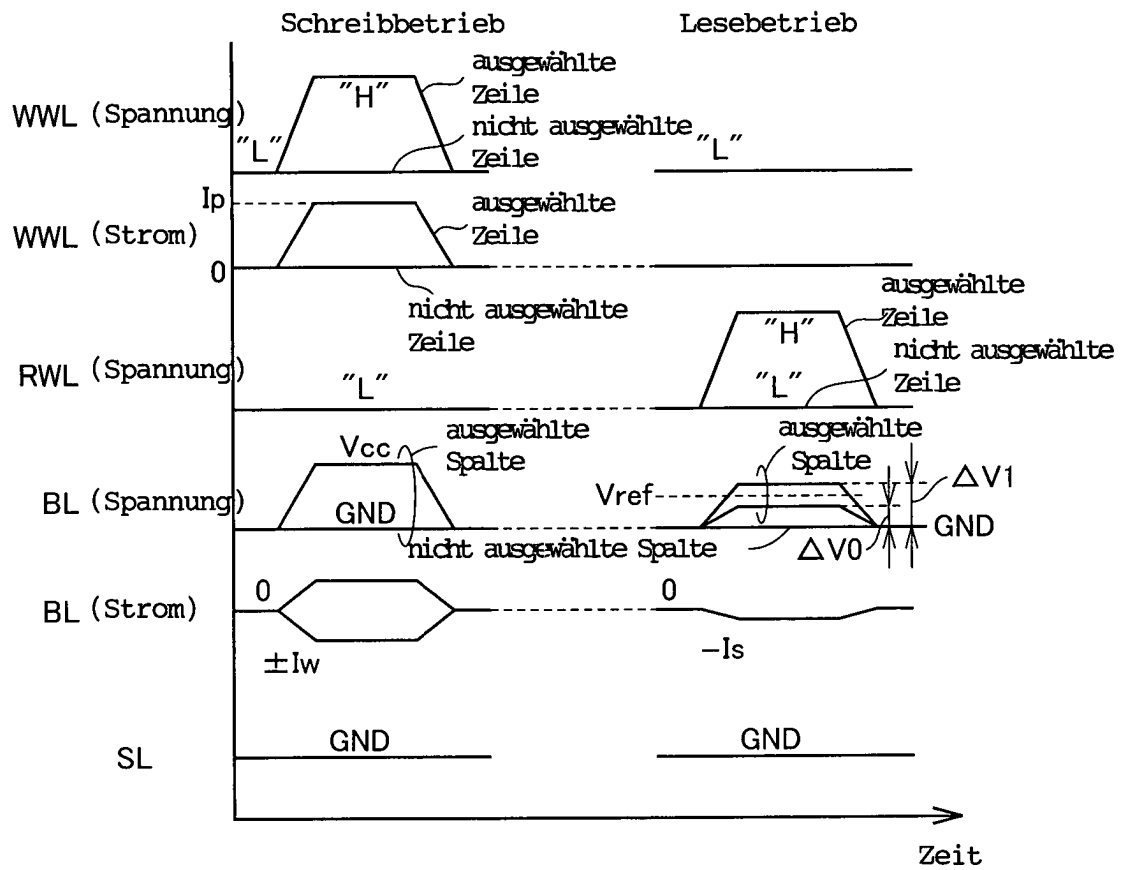


FIG.4

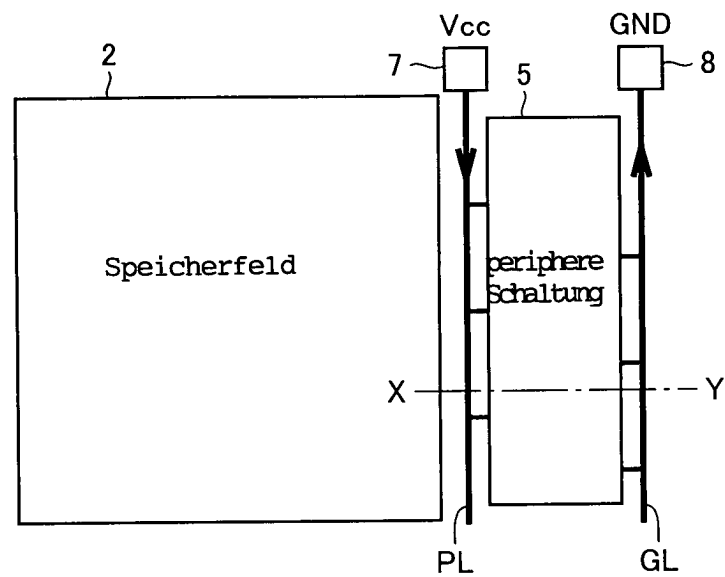


FIG.5

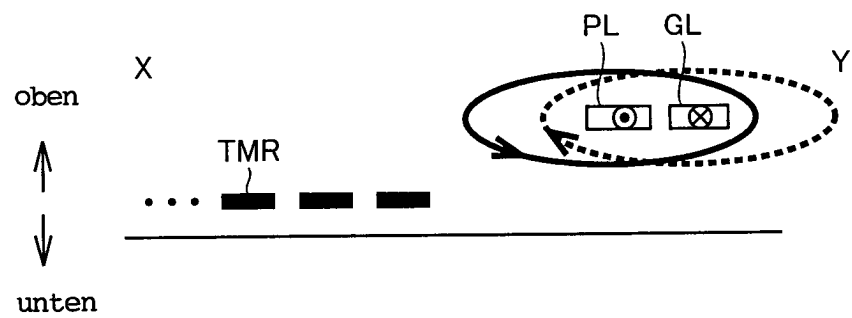


FIG.6

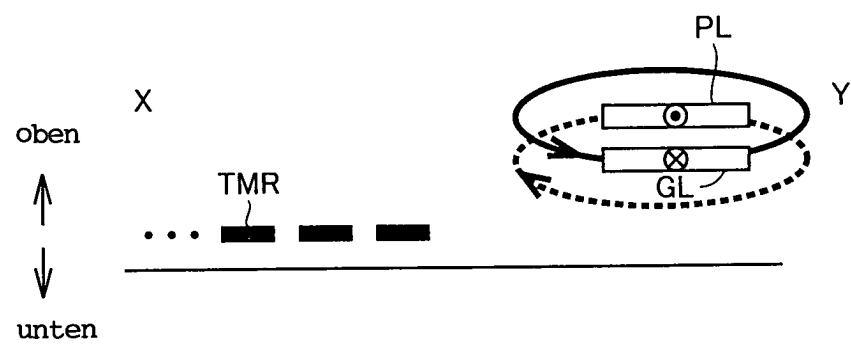


FIG.7

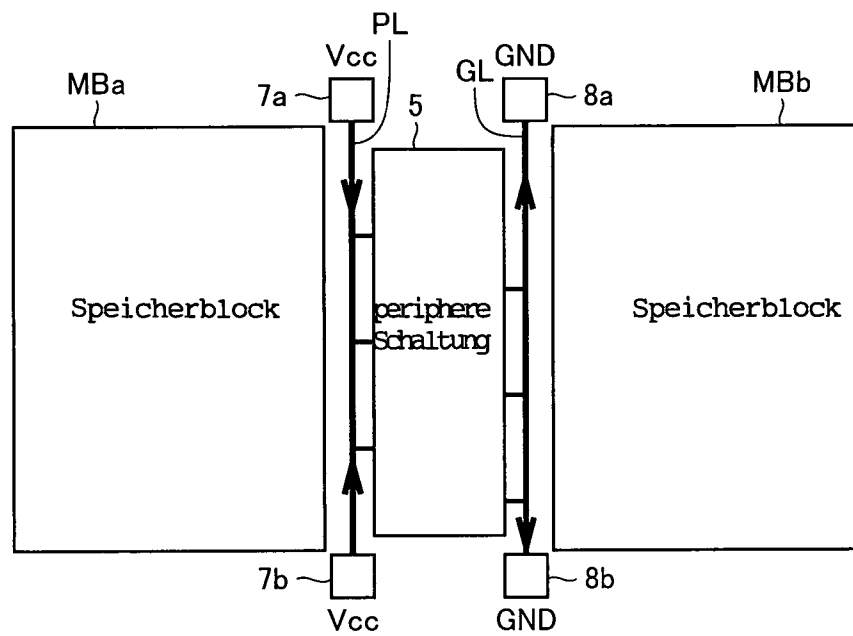


FIG.8

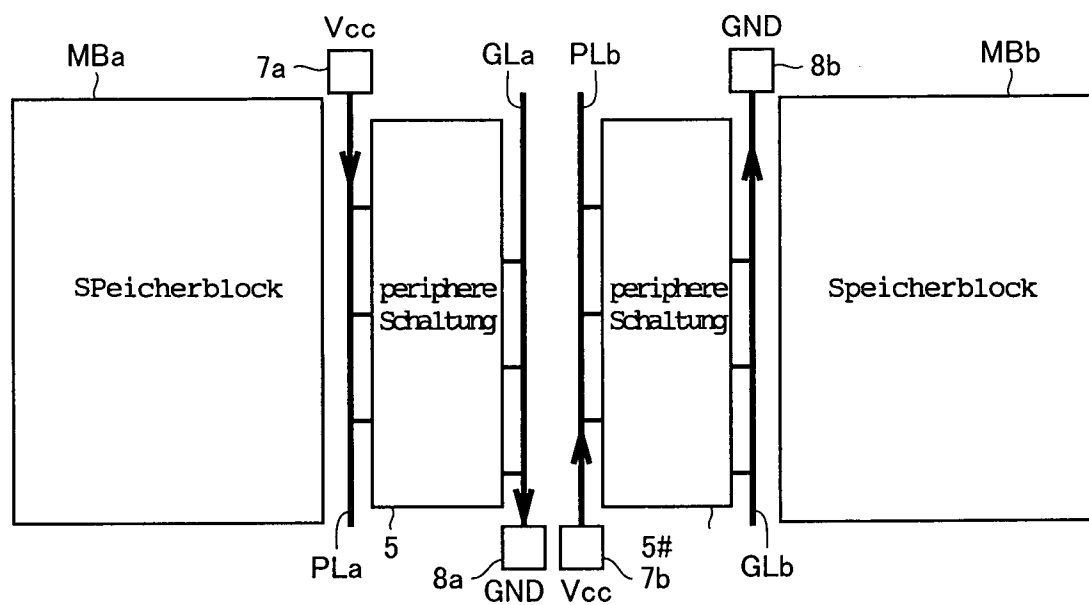


FIG.9

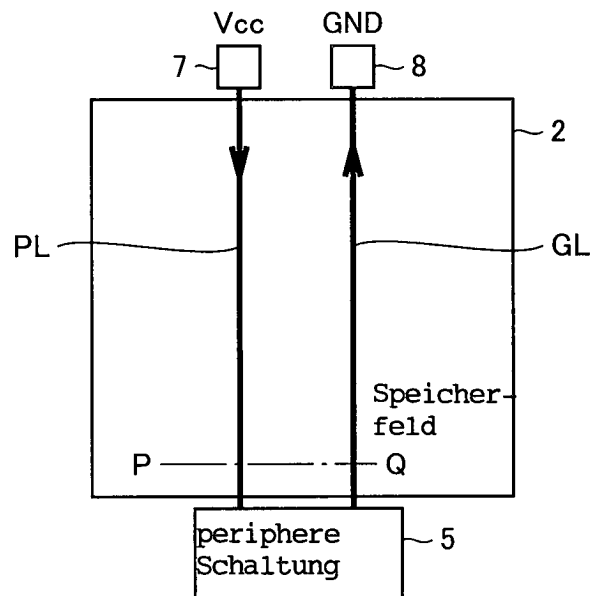


FIG.10A

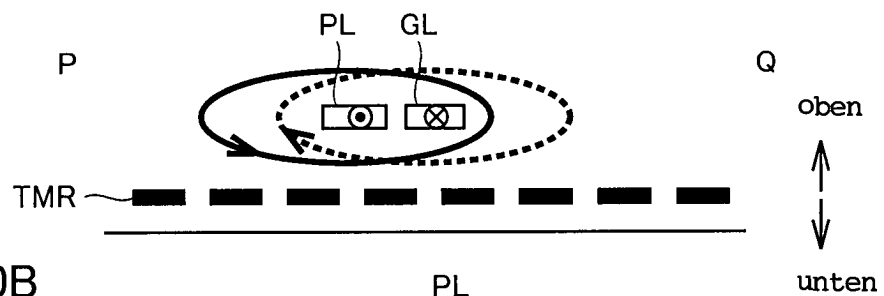


FIG.10B

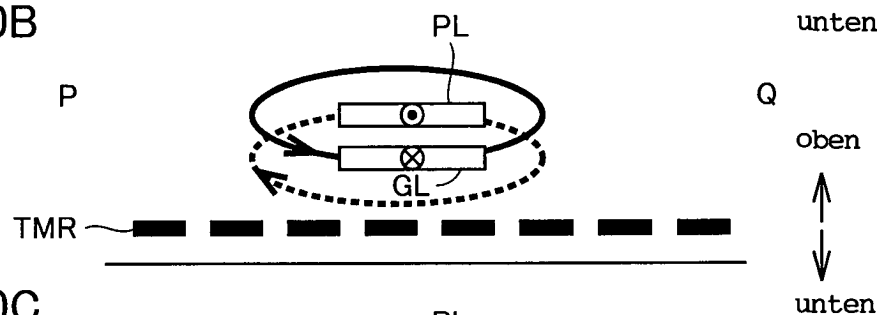


FIG.10C

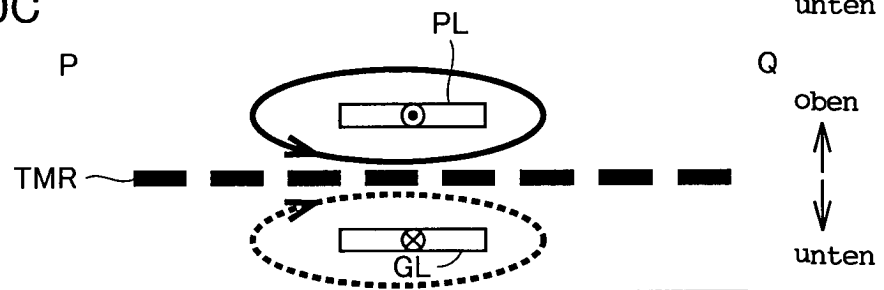


FIG.11

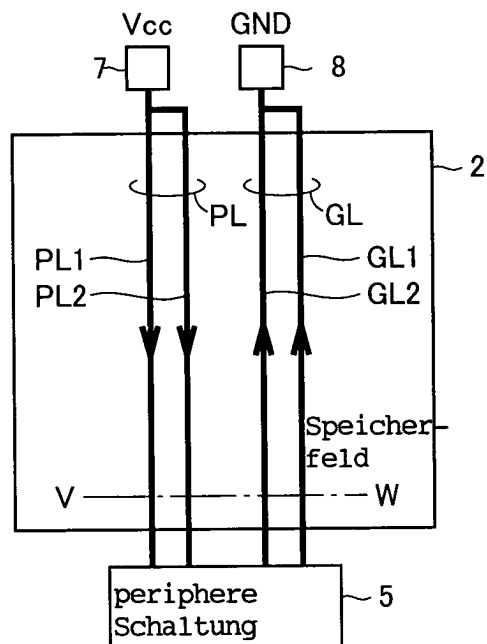


FIG.12A

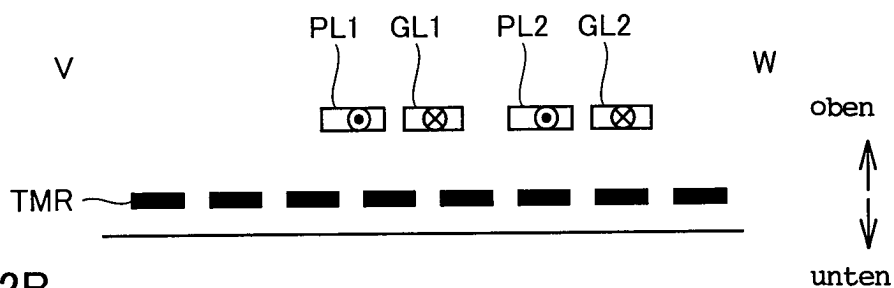


FIG.12B

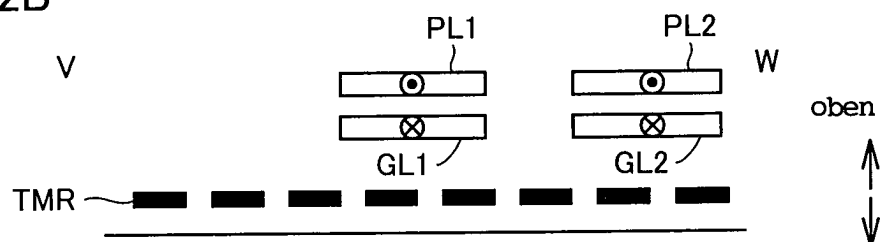


FIG.12C

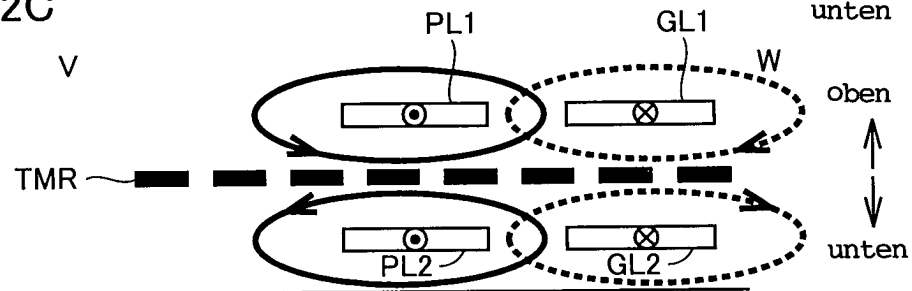


FIG.13

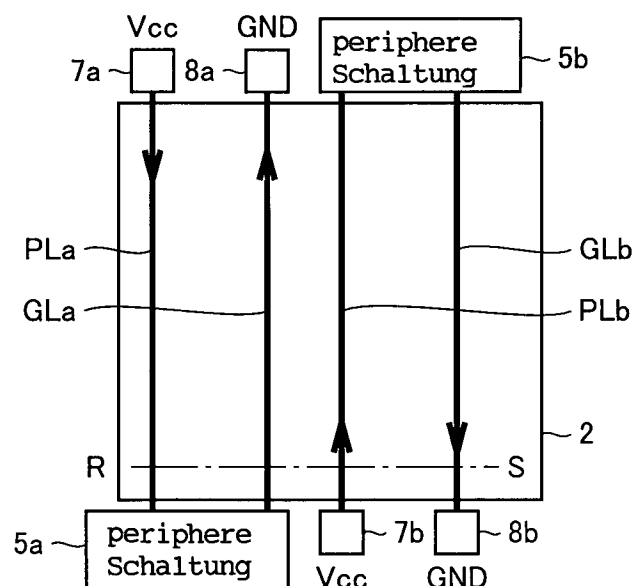


FIG.14A

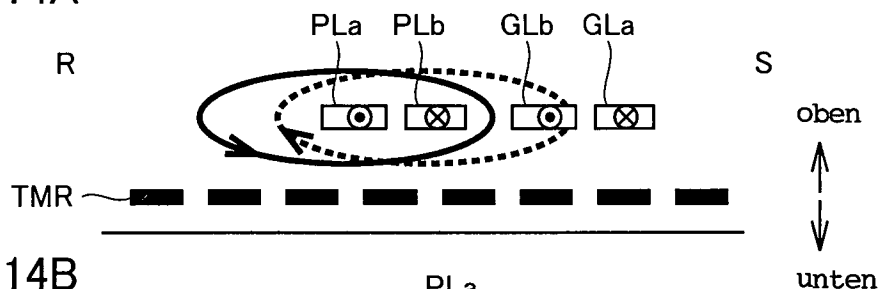


FIG.14B

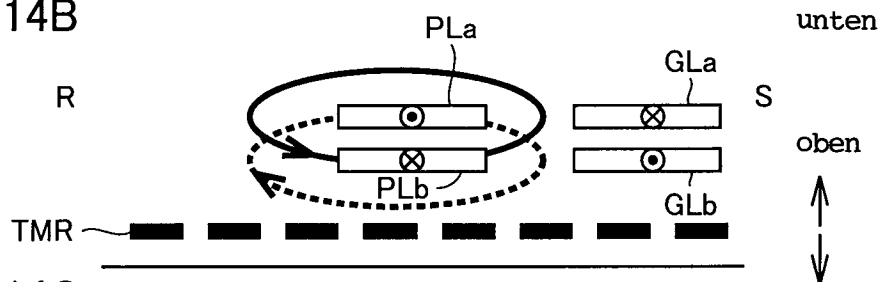


FIG.14C

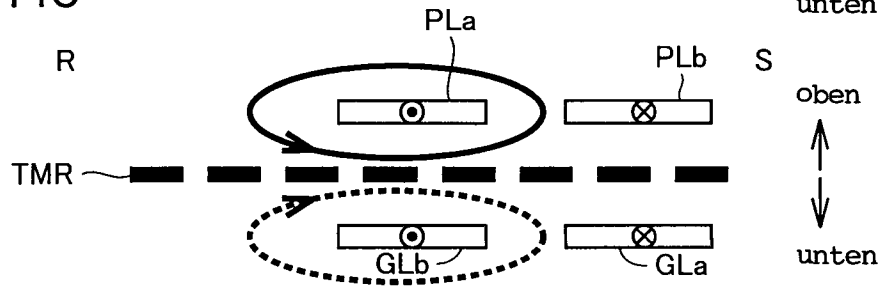


FIG.15

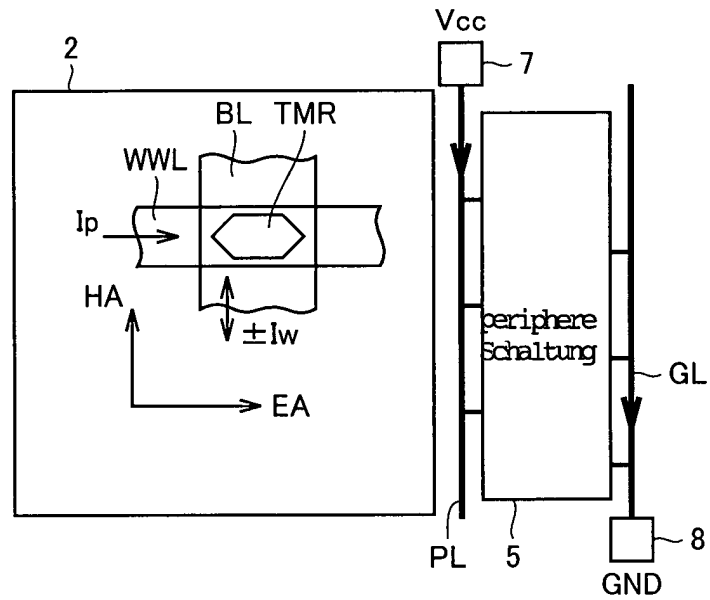


FIG.16

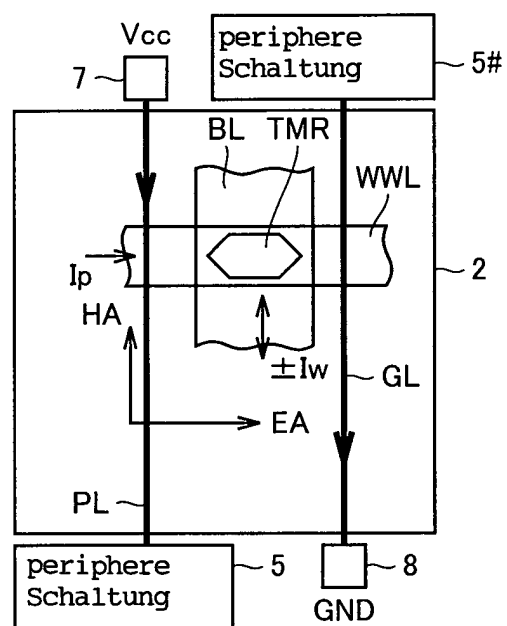


FIG.17

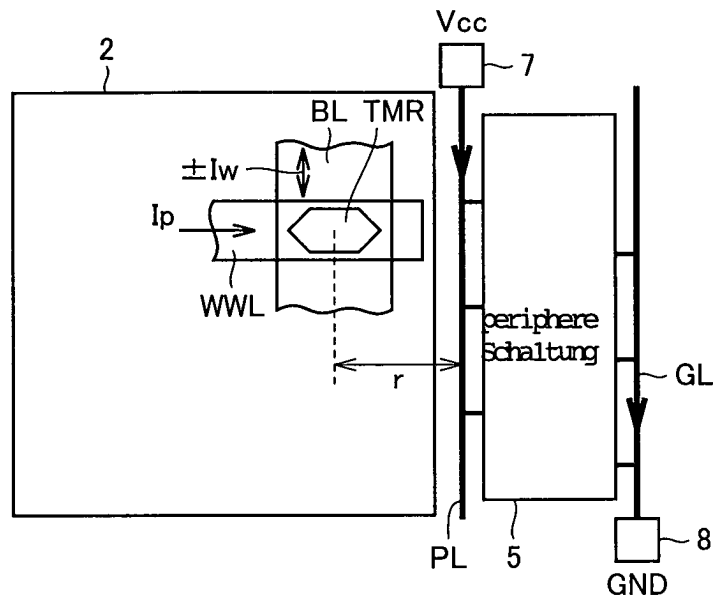


FIG.18

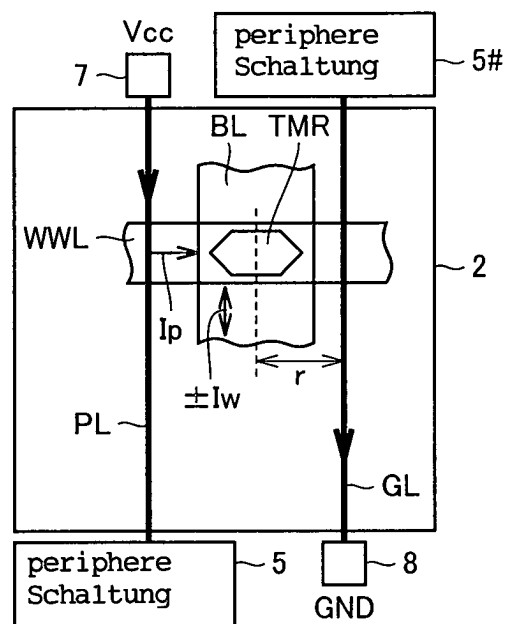


FIG.19

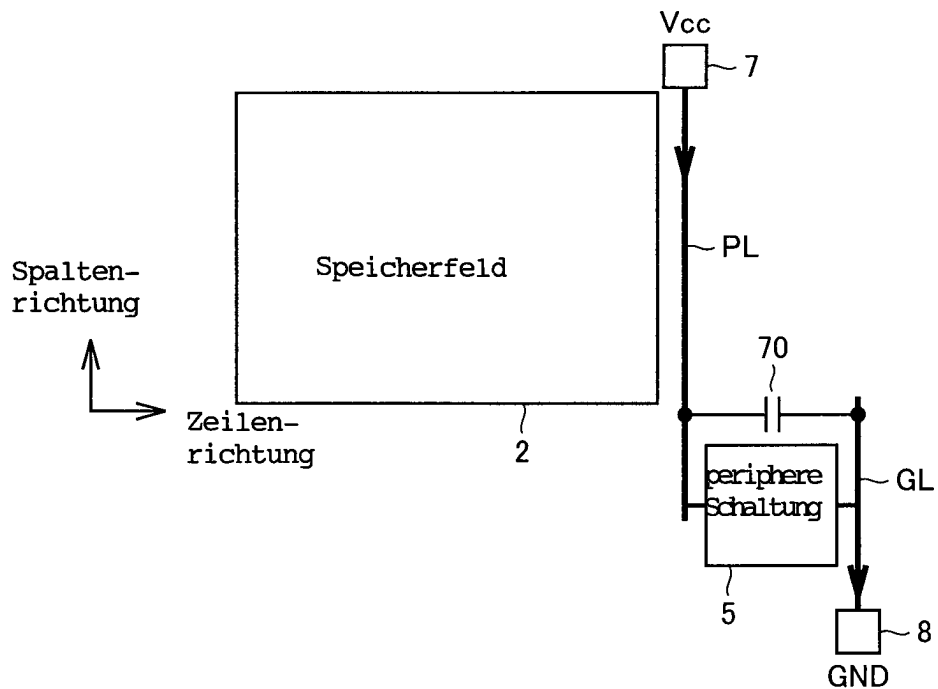


FIG.20

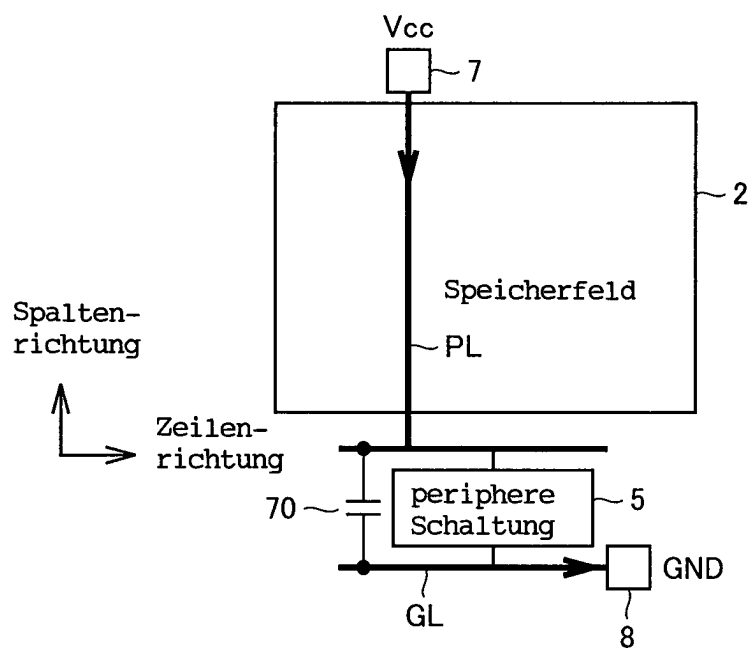


FIG.21

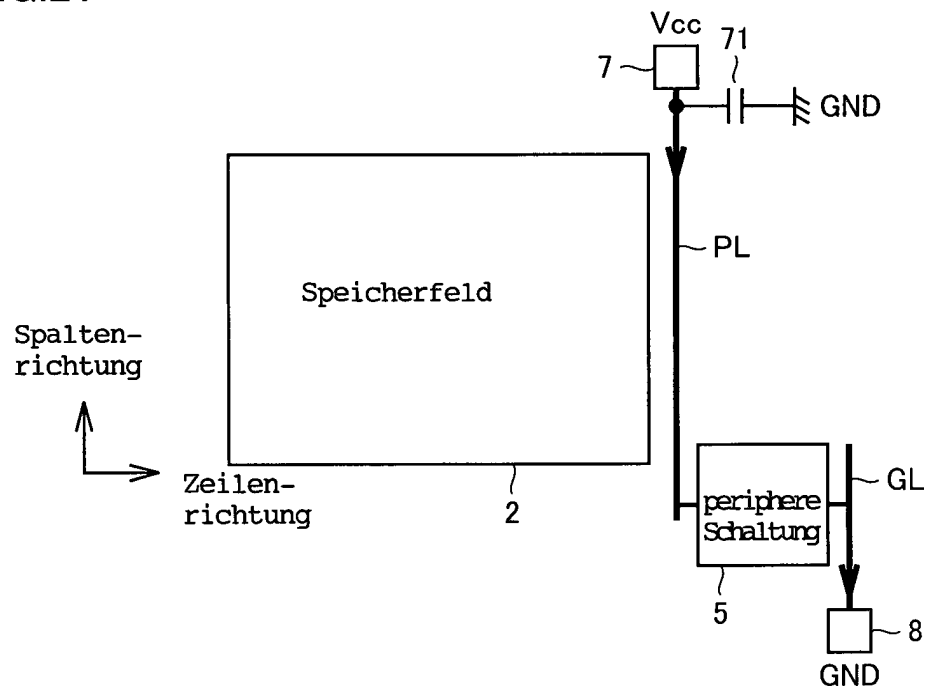


FIG.22

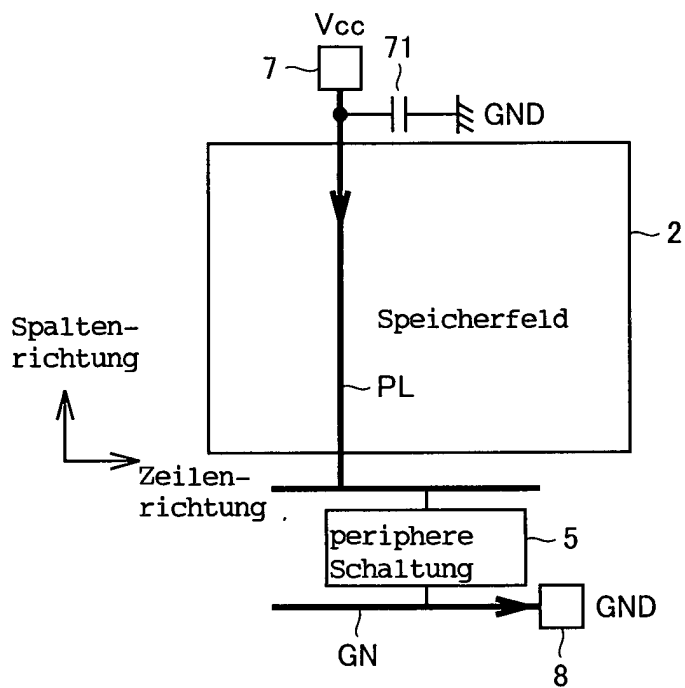


FIG.23

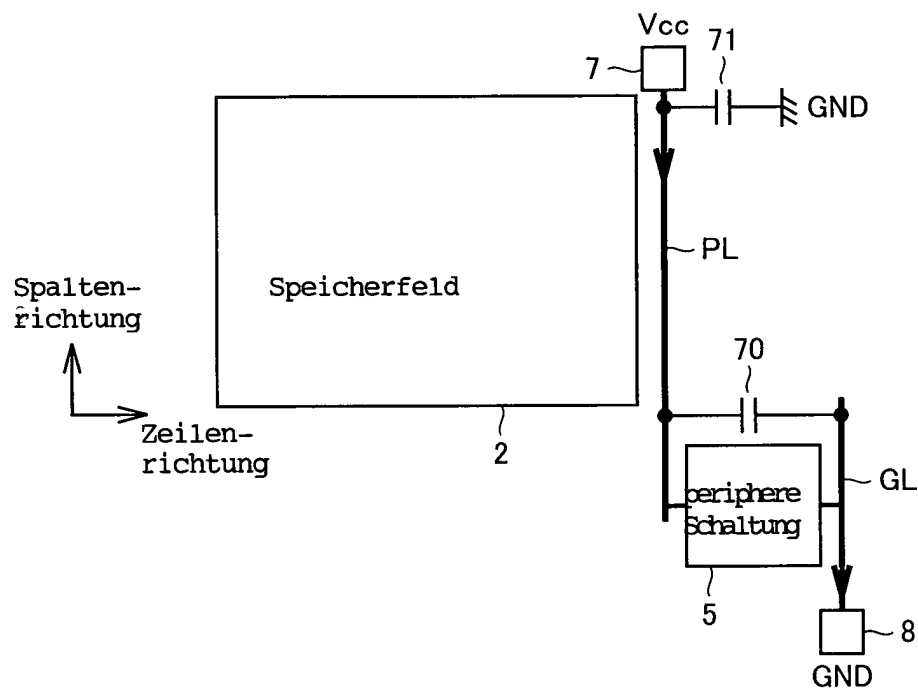


FIG.24

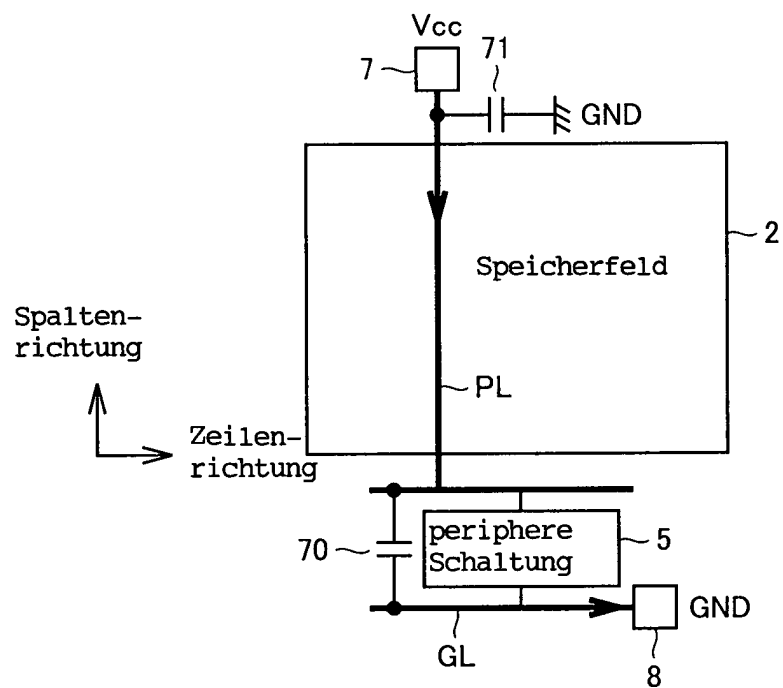


FIG. 25

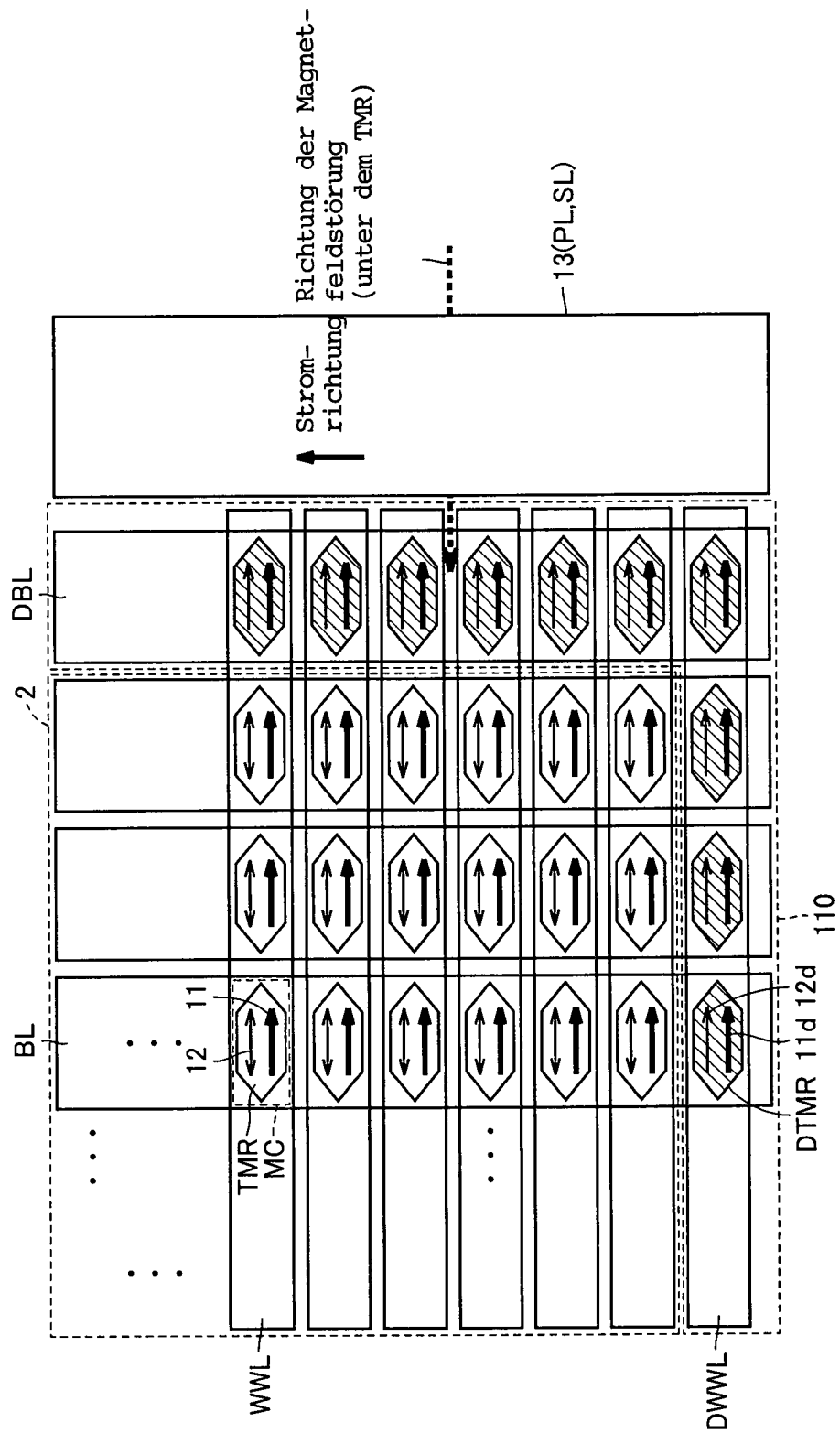


FIG.26

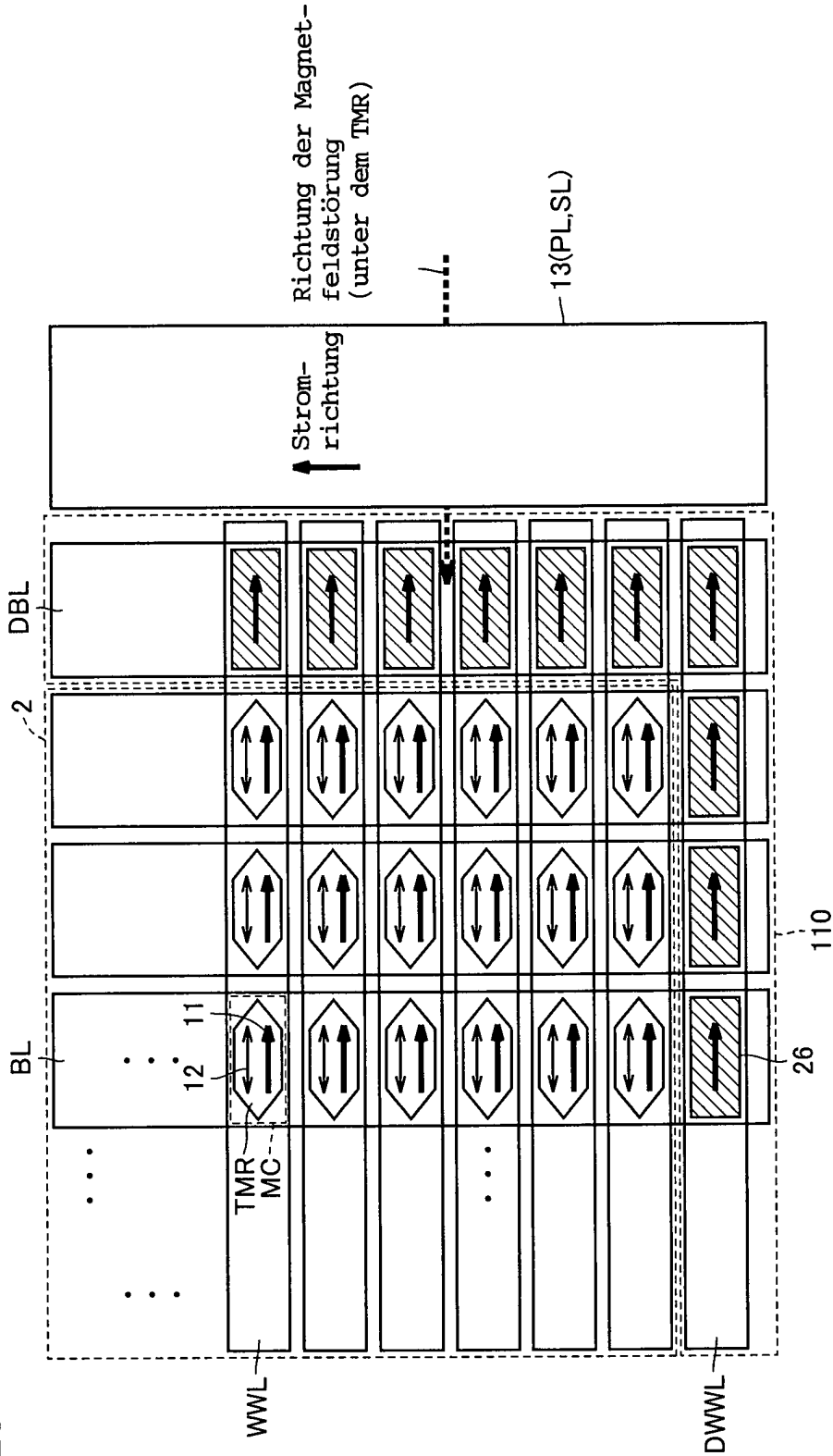


FIG.27

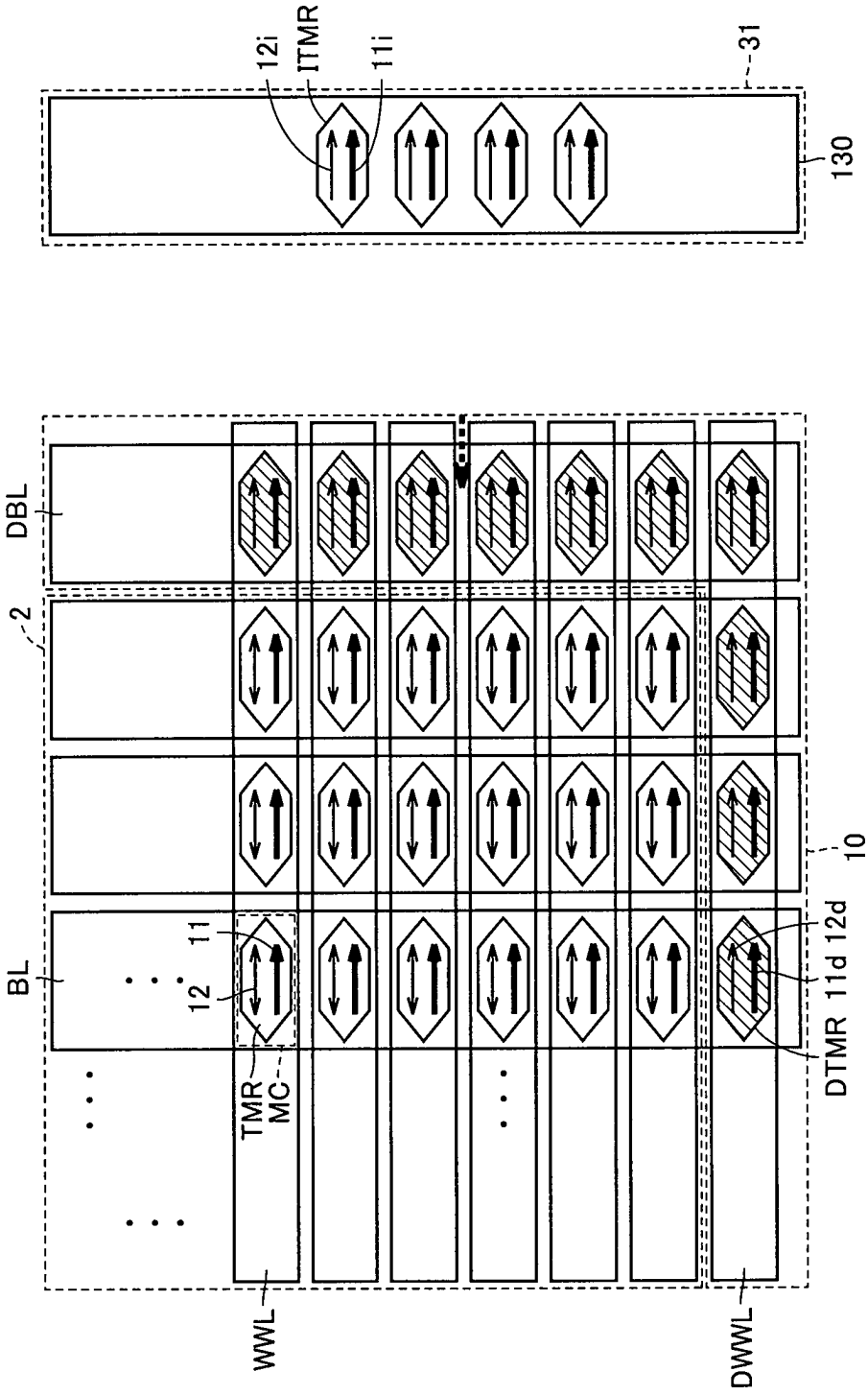


FIG.28

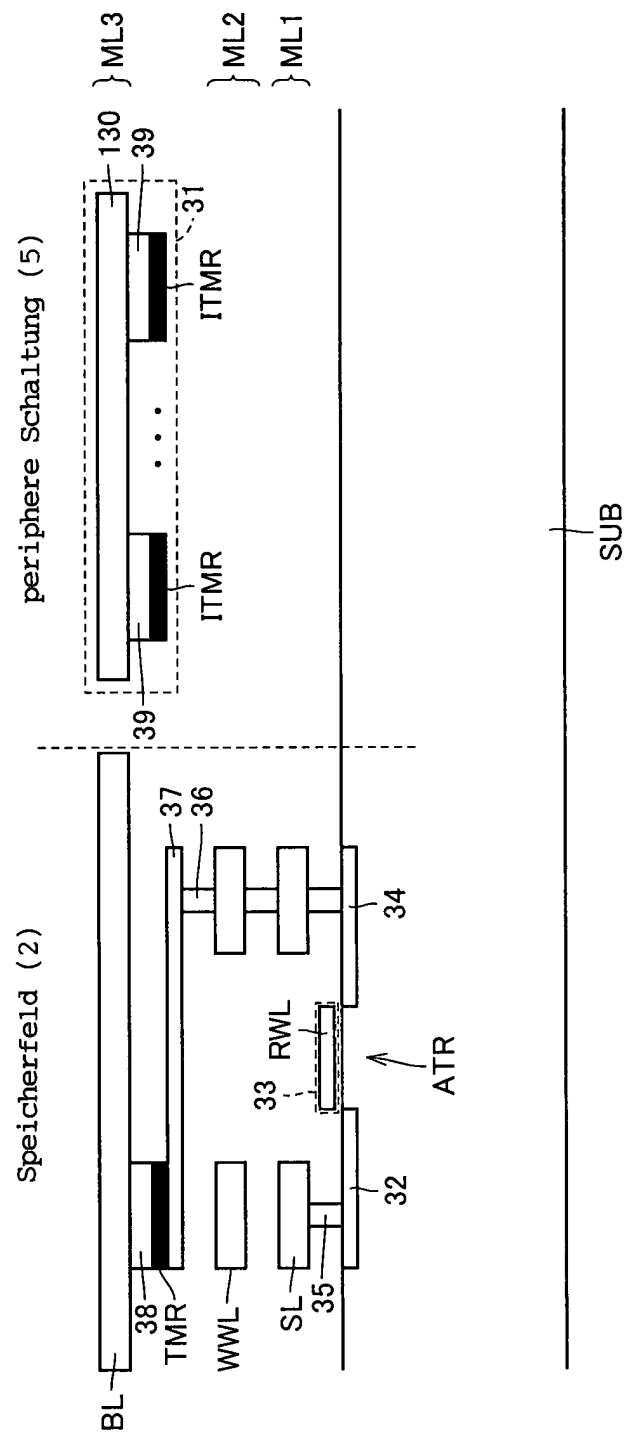


FIG.29

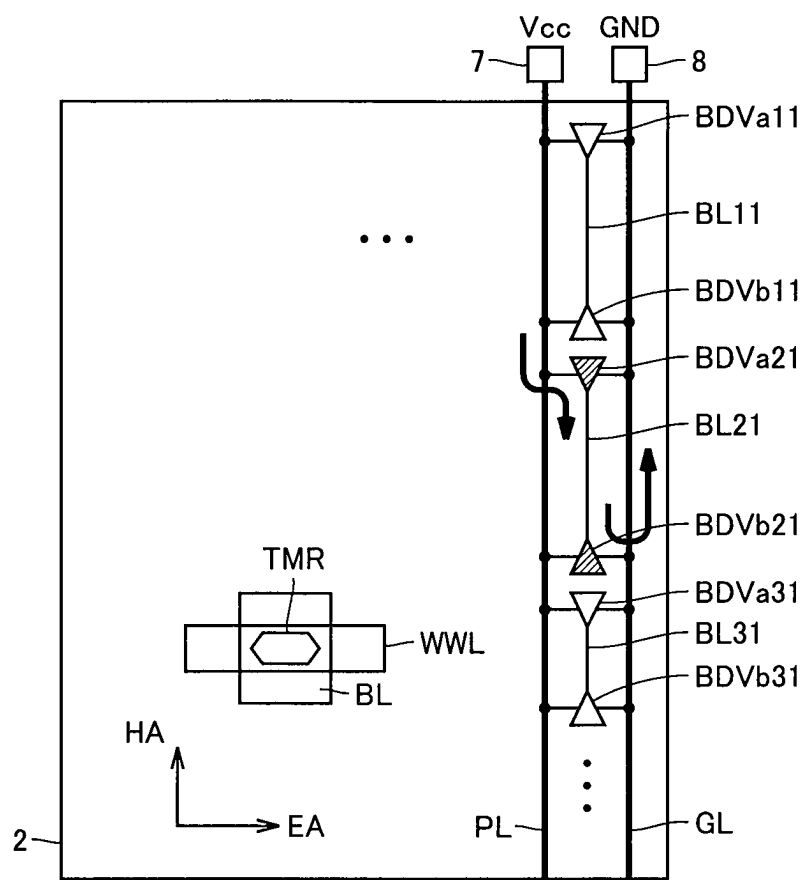


FIG.30

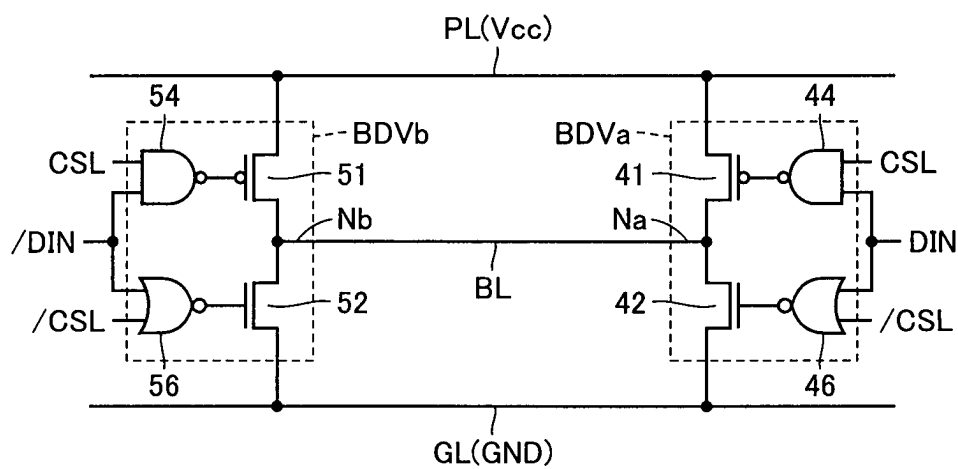


FIG.31

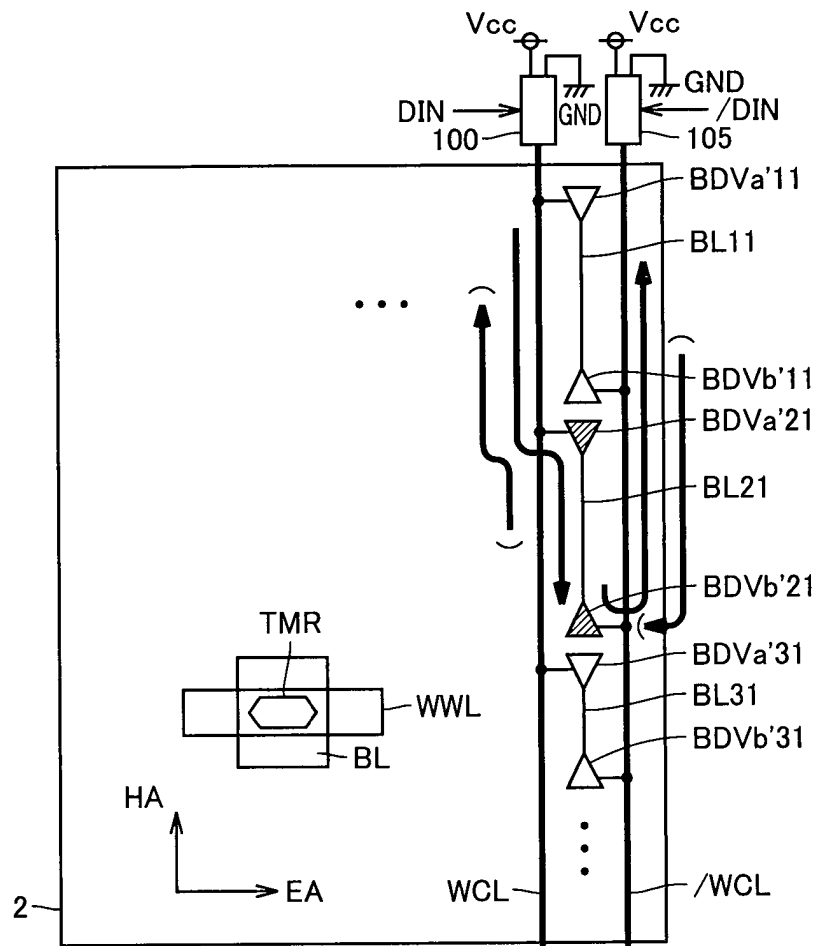


FIG.32

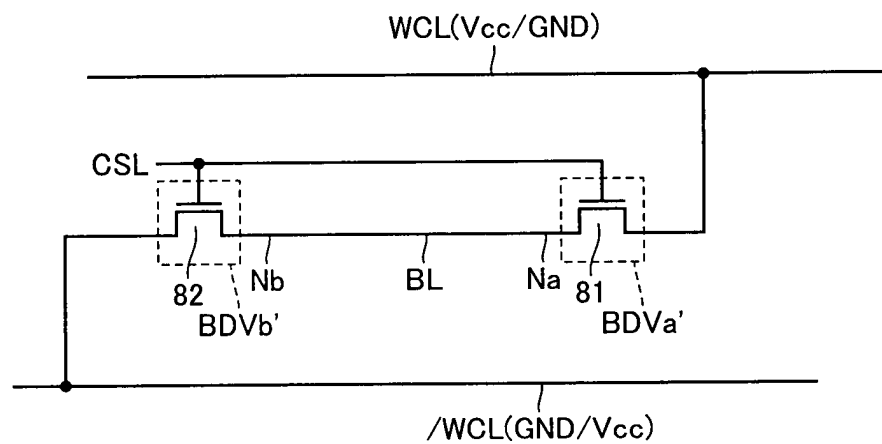


FIG.33

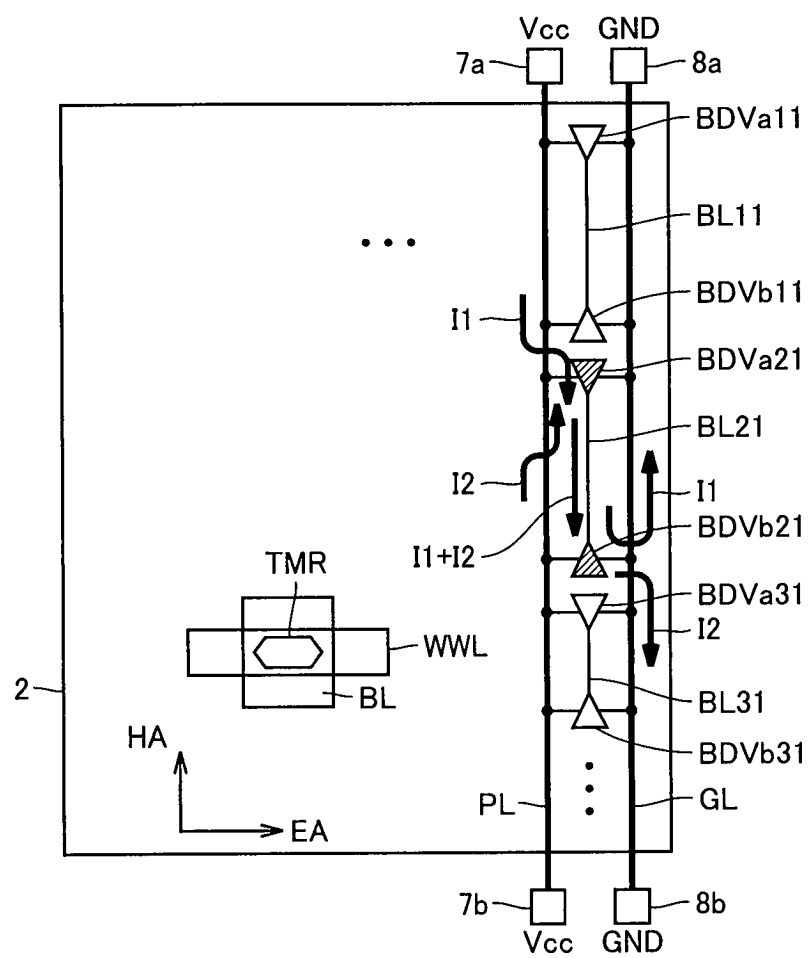


FIG.34

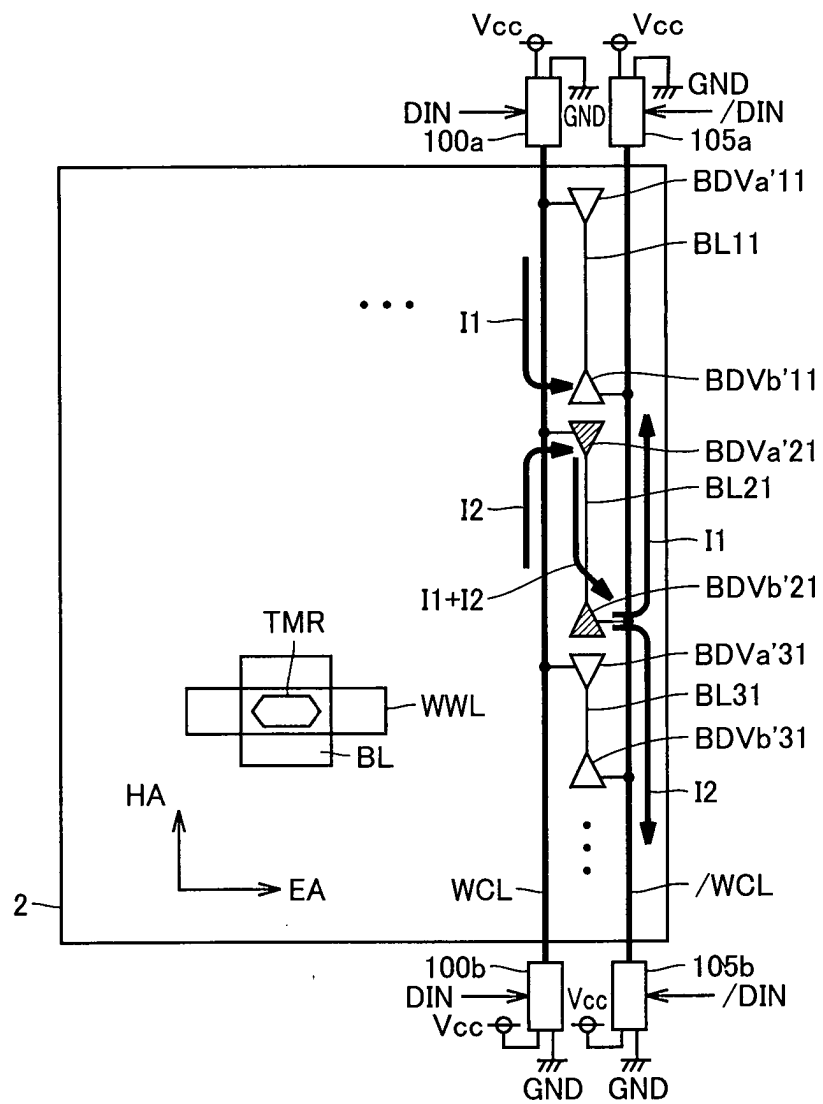


FIG.35

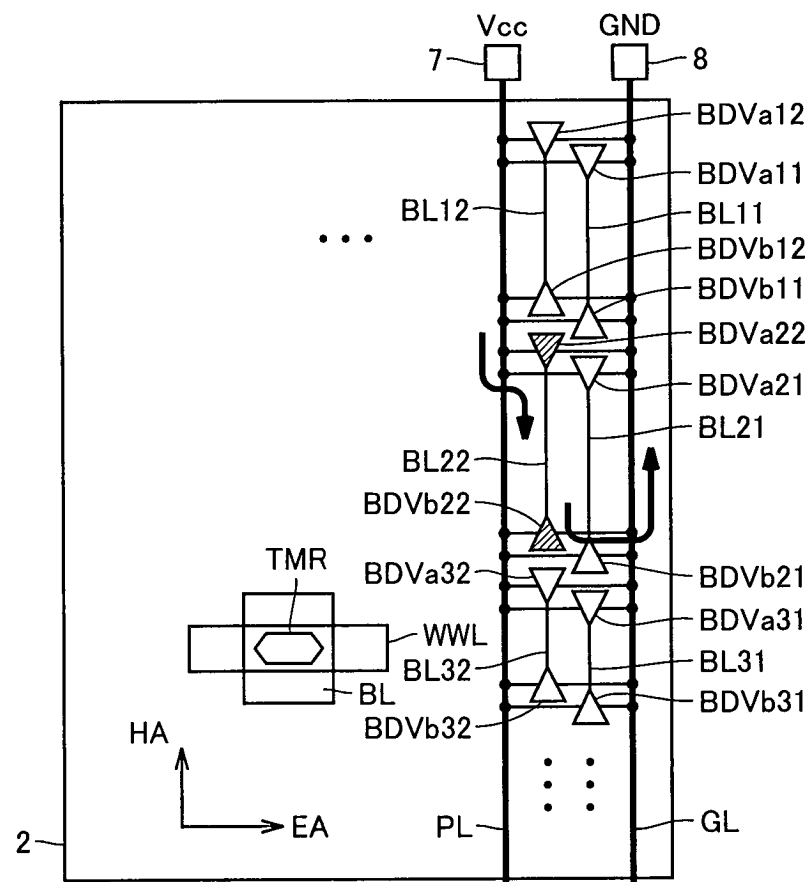


FIG.36

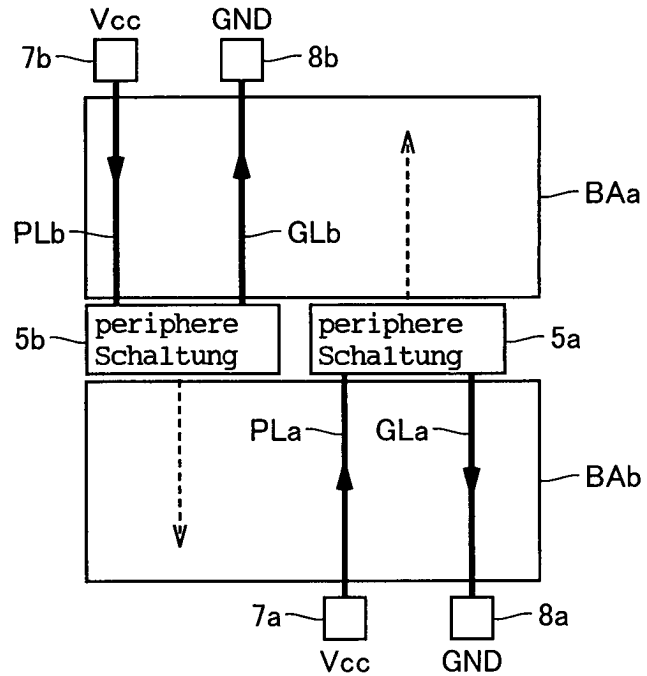


FIG.37

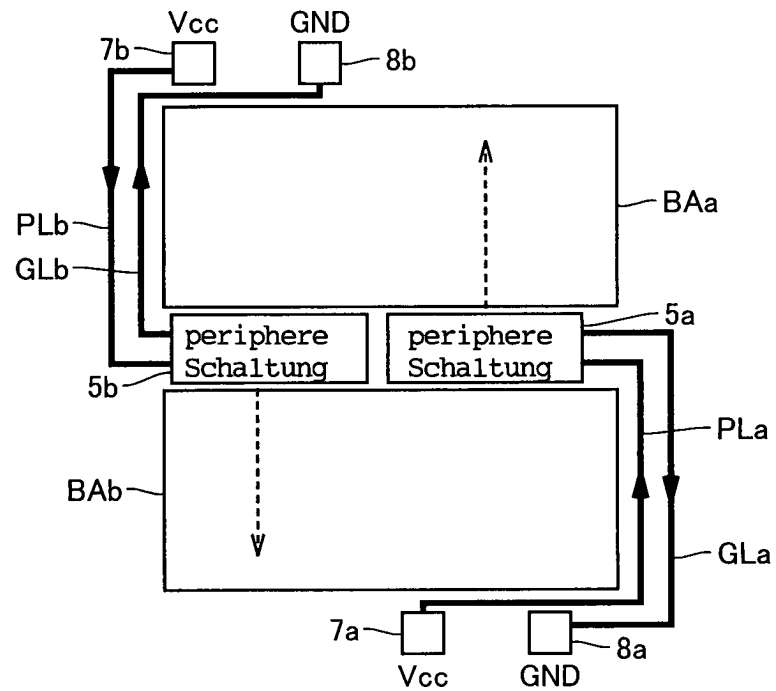


FIG.38

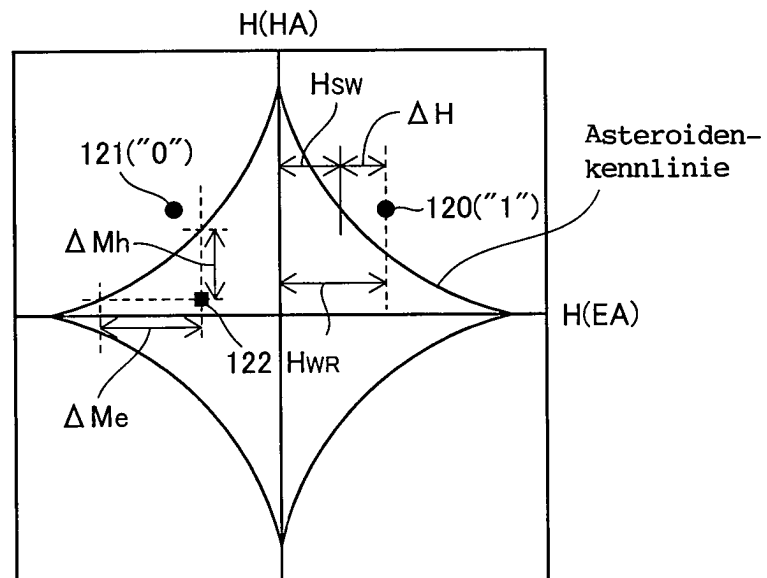


FIG.39

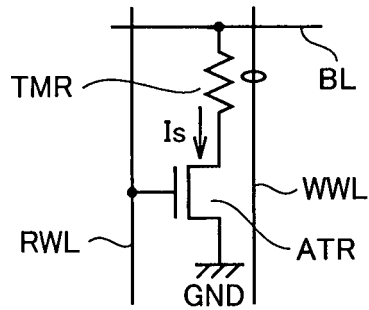


FIG.40

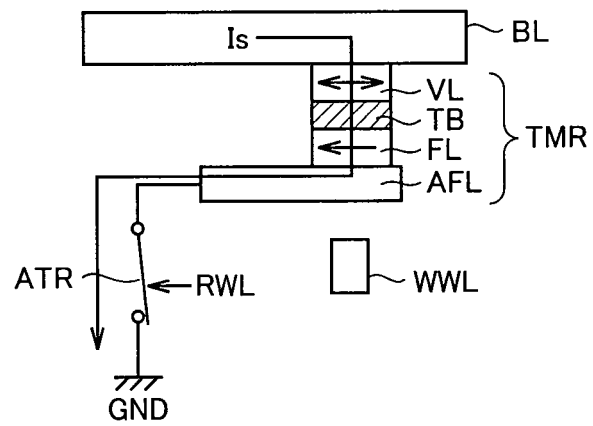


FIG.41

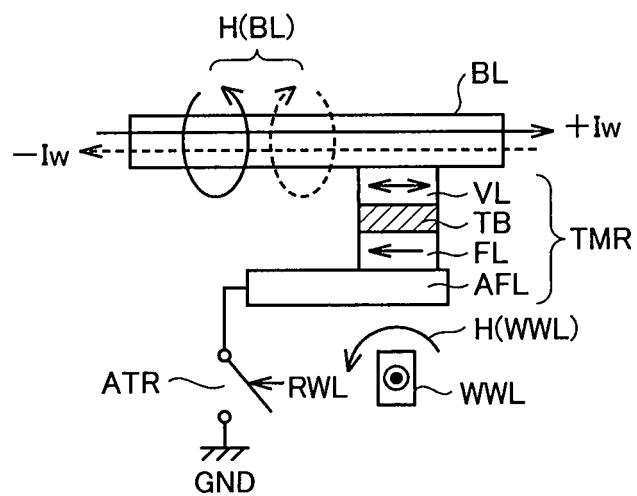


FIG.42

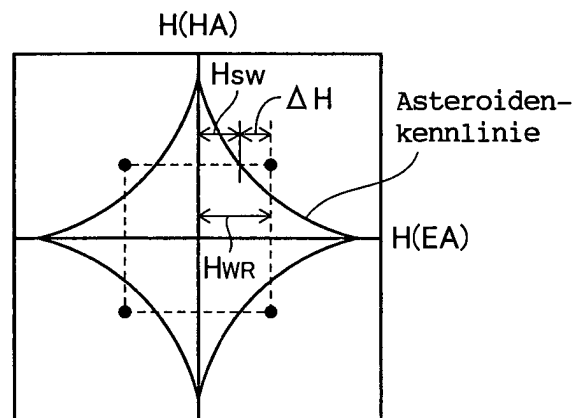


FIG.43

