



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 13 574 T2 2004.09.30**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 929 110 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 13 574.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 300 005.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **04.01.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.07.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.12.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.09.2004**

(51) Int Cl.7: **H01L 43/08**  
**H01F 10/08**

(30) Unionspriorität:

**3320                      06.01.1998      US**

(73) Patentinhaber:

**Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates  
Delaware), Palo Alto, Calif., US**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049  
Pullach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Anthony, Thomas C., Sunnyvale, US**

(54) Bezeichnung: **Ferromagnetische Tunneleffektanordnung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der ferromagnetischen Tunnelübergänge. Insbesondere bezieht sich diese Erfindung auf ferromagnetische Tunnelübergänge mit verbessertem Magnetowiderstand.

[0002] Ferromagnetische Tunnelübergänge können bei einer Vielfalt von magnetischen Systemen eingesetzt werden. Zum Beispiel kann ein ferromagnetischer Tunnelübergang als Magnetflußsensor eingesetzt werden. Ein derartiger Magnetflußsensor ist bei einem Aufzeichnungskopf zum Erfassen des Magnetflusses, der von einem magnetischen Medium wie z. B. einem Band oder einer Platte ausgeht, nützlich. Außerdem können ferromagnetische Tunnelübergänge als magnetische Speicherszellen in einem Magnetspeicher eingesetzt werden.

[0003] Ältere ferromagnetische Tunnelübergänge sind meist mit einem Paar ferromagnetischer Schichten gebildet, die durch eine dünne isolierende Schicht getrennt sind. In der Regel bewirkt eine Vorspannung eines elektrischen Potentials, die an die ferromagnetischen Schichten angelegt ist, die Migration von Elektronen zwischen den ferromagnetischen Schichten durch die isolierende Schicht. Das Phänomen, das die Migration von Elektronen durch die isolierende Schicht bewirkt, kann als quantenmechanisches Tunneln oder Spintunneln bezeichnet werden.

[0004] In der Regel variiert der Widerstand eines ferromagnetischen Tunnelübergangs gemäß den relativen Ausrichtungen magnetischer Momente in den ferromagnetischen Schichten. Ein Tunnelübergang ist meist in einem Zustand des niedrigen Widerstands, wenn die relativen Magnetisierungsrichtungen parallel sind. Umgekehrt ist ein Tunnelübergang meist in einem Zustand des hohen Widerstands, wenn die relativen Ausrichtungen antiparallel sind.

[0005] Ein nützliches Maß zum Charakterisieren eines Tunnelübergangs ist sein Tunnel-Magnetowiderstand (TMR). Der TMR für einen Tunnelübergang kann als sein Widerstand in dem Zustand des hohen Widerstands minus seinem Widerstand in dem Zustand des niedrigen Widerstands geteilt durch seinen Widerstand in dem Zustand des niedrigen Widerstands definiert werden. Der TMR zeigt eine prozentuale Änderung zwischen dem Zustand des hohen und des niedrigen Widerstands eines Tunnelübergangs an.

[0006] Es ist meist erwünscht, Tunnelübergänge mit relativ hohen TMRs einzusetzen. So liefert z. B. eine Magnetspeicherzelle, die einen Tunnelübergang mit einem relativ hohen TMR aufweist, meist ein erhöhtes Signal-/Rausch-Verhältnis während Leseoperationen im Vergleich zu einer Magnetspeicherzelle, die einen Tunnelübergang mit einem relativ niedrigen TMR aufweist. Außerdem liefert ein magnetischer Aufzeichnungskopf, der einen Tunnelübergang mit einem relativ hohen TMR aufweist, in der Regel eine erhöhte Empfindlichkeit im Vergleich zu einem magnetischen Aufzeichnungskopf, der einen Tunnelübergang mit einem niedrigen TMR aufweist.

[0007] Die US-A-5.650.958, die allgemein dem Oberbegriff in dem Patentanspruch 6 entspricht, offenbart ein Tunnelübergangsbauelement, das eine isolierende Tunnelübergangsschicht zwischen einer ersten und zweiten ferromagnetischen Schicht aufweist.

[0008] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bilden eines Tunnelübergangs vorgesehen, das folgende Schritte aufweist:

Bilden einer ersten ferromagnetischen Schicht mit einer oberen Oberfläche, die eine Topographie aufweist, die einen Satz von gewölbten Bereichen und einen Satz von dazwischenliegenden tiefen Bereichen umfaßt;

Bilden einer isolierenden Schicht über der ersten ferromagnetischen Schicht, so daß eine obere Oberfläche der isolierenden Schicht im wesentlichen planar ist, so daß ein Weg für eine Elektronenmigration zwischen der ersten ferromagnetischen Schicht und einer zweiten ferromagnetischen Schicht in dem Tunnelübergang über den gewölbten Bereichen geringer ist als über den tiefen Bereichen.

[0009] Vorzugsweise umfaßt der Schritt des Bildens einer ersten ferromagnetischen Schicht den Schritt des Bildens einer oder mehrerer Schichten von Materialien unter der ersten ferromagnetischen Schicht, wobei eine Dicke der Schichten von Materialien ausgewählt ist, um eine Bildung der gewölbten Bereiche während der Bildung der ersten ferromagnetischen Schicht zu bewirken. Die Materialien liefern eine Pinningschicht, die eine Magnetisierungsrichtung in der ersten ferromagnetischen Schicht festlegt.

[0010] Die dazwischenliegenden tiefen Bereiche können Korngrenzen in einer polykristallinen Struktur der ersten ferromagnetischen Schicht entsprechen.

[0011] Eine der Schichten von Materialien kann ausgewählt sein, um eine Gitterfehlpassung mit der ersten ferromagnetischen Schicht bereitzustellen.

[0012] Das Verfahren kann die weiteren Schritte des Bildens einer Grenzflächenschicht an einer Grenzfläche zwischen der isolierenden Schicht und der ersten ferromagnetischen Schicht und des Bildens einer Grenzflächenschicht zwischen der isolierenden Schicht und der zweiten ferromagnetischen Schicht aufweisen. Die Grenzflächenschichten sind ausgewählt, um die magnetischen Polarisierungseigenschaften der ersten und zweiten ferromagnetischen Schicht in der Nähe der Grenzflächen zu der isolierenden Schicht zu verbessern.

[0013] Vorzugsweise sind die dünnen Grenzflächenschichten jeweils eine Schicht aus ferromagnetischem

Material, die weniger als 4 Nanometer dick ist.

[0014] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Tunnelübergang vorgesehen, der folgende Merkmale aufweist:

eine erste ferromagnetische Schicht;

eine isolierende Schicht über der ersten ferromagnetischen Schicht, wobei eine obere Oberfläche der isolierenden Schicht im wesentlichen planar ist; und

eine zweite ferromagnetische Schicht über der isolierenden Schicht; gekennzeichnet dadurch, daß

die erste ferromagnetische Schicht eine obere Oberfläche mit einer Topographie aufweist, die einen Satz von gewölbten Bereichen und einen Satz von dazwischenliegenden tiefen Bereichen umfaßt, so daß ein Weg für eine Elektronenmigration zwischen der ersten ferromagnetischen Schicht und der zweiten ferromagnetischen Schicht über den gewölbten Bereichen geringer ist als über den tiefen Bereichen.

[0015] Der Tunnelübergang kann ferner eine oder mehrere Materialschichten unter der ersten ferromagnetischen Schicht aufweisen, wobei eine Dicke der Materialschichten ausgewählt ist, um eine Bildung der gewölbten Bereiche während der Bildung der ersten ferromagnetischen Schicht zu bewirken.

[0016] Es werden ferromagnetische Tunnelübergänge mit verbessertem Magnetowiderstand offenbart. Ein verbesserter Magnetowiderstand ist in einem Tunnelübergang mit einer Topographie realisiert, die ein Spintunneln aus Bereichen mit ferromagnetischen kristallinen Körnern, die eine hohe Polarisation aufweisen, maximiert, und die Wirkungen einer defekten Streuung an Korngrenzen minimiert. Die Topographie dieses Tunnelübergangs umfaßt eine erste ferromagnetische Schicht mit gewölbten Bereichen und dazwischenliegenden tiefen Bereichen und eine isolierende Schicht, die eine im wesentlichen planare obere Oberfläche aufweist. Die gewölbten Bereiche der ersten ferromagnetischen Schicht in Kombination mit der planaren oberen Oberfläche der isolierenden Schicht liefern einen Weg für eine Elektronenmigration zwischen der ersten ferromagnetischen Schicht und einer zweiten magnetischen Schicht, der über den gewölbten Bereichen geringer ist als über den tiefen Bereichen. Diese Tunnelübergangsstruktur minimiert den Beitrag zu einem Tunnelstrom aus Korngrenzen, d. h. tiefen Bereichen, und erhöht den Beitrag aus gewölbten Bereichen. Außerdem ist ein verbesserter Magnetowiderstand in einem Tunnelübergang mit dünnen Grenzflächenschichten realisiert, die magnetische Polarisierungseigenschaften ferromagnetischer Materialien nahe der Grenzflächen zu der isolierenden Schicht in dem Tunnelübergang verbessern.

[0017] Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung klar.

[0018] Die vorliegende Erfindung wird bezüglich bestimmter beispielhafter Ausführungsbeispiele derselben beschrieben und dementsprechend wird Bezug genommen auf die Zeichnungen, in denen:

[0019] **Fig. 1** einen Tunnelübergang mit einer Topographie darstellt, die seinen Tunnel-Magnetowiderstand (TMR) verbessert;

[0020] **Fig. 2** einen Tunnelübergang mit einer Kombination aus Topographie und Grenzflächenschichten darstellt, die seinen Tunnel-Magnetowiderstand (TMR) verbessern; und

[0021] **Fig. 3** eine Beispielreihe von Prozeßschritten zum Bilden der Topographie eines Tunnelübergangs, die seinen TMR verbessert, darstellt.

[0022] **Fig. 1** stellt ein Ausführungsbeispiel eines Tunnelübergangs **10** mit einer Topographie dar, die seinen Tunnel-Magnetowiderstand (TMR) verbessert. Der Tunnelübergang **10** bei diesem Ausführungsbeispiel umfaßt eine ferromagnetische Schicht **12**, eine isolierende Schicht **14** und eine ferromagnetische Schicht **16**.

[0023] Der Tunnelübergang **10** sieht eine gewölbte Topographie in der ferromagnetischen Schicht **12** vor, die einen Satz von gewölbten Bereichen, wie z. B. die gewölbten Bereiche **20–21**, und dazwischenliegenden tiefen Bereichen, wie z. B. einen tiefen Bereich **22**, umfaßt. Die tiefen Bereiche entsprechen Korngrenzen in der polykristallinen Gitterstruktur der ferromagnetischen Schicht **12**, wie z. B. eine Korngrenze **15** zwischen den gewölbten Bereichen **20–21**. Die gewölbten Bereiche **20–21** sind als einen Wölbungsdurchmesser  $d$  und eine Wölbungshöhe  $h$  aufweisend dargestellt. Der Tunnelübergang **10** sieht ebenfalls eine relativ planare Topographie einer oberen Oberfläche **18** der isolierenden Schicht **14** vor.

[0024] Die gewölbte Topographie der ferromagnetischen Schicht **12** in Kombination mit der relativ planaren oberen Oberfläche **18** der isolierenden Schicht **14** positioniert die gewölbten Bereiche **20–21** näher an die ferromagnetische Schicht **16** als den tiefen Bereich **22**. Folglich ist der Weg für Elektronen, die von den gewölbten Bereichen **20–21** zu der ferromagnetischen Schicht **16** wandern, wesentlich geringer als der Weg für Elektronen, die von dem tiefen Bereich **22** zu der ferromagnetischen Schicht **16** migrieren.

[0025] Die gewölbten Bereiche **20–21** liefern im wesentlichen den gesamten Beitrag zu der Elektronenmigration zwischen den ferromagnetischen Schichten **12** und **16**, da die Elektronenmigration durch die isolierende Schicht **14** mit zunehmendem Weg exponential abnimmt. Der Beitrag zu der Elektronenmigration aus dem tiefen Bereich **22** wird minimiert, wodurch die Streueffekte, die an den Korngrenzen in der polykristallinen Struktur der ferromagnetischen Schicht **12** auftreten können, minimiert werden.

[0026] Außerdem kann aufgrund des höheren Grades an kristalliner Vollkommenheit an den gewölbten Bereichen **20–21** die magnetische Polarisation in der ferromagnetischen Schicht **12** an den gewölbten Bereichen

- 20–21** höher sein als an dem tiefen Bereich **22**. Die Topographie des Tunnelübergangs **12** sieht vor, daß die Abschnitte der ferromagnetischen Schicht **12** mit hoher Polarisation zu dem Tunnelstrom beitragen.
- [0027] Die ferromagnetischen Schichten **12** und **16** sind jeweils aus einer Magnetfilmschicht wie z. B. Nickel-Eisen gebildet. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die isolierende Schicht **14** Aluminiumoxid, die in einer Weise gebildet wird, die den tiefen Bereich **22** ausfüllt und die relativ planare obere Oberfläche **18** bereitstellt. Bei einem Ausführungsbeispiel wird die isolierende Schicht **14** gebildet, indem eine Aluminiumschicht, die die tiefen Bereiche ausfüllt, auf die ferromagnetische Schicht **12** aufgebracht wird und dieselbe anschließend einem Sauerstoffplasma ausgesetzt wird.
- [0028] **Fig. 2** stellt ein Ausführungsbeispiel des Tunnelübergangs **10** dar, der ein Paar Grenzflächenschichten **30** und **32** umfaßt, die seinen Tunnel-Magnetowiderstand (TMR) weiter verbessern. Die Grenzflächenschichten **30** und **32** sind an den Grenzflächen zwischen den ferromagnetischen Schichten **12** und **16** und der isolierenden Schicht **14** gebildet. Die Grenzflächenschicht **30** ist zwischen der ferromagnetischen Schicht **12** und der isolierenden Schicht **14** gebildet, und die Grenzflächenschicht **32** ist zwischen der isolierenden Schicht **14** und der ferromagnetischen Schicht **16** gebildet.
- [0029] Die Grenzflächenschichten **30–32** sind ausgewählt, um die magnetischen Polarisierungseigenschaften der ferromagnetischen Materialien **12** und **16** in der Nähe der Grenzflächen zu der isolierenden Schicht **14** zu verbessern. Die Grenzflächenschichten **30–32** sind Schichten aus einem ferromagnetischen Material wie z. B. Nickel, Eisen, Kobalt oder Legierungen dieser Elemente.
- [0030] Die gewölbten Regionen **20–21**, die zu einem erhöhten TMR-Wert für den Tunnelübergang **10** beitragen, können durch die beiden Abmessungen beschrieben werden, die von dem Wölbungsdurchmesser  $d$  und der Wölbungshöhe  $h$  gezeigt sind (gezeigt in **Fig. 1**). Der Korndurchmesser für polykristalline Filme ist äquivalent zu dem Wölbungsdurchmesser  $d$ .
- [0031] Eine Vielzahl von in der Technik bekannten Verfahren zum Steuern der Korngröße kann angewendet werden, um den Wölbungsdurchmesser  $d$  zu steuern. Beispiele derartiger Verfahren umfassen das Hinzufügen von Keimschichten, Glühen nach der Aufbringung, um ein Kornwachstum zu ermöglichen, und Steuern der Aufbringungsbedingungen, wie z. B. Umgebungsdruck, Filmwachstumsrate, Filmdicke, Substratvorspannung und Substrattemperatur. Viele dieser Faktoren, die die Korngröße steuern, tragen auch zu der Steuerung der Wölbungshöhe  $h$  bei.
- [0032] Ein zusätzlicher Faktor, der zu der gewölbten Topographie beitragen kann, ist die anisotropische Wachstumsrate. Wenn z. B. die Mehrheit der Körner der ferromagnetischen Schicht **12** derartig ausgerichtet ist, daß ihre kristallographische Ausrichtung bezüglich einer Substratnormalen die gleiche ist und diese bestimmte Ausrichtung eine bevorzugte Wachstumsrate gegenüber anderen kristallographischen Ausrichtungen liefert, dann können facettierte oder gewölbte Körner erzeugt werden, die in dem Zentrum höher sind als an den Korngrenzen.
- [0033] Ein anderer Mechanismus zum Einführen einer Oberflächentopographie in Dünnschichten ist durch eine Belastung, die durch das Hinzufügen von gitterfehlgepaßten Keimschichten oder durch Einstellen der Aufbringungsbedingungen erzeugt werden kann. Zum Erzeugen einer gewölbten Topographie ist eine Druckspannung günstig.
- [0034] **Fig. 3** stellt eine Beispielreihe von Prozeßschritten dar, die den TMR-Wert des Tunnelübergangs **10** verbessern. Diese Schritte umfassen die Bildung einer gewölbten Topographie und das Einsetzen von Grenzflächenschichten mit hoher Polarisation in den Tunnelübergang **10**.
- [0035] Der Tunnelübergang **10** ist auf einem Substrat **100** gebildet, das oxidiertes Silizium sein kann. Auf dem Substrat **100** sind Materialien in einer Weise aufgebracht, die die Bildung der gewölbten Strukturen in der ferromagnetischen Schicht **12** ermöglicht.
- [0036] Bei einem Ausführungsbeispiel umfassen Materialien, die die Bildung der gewölbten Topographie in der ferromagnetischen Schicht **12** ermöglichen, eine erste Keimschicht **40**, eine zweite Keimschicht **42** und eine antiferromagnetische Schicht **44**. Die erste Keimschicht **40** bei diesem Ausführungsbeispiel ist ein Material wie z. B. Tantal (Ta). Die zweite Keimschicht **42** kann Nickel-Eisen (NiFe) sein. Das antiferromagnetische Material **44** kann Eisen-Mangan (FeMn) sein. Bei diesem Ausführungsbeispiel stellt die antiferromagnetische Schicht **44** einen magnetischen Austauschfilm bereit, der die Magnetisierungsrichtung in der ferromagnetischen Schicht **12** festlegt.
- [0037] Die Materialien in dem Tunnelübergang **10** können durch Zerstäuben bzw. Sputtern in einer Argonumgebung bei einem Druck von 5 mTorr auf das Substrat **100** aufgebracht werden, das bei Raumtemperatur und einem Massepotential gehalten wird. Die Filmdicke ist ein wichtiger Parameter beim Bestimmen des Durchmessers  $d$  und der Höhe  $h$  der gewölbten Topographie. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die erste Keimschicht **40** 10 Nanometer dick, die zweite Keimschicht **42** 6 Nanometer dick, die antiferromagnetische Schicht **44** 10 Nanometer dick und die ferromagnetische Schicht **12** 12 Nanometer, was eine kumulative Dicke polykristalliner Materialien unter der isolierenden Schicht **14** von 38 Nanometern ergibt. Diese Dicke ist ausreichend, um die gewölbte Topographie in der ferromagnetischen Schicht **12** zu erzeugen.
- [0038] Eine Grenzflächenschicht **30** wird dann über der gewölbten Topographie der ferromagnetischen

Schicht **12** aufgebracht. Die Grenzflächenschicht **30** paßt sich der Topographie der ferromagnetischen Schicht **12** an. Die isolierende Schicht **14** wird dann durch eine Aufbringung von Aluminium gebildet, das die tiefen Bereiche **22** der Grenzflächenschicht **30** ausfüllt und eine planare obere Oberfläche bereitstellt. Ein darauffolgender Oxidationsschritt bildet das Aluminiumoxid der isolierenden Schicht **14**. Dann wird die Grenzflächenschicht **32** gebildet, gefolgt von der ferromagnetischen Schicht **16** aus Nickel-Eisen. Eine Abdeckungsschicht **46** aus einem Material wie z. B. Tantal wird über der ferromagnetischen Schicht **16** gebildet.

[0039] Die Grenzflächenschichten **30–32**, die den TMR-Wert des Tunnelübergangs **10** weiter verbessern, können aus Nickel, Kobalt oder Eisen oder Legierungen dieser Elemente gebildet sein. Die folgende Tabelle zeigt die Wirkungen von Beispielkonfigurationen der Grenzflächenschichten **30–32** in dem Tunnelübergang **10**.

Grenzflächen- element	Dicke der Grenzflächenschicht	TMR (%) gemessen bei 0,050 Volt
Nickel	1 Nanometer	20,0
Nickel	0,5 Nanometer	24,2
keines		29,5
Eisen	0,25 Nanometer	35,1

[0040] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann ein Ionenätzschritt entweder auf die ferromagnetische Schicht **12**, die antiferromagnetische Schicht **44** oder die Keimschichten **40** und **42** an einem Punkt vor der Bildung der isolierenden Schicht **14** angewendet werden. Der Ionenätzschritt wird durchgeführt, um vorzugsweise Abschnitte der geätzten Schicht in der Nähe der Korngrenzen wie z. B. der Korngrenze **15** zu entfernen, um die tiefen Bereiche wie z. B. den tiefen Bereich **22** zu erzeugen. Dieser Ätzschritt liefert die Wölbungstopographie, die zusammen mit der planarisierten oberen Oberfläche **18** der isolierenden Schicht **14** einen verbesserten Magnetowiderstand in dem Tunnelübergang **10** ergibt.

[0041] Die Wirkung der Topographie der ferromagnetischen Schicht **12** auf den TMR-Wert des Tunnelübergangs **10** kann durch Vergleichen zweier Strukturen, einer mit der hierin beschriebenen gewölbten Topographie und der anderen mit einer planaren Oberseitenoberfläche der ferromagnetischen Schicht **12**, charakterisiert werden. In beiden Fällen ist die ferromagnetische Schicht **12** Nickel-Eisen, die isolierende Schicht **14** Aluminiumoxid, das durch eine Plasmaoxidation eines Aluminiumfilms gebildet wurde, und die ferromagnetische Schicht **16** Nickel-Eisen.

[0042] Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** wurden Vergleichsproben mit planaren Oberseitenoberflächen der ferromagnetischen Schicht **12** durch Bewegen der antiferromagnetischen Schicht **44** von ihrer Position zwischen den Schichten **42** und **12** zu einer Position zwischen den Schichten **16** und **46** erhalten. Die Grenzflächenschichten **30** und **32** waren nicht in diesen Proben, die die Rolle der Topographie untersuchten, eingeschlossen. Proben mit planaren Grenzflächen auf beiden Seiten der Isolatorschicht **14** wiesen einen durchschnittlichen TMR von 23,6% auf. Proben mit der hierin beschriebenen gewölbten Topographie wiesen einen durchschnittlichen TMR von 29,5% auf. Eine Analyse der Planarität der Grenzflächen wurde durch eine hochauflösende Transmissions-Elektronenmikroskopie auf querschnittenen Proben durchgeführt. Die Wölbungshöhe  $h$  der planaren Proben war geringer als 0,6 Nanometer, und die Wölbungshöhe auf den absichtlich aufgerauhten Proben war etwa 2,1 Nanometer.

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Bilden eines Tunnelübergangs (**10**), das folgende Schritte umfaßt:  
Bilden einer ersten ferromagnetischen Schicht (**12**) mit einer oberen Oberfläche, die eine Topographie aufweist, die einen Satz von gewölbten Bereichen (**20–21**) und einen Satz von dazwischenliegenden tiefen Bereichen (**22**) umfaßt;  
Bilden einer isolierenden Schicht (**14**) über der ersten ferromagnetischen Schicht (**12**), so daß eine obere Oberfläche (**18**) der isolierenden Schicht (**14**) im wesentlichen planar ist, so daß ein Weg für eine Elektronenmigration zwischen der ersten ferromagnetischen Schicht (**12**) und einer zweiten ferromagnetischen Schicht (**16**) in dem Tunnelübergang (**10**) über den gewölbten Bereichen (**20–21**) geringer ist als über den tiefen Bereichen (**22**).
2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Schritt des Bildens einer ersten ferromagnetischen Schicht (**12**) den Schritt des Bildens einer oder mehrerer Schichten von Material unter der ersten ferromagnetischen Schicht (**12**) umfaßt, wobei eine Dicke der Schicht von Materialien ausgewählt ist, um eine Bildung der gewölbten Bereiche (**20–21**) während der Bildung der ersten ferromagnetischen Schicht (**12**) zu bewirken.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, das ferner den Schritt des Bildens einer Grenzflächenschicht (30) an einer Grenzfläche zwischen der isolierenden Schicht (14) und der ersten ferromagnetischen Schicht (12) umfaßt.

4. Das Verfahren gemäß Anspruch 3, das ferner folgenden Schritt umfaßt:  
Bilden einer zweiten Grenzflächenschicht (32) zwischen der isolierenden Schicht (14) und der zweiten ferromagnetischen Schicht (16).

5. Das Verfahren gemäß Anspruch 4, bei dem die Schritte des Bildens der ersten und der zweiten dünnen Grenzflächenschicht (30–32) jeweils den Schritt des Bildens einer Schicht aus ferromagnetischen Material umfassen, die weniger als 4 Nanometer dick ist.

6. Ein Tunnelübergang (10), der folgende Merkmale umfaßt:  
eine erste ferromagnetische Schicht (12);  
eine isolierende Schicht (14) über der ersten ferromagnetischen Schicht (12), wobei eine obere Oberfläche (18) der isolierenden Schicht (14) im wesentlichen planar ist; und  
eine zweite ferromagnetische Schicht (16) über der isolierenden Schicht (14); dadurch gekennzeichnet, daß die erste ferromagnetische Schicht eine obere Oberfläche aufweist, die eine Topographie aufweist, die einen Satz von gewölbten Bereichen (20–21) und einen Satz von dazwischenliegenden tiefen Bereichen (22) umfaßt, so daß ein Weg für eine Elektronenmigration zwischen der ersten ferromagnetischen Schicht (12) und der zweiten ferromagnetischen Schicht (16) über den gewölbten Bereichen (20–21) geringer ist als über den tiefen Bereichen (22).

7. Der Tunnelübergang (10) gemäß Anspruch 6, der ferner eine oder mehrere Materialschichten unter der ersten ferromagnetischen Schicht (12) umfaßt, wobei eine Dicke der Materialschichten ausgewählt ist, um eine Bildung der gewölbten Bereiche (20–21) während der Bildung der ersten ferromagnetischen Schicht (12) zu bewirken.

8. Der Tunnelübergang (10) gemäß Anspruch 6 oder 7, der ferner eine dünne Grenzflächenschicht (30) zwischen der isolierenden Schicht (14) und der ersten ferromagnetischen Schicht (12) umfaßt, die ausgewählt ist, um magnetische Polarisationsseigenschaften der ersten ferromagnetischen Schicht (12) nahe einer Grenzfläche zwischen der isolierenden Schicht (14) und der ersten ferromagnetischen Schicht (12) zu verbessern.

9. Der Tunnelübergang (10) gemäß Anspruch 8, der ferner eine dünne Grenzflächenschicht (32) zwischen der isolierenden Schicht (14) und der zweiten ferromagnetischen Schicht (16) umfaßt, die ausgewählt ist, um magnetische Polarisationsseigenschaften der zweiten ferromagnetischen Schicht (16) in der Nähe einer Grenzfläche zwischen der isolierenden Schicht (14) und der zweiten ferromagnetischen Schicht (16) zu verbessern.

10. Der Tunnelübergang (10) gemäß Anspruch 9, bei dem die erste und die zweite Grenzflächenschicht jeweils eine Schicht aus ferromagnetischen Material sind, die weniger als 4 Nanometer dick ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

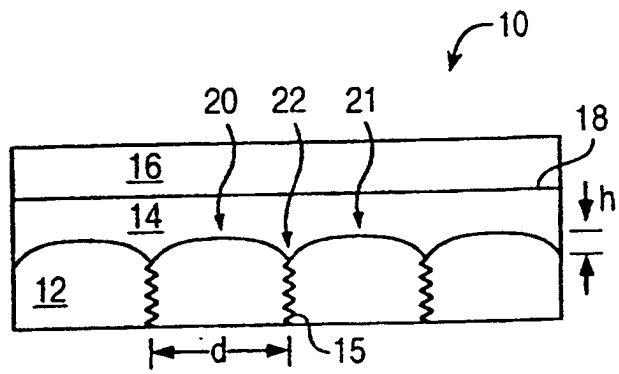


FIG. 2

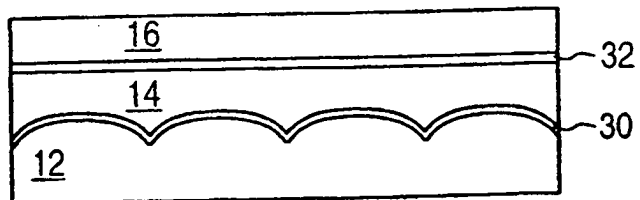


FIG. 3

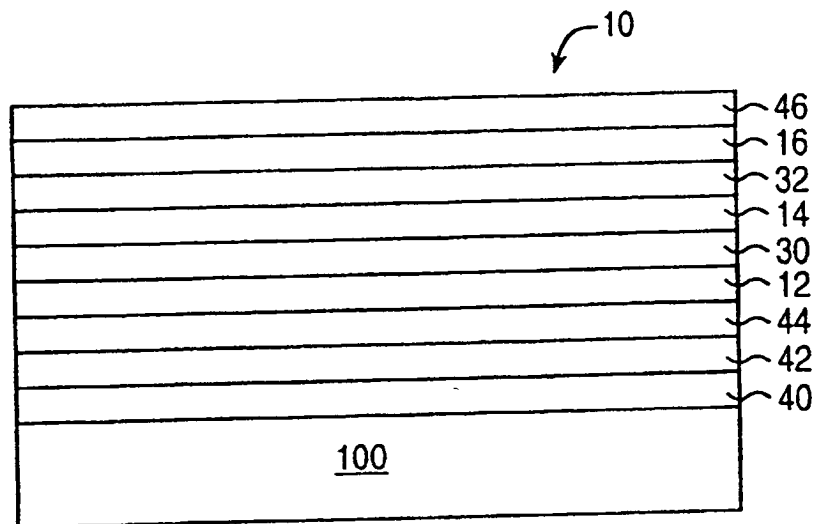


FIG. 4

