

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet nichtflüchtiger Halbleiterspeicherchips.

Stand der Technik

HINTERGRUND

[0002] Magnetische (oder magnetoresistive) Speicher mit wahlfreiem Zugriff (MRAM) stellen eine nichtflüchtige Speichertechnologie mit Zugriff dar, die das Potential aufweist dynamische Speicher mit wahlfreiem Zugriff (DRAM) als Standardspeicher für Computer zu ersetzen. Eine magnetische Speicherzelle (ebenso als magnetoresistive Tunnel- oder TMR-Bauelement bezeichnet) weist eine Struktur mit ferromagnetischen Schichten auf, die jeweils einen resultierenden magnetischen Momentvektor aufweisen und voneinander durch eine nichtmagnetische Schicht (Tunnelbarriere) getrennt sind und als magnetischer Tunnelübergang (MTJ) angeordnet sind. Digitale Information wird in der magnetischen Speicherzelle gespeichert und ist dort durch die Richtungen der magnetischen Momentvektoren in den magnetischen Schichten gekennzeichnet. Insbesondere ist der resultierende magnetische Momentvektor einer ferromagnetischen Schicht magnetisch fixiert oder gepinnt (gewöhnlich als „Referenzschicht“ oder „gepinnte Schicht“ bezeichnet), während der resultierende magnetische Momentvektor der anderen ferromagnetischen Schicht (gewöhnlich als „freie Schicht“ bezeichnet) frei zwischen zwei bevorzugten Richtungen, d. h. derselben und entgegengesetzten Richtung hinsichtlich der festen magnetischen Richtung der Referenzschicht, umschaltbar ist. Die Orientierungen des magnetischen Momentvektors der freien Schicht sind ebenso jeweils als „parallele“ und „antiparallele“ Zustände bekannt, wobei ein paralleler Zustand sich auf dieselbe magnetische Ausrichtung von freier Schicht und Referenzschicht bezieht, während ein antiparalleler Zustand entgegengesetzte magnetische Ausrichtungen betrifft. Entsprechend wird ein Speicherzustand einer magnetischen Speicherzelle nicht durch Energieversorgung wie in DRAMs aufrechterhalten, sondern durch die Richtung des magnetischen Momentvektors der freien Schicht bezüglich der Richtung des magnetischen Momentvektors der Referenzschicht.

[0003] Abhängig von den magnetischen Zuständen der freien Schicht (d. h. parallele oder antiparallele Zustände), weist die magnetische Speicherzelle zwei verschiedene Widerstandswerte bezüglich einer über der magnetischen Tunnelübergangsbarriere angelegten Spannung auf. Der bestimmte Widerstand des TMR-Bauelements spiegelt somit den magnetischen Zustand der freien Schicht wider, wobei der Wider-

stand „gering“ ist, falls die Magnetisierung parallel liegt und „hoch“ ist, falls die Magnetisierung antiparallel liegt. Entsprechend gibt ein Detektieren von Widerstandsänderungen einem MRAM Bauelement die Möglichkeit, in dem magnetischen Speicherbauelement gespeicherte Information bereitzustellen, d. h. Information aus der magnetischen Speicherzelle zu lesen. Zusätzlich wird eine magnetische Speicherzelle durch die Anwendung von bi- oder unidirektionalen Strömen beschrieben, um die freie Schicht magnetisch in einem parallelen oder einem antiparallelen Zustand auszurichten.

[0004] Ein MRAM Chip schließt typischerweise eine Mehrzahl magnetischer Speicherzellen und weiterer Schaltkreise ein, wie etwa Steuerschaltkreise für magnetische Speicherzellen, Komparatoren zum Detektieren von Zuständen in einer magnetischen Speicherzelle, Input/Output-Schaltkreise und sonstige unterstützende Schaltkreise. Gewöhnlich werden magnetische Speicherzellen derart aufgebaut, dass diese innerhalb einer Back-End-Verdrahtungsanordnung einer CMOS Prozesskette am Ende der Fertigungskette (BEOL, Back-End-Of-Line) nachfolgend zu einer CMOS Prozessierung am Anfang der Fertigungskette (FEOL, Front-End-Of-Line) integriert werden.

[0005] Um für die heutzutage vorhandenen elektronischen Bauelemente nützlich zu sein, werden Arrays magnetischer Speicherzellen mit hoher Dichte in magnetischen Speicherbauelementen mit wahlfreiem Zugriff verwendet. In diesen Arrays hoher Dichte sind die magnetischen Zellen gewöhnlich in Zeilen und Spalten angeordnet, wobei einzelne Zellen zum Schreiben und Lesen durch die Auswahl einer geeigneten Zeile und Spalte, welche die gewünschte Zelle enthalten, adressiert werden können. Ebenso werden gewöhnlich zueinander senkrechte Stromleiterbahnen bereitgestellt, eine für jede Zeile und eine für jede Spalte, so dass eine ausgewählte Zelle durch Anlegen eines Stromes an die entsprechende Zeilen-Stromleiterbahn und an die entsprechende Spalten-Stromleiterbahn beschrieben wird.

[0006] In derart gängigen MRAM Zellen wird der magnetische Momentvektor der freien Schicht bei einem kritischen magnetischen Feldwert umgedreht, der ebenso als magnetisches Umkehrfeld bezeichnet wird, falls ein magnetisches Feld mit wenigstens einer Vektorkomponente in einer zur Magnetisierungsrichtung der freien Schicht entgegengesetzten Richtung angelegt wird. Der Wert des magnetischen Umkehrfeldes lässt sich aus einer Energieminimierungsbedingung herleiten. Nimmt man an, dass ein magnetisches Feld entlang der durch H_x gekennzeichneten harten Achse der Magnetisierung anliegt und ein magnetisches Feld entlang der Richtung der durch H_y gekennzeichneten leichten Achse („easy axis“) der Magnetisierung anliegt, ergibt sich ein Zusammenhang $H_x^{(2/3)} + H_y^{(2/3)} = H_c^{(2/3)}$, wobei H_c das anisotrope