

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5332149号
(P5332149)

(45) 発行日 平成25年11月6日(2013.11.6)

(24) 登録日 平成25年8月9日(2013.8.9)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 27/10	(2006.01)	HO 1 L 27/10	4 5 1	
HO 1 L 45/00	(2006.01)	HO 1 L 45/00	Z	
HO 1 L 49/00	(2006.01)	HO 1 L 49/00	Z	

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-213743 (P2007-213743)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成19年8月20日(2007.8.20)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(65) 公開番号	特開2009-49183 (P2009-49183A)	(72) 発明者	山崎 隆浩 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(43) 公開日	平成21年3月5日(2009.3.5)	(72) 発明者	木下 健太郎 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
審査請求日	平成22年5月17日(2010.5.17)	審査官	井出 和水

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 抵抗変化素子、抵抗変化メモリおよびそれらの作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一对の金属電極にはさまれた抵抗変化膜を有する抵抗変化素子であって、
前記抵抗変化膜は、1 atom% ~ 5 atom% の濃度の窒素原子を含む金属酸化物の膜であることを特徴とする抵抗変化素子。

【請求項 2】

トランジスタと、前記トランジスタに直列に接続される抵抗変化素子とがマトリクス状に配置される抵抗変化メモリであって、

前記抵抗変化素子は、

上部電極と、下部電極と、これらの電極間に挟まれる抵抗変化膜を備え、

前記抵抗変化膜は、1 atom% ~ 5 atom% の濃度の窒素原子を含む金属酸化物の膜であることを特徴とする抵抗変化メモリ。

【請求項 3】

下部電極上に、1 atom% ~ 5 atom% の濃度の窒素原子を含む金属酸化物で抵抗変化膜を形成し、

前記抵抗変化膜上に、上部電極を形成する、
ことを特徴とする抵抗変化素子の作製方法。

【請求項 4】

前記抵抗変化膜の形成は、前記下部電極上に前記金属酸化物の膜を形成し、前記金属酸化物の膜に前記 1 atom% ~ 5 atom% の窒素をイオン注入することを特徴とする請求項 3 に

記載の抵抗変化素子の作製方法。

【請求項 5】

前記抵抗変化膜の形成は、反応雰囲気中に窒素ガスを含ませて、反応性スパッタ法により形成する工程を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の抵抗変化素子の作製方法。

【請求項 6】

前記抵抗変化膜の形成は、前記下部電極上に金属窒化膜を形成した後に酸化する工程を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の抵抗変化素子の作製方法。

【請求項 7】

半導体基板上に、トランジスタと、前記トランジスタに直列接続する抵抗変化素子を形成する工程を含む抵抗変化メモリの作製方法であって、

前記抵抗変化素子の形成は、前記トランジスタに電氣的に接続される下部電極上に、1 atom% ~ 5 atom% の濃度の窒素原子を含む金属酸化物で抵抗変化膜を形成し、前記抵抗変化膜上に上部電極を形成する工程を含む、

ことを特徴とする抵抗変化メモリの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、抵抗値の変化を利用した抵抗変化素子と、これを用いた抵抗変化メモリに関し、特に、初期フォーミング電圧、及び/又は動作時のスイッチング（リセットおよびセット）に伴う消費電力を低減した抵抗変化素子および抵抗変化メモリとその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、不揮発メモリとして、電氣的抵抗値の変化を利用した可変抵抗素子を含む不揮発メモリセルアレイが提案されている。抵抗値が可変の物質で記憶保持膜を形成し、異なる論理値を保持するメモリである。電氣的抵抗値を変化させるひとつの方法として、結晶状態の変化、すなわち相変化を利用する方法があり、2つの電極の間に、相変化ナノ粒子を含む相変化物質層を配置した相変化メモリ素子が提案されている（たとえば、特許文献1参照）。この不揮発性メモリ素子では、相変化物質としてTiO₂等の遷移金属酸化物を用い、電圧パルスと電流パルスの印加によって、相変化物質の状態を、非晶質（高抵抗）状態と結晶質（低抵抗）状態の間で変化させる。相変化物質層を流れる電流量を検出することによって、相変化メモリ素子に保存された情報の論理値を判断することができる。

【0003】

また、相変化抵抗変化膜を、結晶粒径30nm以下のアナターゼ型結晶構造の酸化チタン又は酸窒化チタンで構成する方法も提案されている（たとえば、特許文献2参照）。この方法では、基板温度を150 ~ 500 の条件で抵抗変化膜を成膜することによって、結晶粒径が30nm以下のアナターゼ型結晶を形成し、電圧パルスの印加により結晶状態を変化させることによって、抵抗値を変えている。

【0004】

結晶の相変化を利用した抵抗変化素子の他に、電圧パルスの印加によって、酸化物中に局所的に抵抗率が低下した領域、すなわち電氣的な伝導経路（「フィラメントパス」と称する）が形成される現象を利用した抵抗変化素子も知られている（たとえば、非特許文献1および2参照）。この場合、材料によっては、最初にまず、フィラメントパスが形成可能な状態にするためのプロセス（「フォーミング」と称する）が必要なものもある。酸化チタン（TiO₂）等がそうである。また、酸化ニッケル（NiO）も成膜状態によってはフォーミングが必要な場合もある。フォーミングはいわば、抵抗変化機能を発現させるためのプロセスである。これに対して、特許文献1, 2に開示される結晶状態（相）の変化を利用した抵抗変化素子は、フォーミングが不要である。

【0005】

フォーミングにより、いったんフィラメントパスの形成が可能な状態になると、外部か

10

20

30

40

50

ら電氣的刺激を与えることによって、抵抗変化素子を容易に、金属的状态（又は縮退半導体的状态）から絶縁体的状态へリセットし、逆に、絶縁体的状态から金属的状态へセットすることが可能になる。抵抗変化材料が絶縁体状态（フィラメントパスの一部が破断して絶縁体状态になる）のときは、抵抗変化素子は高抵抗状态であり、抵抗変化材料が金属的状态（フィラメントパスが形成）のときは、低抵抗状态である。フォーミング直後の状态としては、低抵抗状态の場合もあれば、高抵抗状态の場合もある。フォーミングがされた後は、電圧パルスを印加して、抵抗状态の書き込み、消去、読み出しを繰り返すことができる。

【特許文献1】特開2006-165553号公報

【特許文献2】特開2007-180202号公報

10

【非特許文献1】I. G. Baek, et al., Electron Devices Meeting, 2005. IEDM Technical Digest. IEEE International 5-7 Dec. 2005 p750-753

【非特許文献2】I. G. Baek, et al., Electron Devices Meeting, 2004. IEDM Technical Digest. IEEE International 13-15 Dec. 2004 p587-590

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

二酸化チタン等の金属酸化物材料を白金（Pt）などの電極間に挟んで抵抗変化素子を形成した場合に生じるひとつの問題点は、低抵抗状態からリセットするときの電流量（消費電力）が大きいことにある。もうひとつの問題は、初期フォーミング電圧が7～8Vと高いことである。

20

【0007】

そこで、本発明は、スイッチングに伴う消費電力、及び/又は初期フォーミング電圧を低減した抵抗変化素子と、これを用いる抵抗変化メモリを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、第1の側面では、一对の金属電極にはさまれた抵抗変化膜を有する抵抗変化素子を提供する。この抵抗変化素子において、前記抵抗変化膜は、1atom%～5atom%の濃度の窒素原子を含む金属酸化物の膜である。

【0009】

30

たとえば、前記抵抗変化膜は、外部からの電氣的刺激に応じて、電氣的伝導経路が形成された低抵抗状態と、その経路の一部が破断した高抵抗状態のふたつの状態を交替（スイッチング）する機能を有する膜である。

【0010】

ひとつの例では、前記抵抗変化膜は、電氣的刺激により抵抗状態が変化する機能を発現するためにフォーミングが必要な膜である。たとえば、前記金属酸化物は、遷移金属酸化物、アルミナ（Al₂O₃）、二酸化珪素（SiO₂）、PCMO（Pr_{0.7}Ca_{0.3}MnO₃）、クロム（Cr）を添加したペロブスカイト型酸化物を含む。

【0011】

第2の側面では、トランジスタと、前記トランジスタに直列に接続される抵抗変化素子とがマトリクス状に配置される抵抗変化メモリを提供する。この抵抗変化メモリに用いられる抵抗変化素子は、上部電極と、下部電極と、これらの電極間に挟まれる抵抗変化膜を備え、前記抵抗変化膜は、1atom%～atom5%の濃度の窒素原子を含む金属酸化物の膜である。

40

【0012】

第3の側面では、抵抗変化素子の作製方法を提供する。この方法は、

下部電極上に、1atom%～5atom%の濃度の窒素原子を含む金属酸化物で抵抗変化膜を形成し、

前記抵抗変化膜上に、上部電極を形成する、
工程を含む。

50

【 0 0 1 3 】

第4の側面では、抵抗変化メモリの作製方法を提供する。この方法は、半導体基板上に、トランジスタと、前記トランジスタに直列接続する抵抗変化素子を形成する工程を含み、

前記抵抗変化素子の形成は、前記トランジスタに電氣的に接続される下部電極上に、1 atom% ~ 5 atom%の窒素原子を含む金属酸化物で抵抗変化膜を形成し、前記抵抗変化膜上に上部電極を形成する工程を含む。

【 0 0 1 4 】

実施例では、前記金属酸化物は、外部からの電氣的刺激によって電氣的伝導経路が形成された状態とその一部が絶縁体になった状態の間を交替（スイッチング）することにより抵抗値が変化する。

10

【 0 0 1 5 】

別の実施例では、前記金属酸化物の種類によっては、記抵抗変化素子に初期電圧を印加して、前記伝導経路（あるいは容易にスイッチングして伝導経路を形成し得る状態）の形成機能を発現させる工程をさらに含む。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

外部からの電氣的な刺激に応じて抵抗値が変化する金属酸化物材料を金属電極で挟んだ抵抗変化素子において、スイッチングに伴う消費電力、および/又は初期フォーミング電圧を低減することが可能になる。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 7 】

以下、添付図面を参照して、本発明の良好な実施形態を説明する。

【 0 0 1 8 】

図1は、抵抗変化素子の初期フォーミングと抵抗変化スイッチングの原理を説明する模式図である。図1(a)において、白金(Pt)の下部電極11上に、抵抗変化膜12を形成する。抵抗変化膜12は、外部からの電氣的な刺激に応じて抵抗値が変化する金属酸化物の膜であり、この例では、膜厚が数十ナノメートルの二酸化チタン(TiO₂)の膜である。TiO₂膜は、チタン(Ti)原子を堆積し、これを酸化することによって形成される。あるいは、反応性スパッタ法で、直接二酸化チタン膜12を形成してもよい。二酸化チタン膜12上に、白金(Pt)で上部電極13を形成する。これによって、二酸化チタン膜12を上下の白金電極11、13で挟む構造ができる。

30

【 0 0 1 9 】

二酸化チタン膜12に初期フォーミング電圧を印加して、抵抗変化機能を発現させる。抵抗変化機能というのは、電氣的刺激に応じて、抵抗値を可変にすることができる能力をいう。フォーミングを行う前は、母体の二酸化チタン膜12は、酸素空孔や格子間酸素、格子間チタンなどの欠陥を含んでいても安定した絶縁体である。これに初期フォーミング電圧を印加することによって酸素空孔、格子間酸素（あるいは格子間チタン）が移動し、又は新たに発生して、局所的に欠陥濃度の密な領域（電氣抵抗の低い領域）がフィラメント状に形成される。これが伝導経路（フィラメントパス）15になると考えられる。このような電氣的な伝導経路は複数形成され、その数が多いほど、低抵抗時の抵抗値は小さくなる。

40

【 0 0 2 0 】

図1(b)に示すように、いったんフォーミングされると、二酸化チタン膜12は、抵抗状態と高抵抗状態との間を容易に遷移（スイッチング）可能になる。図1(b)の例では、高抵抗状態がリセット状態であり、低抵抗状態がセットされた状態である。抵抗変化スイッチングは、伝導経路15の一部、特に、電極13、11に近い領域の伝導状態が、金属的な状態（低抵抗状態）15Lと、絶縁体的な状態（高抵抗状態）の15Hの間を行き来することによって起きる。その機構の詳細は明らかではないが、上述のように欠陥状態が変化することによって起きると考えられる。

50

【0021】

図2は、本発明の一実施形態の抵抗変化素子の作製プロセスである。実施形態では、所定量の窒素(N)を含む抵抗変化膜25を用いることによって、低抵抗状態から高抵抗状態への遷移バイアス電圧(リセット電圧)を低減する。より具体的には、抵抗変化膜中に1atom%~5atom%濃度の窒素を導入する。以下、この明細書及び図面中で濃度を「%」で表わす場合は、特に断りのない限り、「atom%」をいうものとする。

【0022】

まず、図2(a)に示すように、膜厚が100nmの二酸化珪素(SiO₂)膜21上に20nm厚のチタン(Ti)膜22を形成し、その上に100nm厚の白金(Pt)電極23を形成する。その後、抵抗変化膜形成工程の一部として、反応性スパッタ法により、50nm厚の二酸化チタン(TiO₂)膜24を成膜する。反応性スパッタは、酸素(O)とアルゴン(Ar)の混合ガス中で、圧力1.0Pa、基板温度300でチタン(Ti)をスパッタすることにより、酸化チタンを堆積する。抵抗変化膜の材料として、外部からの電氣的刺激に応じてフィラメントパスの形成/解消が制御され得る材料であれば、TiO₂以外にも、任意の金属酸化物材料を用いることができる。たとえば、アルミナ(Al₂O₃)、二酸化珪素(SiO₂)、PCMO(P_r_{0.7}C_a_{0.3}MnO₃)、又はクロム(Cr)を添加したペロブスカイト型酸化物などである。

【0023】

次に、図2(b)に示すように、イオン注入法により、1~5%濃度の窒素原子を二酸化チタン膜24中に導入して、窒素添加抵抗変化膜25を形成する。注入条件は、たとえば窒素濃度1%の場合、室温にて、10keVで2.0E+14/cm²、20keVのときは3.0E+14/cm²、30keVのときは1.0E+15/cm²である。

【0024】

次に、図2(c)に示すように、100nm厚の白金(Pt)電極26を蒸着する。下部電極23、抵抗変化膜25、および上部電極26で抵抗変化素子20を構成する。密着層として機能するTi膜22を下部電極の一部としてもよい。

【0025】

抵抗変化膜25中の1~5%の窒素は、後述するように、抵抗変化素子20のリセット電圧を下げる効果があるので、スイッチングに伴う消費電力を低減することができる。リセット電圧を低くできると、リセット、セットの繰り返し可能回数を増やすことができるので、繰り返し耐性の向上効果にもつながる。窒素原子の添加はまた、抵抗変化膜25がフォーミングを要する材料である場合に、初期フォーミング電圧を抑制する効果もある。

【0026】

図3は、図2のサンプルにおいて、窒素添加量を0.5%、1.0%、2.0%、5.0%と変えた抵抗変化素子と、窒素原子を添加しない従来の抵抗変化素子のリセット時の電圧電流特性のグラフである。図4A~図4Eは、図3のグラフから、それぞれの添加量でのリセット時の電圧電流特性を個別に取り出して示すグラフである。図4A~4Eの各ループで、矢印で示すように、低抵抗状態(電流値が高い状態)から高抵抗状態(電流値が低い状態)に急峻に遷移する部分での電圧値が、リセット電圧である。各添加量でのループは、正常動作するサンプルの10回平均値をとったものである。

【0027】

低抵抗状態から高抵抗状態へ遷移するリセット電圧は、窒素添加量が1%を越えて増加するにしたがって、減少する。平均リセット電圧は、窒素を添加しないサンプルで1.7V(図4A)、0.5%添加したものが1.8V(図4B)であるのに対し、窒素添加量を1.0%、2.0%、5.0%と増やすにしたがって、1.6V、1.6V、1.2V(それぞれ図4C、4D、4E)と減少する。ただし、サンプルのうち、正常リセット動作したサンプルの数は、窒素添加量(濃度)2%のものが最も多く、5%のものが最も少なくなった。窒素添加濃度が5%を越えると、抵抗変化素子の正常動作を担保することが困難になるので、窒素添加量の好ましい範囲は、1%~5%である。この範囲では、低いリセット電圧で(すなわち、迅速に)高抵抗状態に切り換えることができるので、スイッ

10

20

30

40

50

チング時の消費電力を低減することができる。

【0028】

図5は、図2のサンプルにおいて、窒素添加量を0.5%、1.0%、2.0%、5.0%と変えた抵抗変化素子と、窒素原子を添加しない従来の抵抗変化素子の初期フォーミング電圧を比較するグラフである。図5において、徐々に電流値が増加（電気抵抗値が低下）した後に急峻に立ち上がる地点（矢印Forming）での電圧がフォーミング電圧である。図6A～図6Eは、図5に示すそれぞれの添加量での電圧電流特性を、個別に示すグラフであり、太線のループがフォーミング特性、破線で示す矢印がフォーミング電圧である。また、図6A及び図6Bで、左上に細い実線で示す時計回りのループが、フォーミング直後のリセット時の電圧電流特性である。図6C～図6Eで、左上に細い実線で示す反時計回りのループが、セット時の電圧電流特性である。

10

【0029】

窒素を添加しない従来の抵抗変化素子（添加量0%）では、フォーミング電圧は7.6Vであり、窒素添加量が0.5%では7.8V、1%では7.3Vとなる。すなわち、窒素添加量が0～1%の範囲では、フォーミング電圧にさしたる変化はない。これに対して、窒素添加物が2%のときは6.9Vに低減し、5%になると2.9Vまで大幅に減少する。ただし、窒素添加量が5%を越えると、特性ばらつきが大きくなる。

【0030】

このように、TiO₂のような金属酸化物に窒素原子を注入することによって、抵抗変化素子のリセット電圧を抑制できるだけでなく、初期フォーミングが必要な場合には、フォーミング電圧を抑制する効果も得られる。窒素添加量が5%を越えると、上述のように特性ばらつきが大きく、動作しない素子も多くなるので、添加する窒素量は1%～5%、より望ましくは、2%～5%である。

20

【0031】

図7は、SIMS分析した窒素濃度の深さ依存性を示すグラフである。グラフの左端が抵抗変化膜25（図2参照）の表面であり、そこから深さ50nmまでが抵抗変化膜（実施例では窒素添加TiO₂膜）である。実施形態では、TiO₂膜24を形成した後に、窒素をイオン注入したが、これ以外にも、（1）反応性スパッタリングを行う際に、反応雰囲気中に窒素ガスを含ませておく方法や、（2）TiN膜を堆積後に酸化する方法、などがある。

30

【0032】

図8は、図2に示す抵抗変化素子を用いた抵抗変化メモリ30の部分断面図である。抵抗変化素子を選択トランジスタに接続してマトリクス状に配置することによって、抵抗変化メモリセルアレイを構成することができる。

【0033】

図8において、半導体基板50は、素子分離膜51によって、複数の素子領域に分離されている。半導体基板50には、たとえばp型の不純物を導入して形成されたウェル52が配置されている。ウェル52の上に、ゲート絶縁膜53を介して、ゲート電極54が2本並んで配置されている。各ゲート電極54の両側には、ウェル52の表面領域にn型の不純物を高濃度に導入した高濃度不純物領域（ソース・ドレイン）58a、58bが配置され、ゲート電極54とともにトランジスタTrを構成する。トランジスタTrの上層に配置される抵抗変化素子20に接続される高濃度不純物領域58aは、トランジスタTrのドレインである。2つのトランジスタTrに共通に接続される高濃度不純物領域58bはソースである。トランジスタTrのゲート電極54は、ワード線となる。

40

【0034】

トランジスタTrは、第1層間絶縁膜61で覆われている。第1層間絶縁膜61を垂直に貫通してタングステン（W）プラグ62a、62bが設けられ、それぞれ高濃度不純物領域58a、58bに接続される。第1層間絶縁膜61上には、Wプラグ62aを上層に接続するパッド63aと、Wプラグ62bに接続される接地線63bが配置されている。パッド63aと接地線63bは、第2層間絶縁膜65に覆われている。第2層間絶縁膜6

50

5を貫通して、トランジスタTrのドレイン58bを、Wプラグ62aおよびパッド63aを介して上層の抵抗変化素子20に接続するWプラグ66が設けられている。

【0035】

抵抗変化素子20は、下部電極（接地側電極）23と、抵抗変化膜25と上部電極26を含む。実施形態では、下部電極23と上部電極25を白金（Pt）で形成しているが、白金（Pt）の他に、パラジウム（Pd）、ルテニウム（Ru）、イリジウム（Ir）、またはこれらの酸化物により形成してもよい。

【0036】

抵抗変化膜25は、実施形態では窒素添加TiO₂であるが、絶縁体あるいは半導体の性質を示す任意の酸化物に窒素を添加した抵抗変化材料で形成することができる。例えば、Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cuなどの遷移金属の酸化物に窒素を添加したもの、窒素添加Al₂O₃、窒素添加SiO₂、窒素添加PCMO（Pr_{0.7}Ca_{0.3}MnO₃）、Crをドーブしたペロブスカイト型酸化物（SrZrO₃等）に窒素を添加したもの、などである。

【0037】

下部電極（接地側電極）23と上部電極26の双方を、白金（Pt）や、その他の貴金属で形成した場合、窒素を添加しない金属酸化物の抵抗変化膜を間に挟み込むと、そのフォーミング電圧は高くなる。これに対して、実施形態のように、金属酸化膜に1%～5%の窒素を添加して抵抗変化膜25を形成した場合は、下部電極23と上部電極26の双方を貴金属で形成しても、初期フォーミング電圧を低減することができる。また、抵抗変化素子20のフォーミングの要否を問わず、スイッチング動作時の消費電力を抑制することができる。

【0038】

図8の例では、Wプラグ66は、抵抗変化素子20の下部電極23に接続される。図示はしないが、下部電極23とWプラグ66の間に、Ti又はTi/TiN膜を挿入して、下部電極23の一部としてもよい。

【0039】

抵抗変化素子20は、第3層間絶縁膜72に覆われ、第3層間絶縁膜72上には、ビット線74がゲート電極54と直交する方向に延びる。ビット線74は、第3絶縁膜72に形成されたタングステン（W）プラグ73により、抵抗変化素子20の上部電極26に接続されている。

【0040】

抵抗変化素子20をセットするときは、トランジスタTrをON状態にして下部電極23を接地電位とし、ビット線74を介して抵抗変化素子20に所定の電圧を印加する。そうすると、図6C～図6Eの反時計回りの細い矢印で示すように、抵抗変化素子20が低抵抗状態になる。この低抵抗状態は電源供給がなくなっても維持される。抵抗変化素子20をリセットするときは、トランジスタTrをON状態にして下部電極23を接地電位とし、ビット線74を介して、抵抗変化素子20に所定の電流を印加する。そうすると、図6A～図6BEの時計回りの矢印で示すように、高抵抗状態にリセットされる。抵抗変化素子20の状態を検出するときは、トランジスタTrをONにして、ビット線74と接地線63bとの間の抵抗値を調べる。

【0041】

このような不揮発性メモリでは、比較的高いフォーミング電圧を必要とする金属酸化物を抵抗変化膜の材料に用いた場合でも、適量範囲の窒素を添加することによって、フォーミング電圧を低減することができる。又、フォーミングの要否にかかわらず、スイッチングに伴う消費電力を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】抵抗変化素子におけるフォーミングと抵抗状態スイッチングを説明する模式図である。

10

20

30

40

50

- 【図 2】本発明の一実施形態に係る抵抗変化素子の作製工程図である。
- 【図 3】さまざまな窒素添加量に対するリセット時の電圧電流特性のグラフである。
- 【図 4 A】窒素添加量が 0 % のときのリセット時の電圧電流特性のグラフである。
- 【図 4 B】窒素添加量が 0 . 5 % のときのリセット時の電圧電流特性のグラフである。
- 【図 4 C】窒素添加量が 1 . 0 % のときのリセット時の電圧電流特性のグラフである。
- 【図 4 D】窒素添加量が 2 . 0 % のときのリセット時の電圧電流特性のグラフである。
- 【図 4 E】窒素添加量が 5 . 0 % のときのリセット時の電圧電流特性のグラフである。
- 【図 5】さまざまな窒素添加量に対するフォーミング電圧を示すグラフである。
- 【図 6 A】窒素添加量が 0 % のときのフォーミング電圧のグラフである。
- 【図 6 B】窒素添加量が 0 . 5 % のときのフォーミング電圧のグラフである。
- 【図 6 C】窒素添加量が 1 . 0 % のときのフォーミング電圧のグラフである。
- 【図 6 D】窒素添加量が 2 . 0 % のときのフォーミング電圧のグラフである。
- 【図 6 E】窒素添加量が 5 . 0 % のときのフォーミング電圧のグラフである。
- 【図 7】S I M S 分析による窒素濃度の深さ依存性を示すグラフである。
- 【図 8】本発明の一実施形態に係る抵抗変化メモリの概略断面図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 3 】

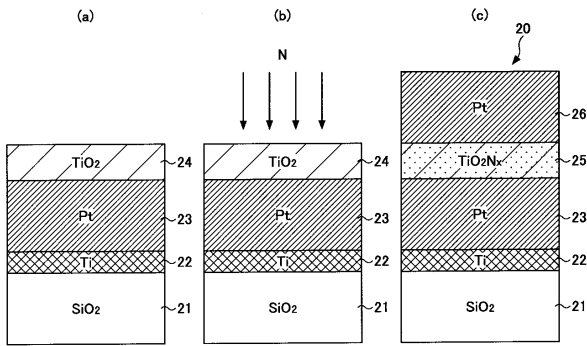
- 1 1、2 3 下部電極
- 1 2、2 4 抵抗変化膜
- 1 3、2 6 上部電極
- 1 5 伝導経路（フィラメントパス）
- 2 0 抵抗変化素子
- 2 5 窒素添加金属酸化膜（抵抗変化膜）
- 3 0 抵抗変化メモリ
- T r トランジスタ
- 5 4 ゲート電極（ワード線）
- 5 8 a トレイン
- 5 8 b ソース
- 7 4 ビット線

10

20

【図2】

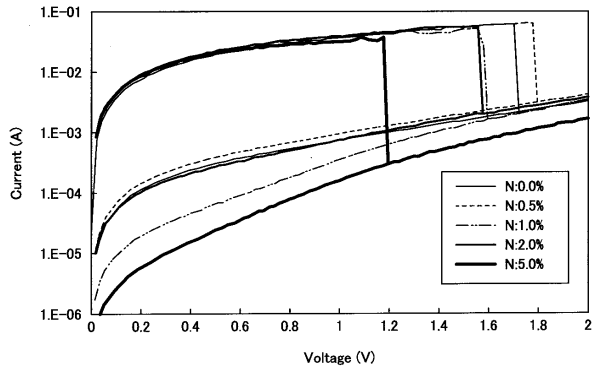
実施形態の抵抗変化素子の作製工程



【図3】

さまざまな窒素添加量に対するリセット時の電圧(横軸)、電流(縦軸)特性

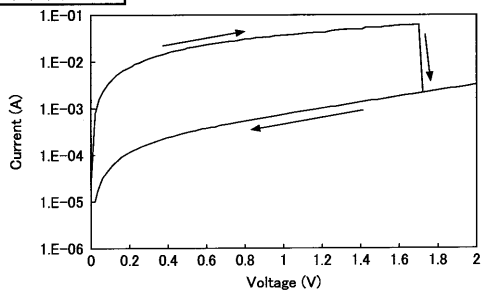
N含有濃度:0.0~5.0%



【図4A】

さまざまな窒素添加量に対するリセット時の電圧(横軸)、電流(縦軸)特性

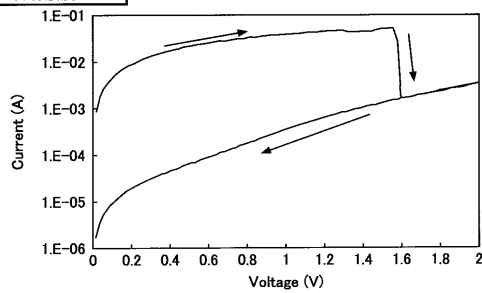
N含有濃度:0%



【図4C】

さまざまな窒素添加量に対するリセット時の電圧(横軸)、電流(縦軸)特性

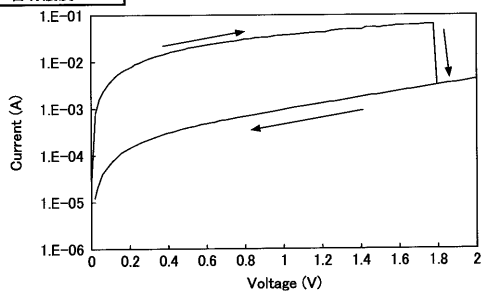
N含有濃度:1.0%



【図4B】

さまざまな窒素添加量に対するリセット時の電圧(横軸)、電流(縦軸)特性

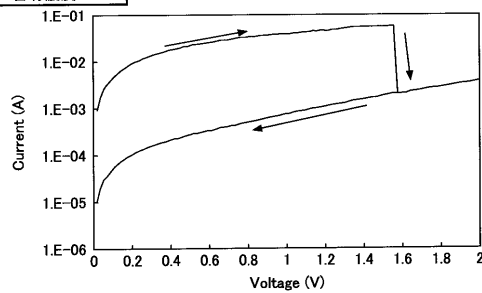
N含有濃度:0.5%



【図4D】

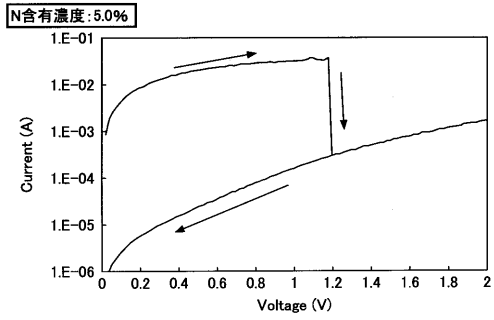
さまざまな窒素添加量に対するリセット時の電圧(横軸)、電流(縦軸)特性

N含有濃度:2.0%



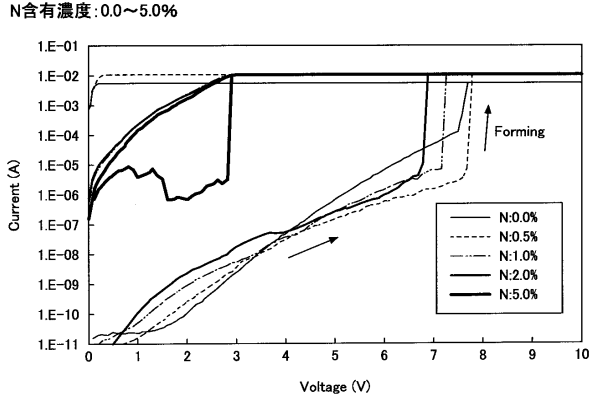
【 図 4 E 】

さまざまな窒素添加量に対するリセット時の電圧(横軸)、電流(縦軸)特性



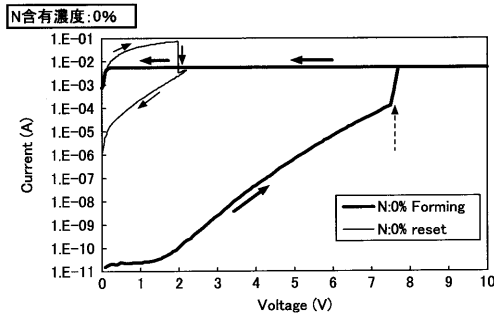
【 図 5 】

さまざまな窒素添加量に対するフォーミング電圧(横軸)、電流(縦軸)特性



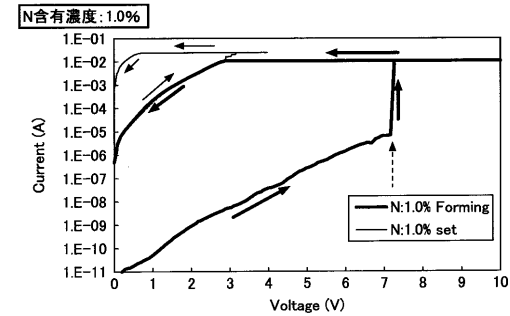
【 図 6 A 】

さまざまな窒素添加量に対するフォーミング電圧(横軸)、電流(縦軸)特性



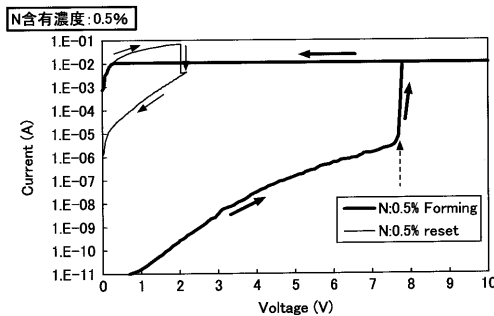
【 図 6 C 】

さまざまな窒素添加量に対するフォーミング電圧(横軸)、電流(縦軸)特性



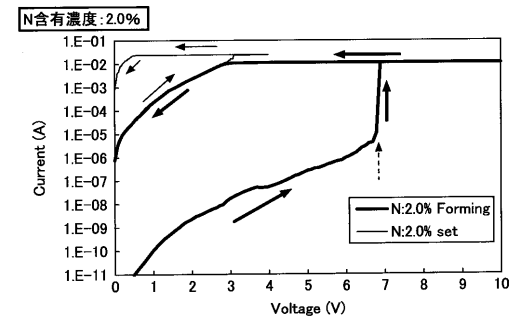
【 図 6 B 】

さまざまな窒素添加量に対するフォーミング電圧(横軸)、電流(縦軸)特性



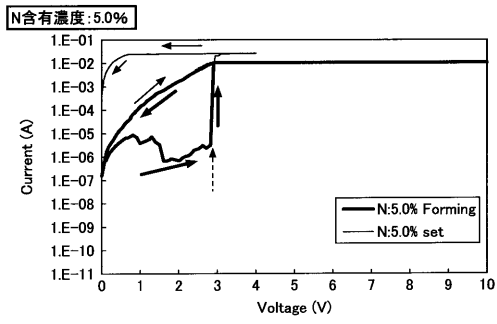
【 図 6 D 】

さまざまな窒素添加量に対するフォーミング電圧(横軸)、電流(縦軸)特性



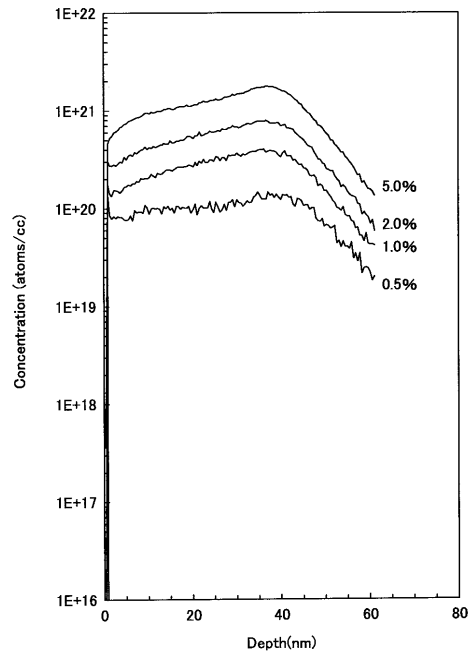
【 図 6 E 】

さまざまな窒素添加量に対するフォーミング電圧(横軸)、電流(縦軸)特性



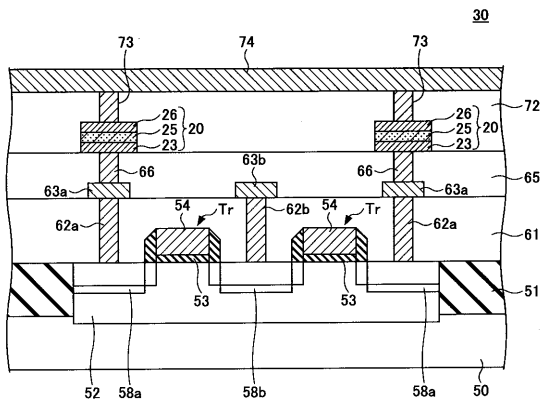
【 図 7 】

窒素プロファイル

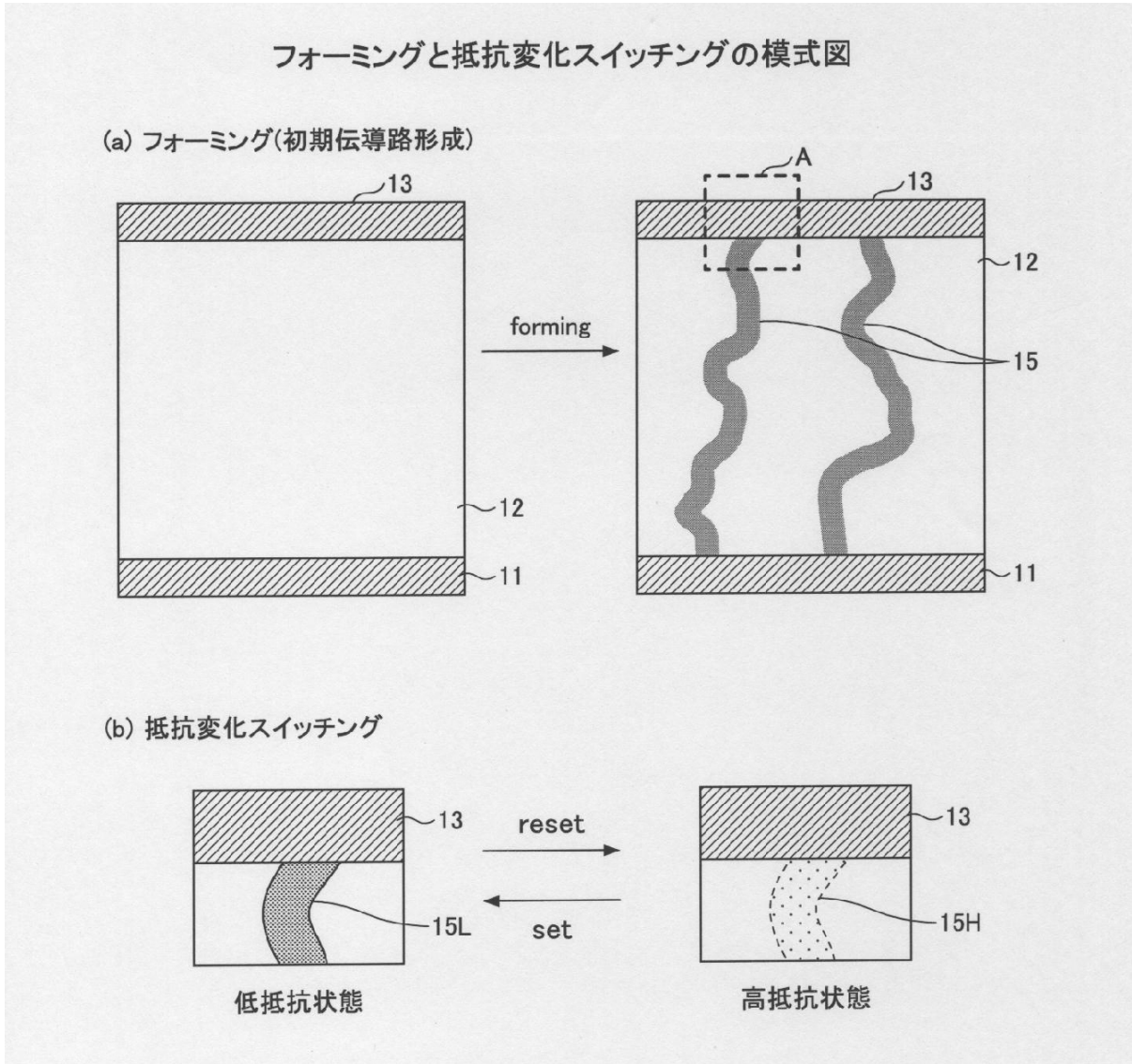


【 図 8 】

実施形態の抵抗変化メモリ



【図1】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-180176(JP,A)
特開2007-273548(JP,A)
特開2007-180202(JP,A)
特開2007-165710(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/10
H01L 45/00
H01L 49/00