

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5101061号
(P5101061)

(45) 発行日 平成24年12月19日 (2012.12.19)

(24) 登録日 平成24年10月5日 (2012.10.5)

(51) Int. Cl. F I
HO 1 L 27/105 (2006.01) HO 1 L 27/10 4 4 8
HO 1 L 45/00 (2006.01) HO 1 L 45/00 A

請求項の数 18 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2006-211302 (P2006-211302)	(73) 特許権者	390019839
(22) 出願日	平成18年8月2日 (2006.8.2)		三星電子株式会社
(65) 公開番号	特開2007-43176 (P2007-43176A)		S a m s u n g E l e c t r o n i c s
(43) 公開日	平成19年2月15日 (2007.2.15)		C o . , L t d .
審査請求日	平成21年7月31日 (2009.7.31)		大韓民国京畿道水原市靈通区三星路129
(31) 優先権主張番号	10-2005-0071482		129, S a m s u n g - r o , Y e o n
(32) 優先日	平成17年8月4日 (2005.8.4)		g t o n g - g u , S u w o n - s i , G
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		y e o n g g i - d o , R e p u b l i c
			o f K o r e a
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 相変化物質、それを含む相変化RAM並びに、その製造及び動作方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スイッチング素子、前記スイッチング素子に連結された下部電極、前記下部電極上に形成された下部電極コンタクト層、前記下部電極コンタクト層上に備えられ、下面の一部の領域が、前記下部電極コンタクト層の上面と接触した相変化層、及び前記相変化層上に形成された上部電極を備え、

前記相変化層は、結晶化温度と非晶質化温度とが異なる第1物質、及び前記第1物質に均一に分布された絶縁性の不純物を含み、前記第1物質は結晶状から非晶質状に、あるいはその逆に变化される場合があり、前記絶縁性の不純物は前記第1物質の非晶質化温度を低下させ、結晶化温度を上昇させるものであり、前記第1物質の格子空間または格子間サイトに位置し、 SiO_x ($x = 1 - 4$)、 TiO_x ($x = 1 - 4$)、 AlO 及び Al_2O_3 からなる群のうち選択された少なくとも何れか一つであることを特徴とする相変化RAM。

【請求項 2】

前記絶縁性の不純物は、前記相変化層全体に均一に分布されたことを特徴とする請求項1に記載の相変化RAM。

【請求項 3】

前記絶縁性の不純物は、相変化が起こる前記相変化層の所定領域にのみ均一に分布されたことを特徴とする請求項1に記載の相変化RAM。

【請求項 4】

前記絶縁性の不純物の含量は、体積を基準に前記相変化層の10%未満であることを特徴とする請求項1に記載の相変化RAM。

【請求項5】

前記下部電極コンタクト層は、TiNまたはTiAlNであるか、TiNやTiAlNよりゼーベック係数の絶対値が大きく、負の符号を有し、TiNやTiAlNより熱伝導度は低く、前記TiNやTiAlNと同じレベルの電気抵抗を有する物質層であることを特徴とする請求項1に記載の相変化RAM。

【請求項6】

前記下部電極コンタクト層は、コンタクトホールの一部を満たし、前記相変化層は、前記コンタクトホールの残りの部分を満たすことを特徴とする請求項1に記載の相変化RAM。

【請求項7】

スイッチング素子と、
前記スイッチング素子に連結された下部電極と、
前記スイッチング素子及び前記下部電極を覆う層間絶縁層と、
前記層間絶縁層に形成されており、前記下部電極が露出される第1コンタクトホールと、
前記第1コンタクトホールを満たす第1下部電極コンタクト層と、
前記層間絶縁層上に形成されており、前記第1下部電極コンタクト層を覆う第2下部電極コンタクト層と、
前記第2下部電極コンタクト層上に形成されており、前記第2下部電極コンタクト層が露出される第2コンタクトホールを備える絶縁層と、
前記絶縁層の上部面に形成されており、前記第2コンタクトホールを満たす相変化層と、

前記相変化層上に形成された上部電極と、を備え、
前記相変化層は、結晶化温度と非晶質化温度とが相異なる第1物質、及び前記第1物質に均一に分布された絶縁性の不純物を含み、前記第1物質は結晶状から非晶質状に、あるいはその逆に变化される場合があります、前記絶縁性の不純物は前記第1物質の非晶質化温度を低下させ、結晶化温度を上昇させるものであり、前記第1物質の格子空間または格子間サイトに位置し、 SiO_x ($x = 1 - 4$)、 TiO_x ($x = 1 - 4$)、 AlO 及び Al_2O_3 からなる群のうち選択された少なくとも何れか一つであることを特徴とする相変化RAM。

【請求項8】

前記絶縁性の不純物は、前記相変化層全体に均一に分布されたことを特徴とする請求項7に記載の相変化RAM。

【請求項9】

前記絶縁性の不純物は、前記下部電極コンタクト層と接触した部分を中心に相変化が起こる前記相変化層の所定領域にのみ均一に分布されたことを特徴とする請求項7に記載の相変化RAM。

【請求項10】

スイッチング素子、前記スイッチング素子に連結された下部電極、前記下部電極上に形成された下部電極コンタクト層、前記下部電極コンタクト層上に備えられ、下面の一部の領域が、前記下部電極コンタクト層の上面と接触した相変化層、及び前記相変化層上に形成された上部電極を備え、前記相変化層は、結晶化温度と非晶質化温度とが相異なる第1物質、及び前記第1物質に均一に分布された絶縁性の不純物を含み、前記第1物質は結晶状から非晶質状に、あるいはその逆に变化される場合があります、前記絶縁性の不純物は前記第1物質の非晶質化温度を低下させ、結晶化温度を上昇させるものであり、前記第1物質の格子空間または格子間サイトに位置し、 SiO_x ($x = 1 - 4$)、 TiO_x ($x = 1 - 4$)、 AlO 及び Al_2O_3 からなる群のうち選択された少なくとも何れか一つである相変化RAMの動作方法において、

前記相変化層及び前記下部電極コンタクト層を通過するリセット電流を印加して、前記相変化層の前記下部電極コンタクト層に接触した部分を非晶質状態に変えることを特徴とする相変化 R A M の動作方法。

【請求項 1 1】

前記リセット電流は、前記下部電極コンタクト層として T i N や T i A l N が使用されるときのリセット電流より小さいことを特徴とする請求項 1 0 に記載の相変化 R A M の動作方法。

【請求項 1 2】

前記下部電極コンタクト層は、コンタクトホールの一部を満たし、前記相変化層は、前記コンタクトホールの残りの部分を満たすことを特徴とする請求項 1 0 に記載の相変化 R A M の動作方法。

10

【請求項 1 3】

前記リセット電流を印加した後、前記相変化層および前記下部電極コンタクト層を通過するセット電流を前記リセット電流より長時間印加することを特徴とする請求項 1 0 に記載の相変化 R A M の動作方法。

【請求項 1 4】

前記絶縁性の不純物は、前記相変化層の全体に分布されたことを特徴とする請求項 1 0 に記載の相変化 R A M の動作方法。

【請求項 1 5】

前記絶縁性の不純物は、前記下部電極コンタクト層と接触する相変化層の一部の領域にのみ分布されたことを特徴とする請求項 1 0 に記載の相変化 R A M の動作方法。

20

【請求項 1 6】

前記相変化層は、T 字型であり、

前記下部電極コンタクト層は、前記スイッチング素子に連結される第 1 下部電極コンタクト層、及び前記 T 字型相変化層と前記第 1 下部電極コンタクト層とを連結する第 2 下部電極コンタクト層を備えることを特徴とする請求項 1 0 に記載の相変化 R A M の動作方法。

【請求項 1 7】

前記下部電極コンタクト層の側面は、スペーサで取り囲まれたことを特徴とする請求項 1 0 に記載の相変化 R A M の動作方法。

30

【請求項 1 8】

基板に形成されたスイッチング素子、前記スイッチング素子に連結された下部電極、前記下部電極上に形成された下部電極コンタクト層、前記下部電極コンタクト層上に備えられ、下面の一部の領域が前記下部電極コンタクト層の上面と接触した相変化層、及び前記相変化層上に形成された上部電極を備え、前記相変化層は、結晶化温度と非晶質化温度とが相異なる第 1 物質、及び前記第 1 物質に均一に分布された絶縁性の不純物を含み、前記第 1 物質は結晶状から非晶質状に、あるいはその逆に变化される場合があり、前記絶縁性の不純物は前記第 1 物質の非晶質化温度を低下させ、結晶化温度を上昇させるものであり、前記第 1 物質の格子空間または格子間サイトに位置し、 $S i O_x$ ($x = 1 - 4$)、 $T i O_x$ ($x = 1 - 4$)、 $A l O$ 及び $A l_2 O_3$ からなる群のうち選択された少なくとも何れか一つである相変化 R A M の製造方法において、

40

前記下部電極コンタクト層が形成された結果物の上面上に、前記絶縁性の不純物が除外された相変化層の構成物と前記絶縁性の不純物とが均一に混合された物質を形成して、前記絶縁性の不純物が均一に分布された相変化層を形成することを特徴とする相変化 R A M の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体メモリ素子に係り、さらに詳細には、相変化物質、それを含む相変化 R A M (P h a s e C h a n g e R a n d o m A c c e s s M e m o r y : P R

50

ＡＭ）とその製造及び動作方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

ＰＲＡＭでデータが記録される相変化層は、所定温度によって結晶または非晶質になる。前記相変化層が結晶であるときにＰＲＡＭの抵抗は低く、非晶質であるときには高い。ＰＲＡＭは、相変化層が結晶であるときと非晶質であるとき、抵抗が異なる点を利用してビットデータを記録して読み取る不揮発性メモリ素子である。

【０００３】

現在、ＰＲＡＭにおける問題点は、相変化層を非晶質化させるのに必要なリセット電流 I_{reset} が大きいという点である。

10

【０００４】

半導体製造技術の発展によって、ＰＲＡＭで相変化層の含まれたストリッジノード及びトランジスタのサイズを縮小してＰＲＡＭの集積度を高めることは技術的に難しい。

【０００５】

ところが、トランジスタのサイズを縮小する場合、トランジスタの許容可能な最大電流も小さくなる。したがって、ＰＲＡＭのリセット電流を減らさなくてはＰＲＡＭの集積度を高め難い。

【０００６】

また、現在のＰＲＡＭは、結晶化温度が低い。したがって、現在のＰＲＡＭは、周辺環境に影響されやすく、これにより、リテンション特性が低くなって、ＰＲＡＭの信頼性が低下しうる。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

本発明が解決しようとする技術的課題は、前記問題点を改善するためのものであり、非晶質化温度（ T_m ）は低く、結晶化温度（ T_x ）は高い相変化物質を提供するところにある。

【０００８】

本発明が解決しようとする他の技術的課題は、前記相変化物質を相変化層で備えて、リセット電流を下げ、リテンション特性を改善できるＰＲＡＭを提供するところにある。

30

【０００９】

本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、前記ＰＲＡＭの動作方法を提供するところにある。

【００１０】

本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、前記ＰＲＡＭの製造方法を提供するところにある。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

前記技術的課題を解決するために、本発明は、結晶化と非晶質化との温度が異なる第１物質、及び前記第１物質に均一に分布された絶縁性の不純物を含むことを特徴とする相変化物質を提供する。

40

【００１２】

前記絶縁性の不純物は、前記第１物質の全体領域または局所領域にのみ均一に分布される。そして、前記絶縁性の不純物は、 SiO_x （ $x = 1 \sim 4$ ）、 SiN 、 Si_3N_4 、 TiO_x （ $x = 1 \sim 4$ ）、 AlO 及び Al_2O_3 からなる群から選択された少なくとも何れか一つでありうる。また、前記絶縁性の不純物の含量は、体積を基準に前記第１物質の１０％未満でありうる。また、前記絶縁性の不純物は、前記第１物質の内部の格子空間または格子間サイトに存在できる。

【００１３】

前記他の技術的課題を解決するために、本発明は、スイッチング素子、前記スイッチン

50

グ素子に連結された下部電極、前記下部電極上に形成された下部電極コンタクト層、前記下部電極コンタクト層上に備えられ、下面の一部の領域が、前記下部電極コンタクト層の上面と接触した相変化層、及び前記相変化層上に形成された上部電極を備えるが、前記相変化層は、均一に分布された絶縁性の不純物を含むことを特徴とするP R A Mを提供する。

【0014】

ここで、前記絶縁性の不純物は、前記相変化層全体に均一に分布されうる。

【0015】

また、前記絶縁性の不純物は、相変化が起こる前記相変化層の所定領域にのみ均一に分布された状態で存在できる。

【0016】

前記絶縁性の不純物は、 SiO_x ($x = 1 \sim 4$)、 SiN 、 Si_3N_4 、 TiO_x ($x = 1 \sim 4$)、 AlO 及び Al_2O_3 からなる群から選択された少なくとも何れか一つでありうる。

【0017】

前記絶縁性の不純物の含量は、体積を基準に前記相変化層の10%以下でありうる。

【0018】

前記下部電極コンタクト層は、 TiN または TiAlN であるか、 TiN や TiAlN よりゼーベック係数の絶対値が大きく、負の符号を有し、 TiN や TiAlN より熱伝導度は低く、前記 TiN や TiAlN と同じレベルの電気抵抗を有する物質層でありうる。

【0019】

前記下部電極コンタクト層は、ドーピングされた TiN 、 TiAlN 、 n タイプの SiGe 層、 n タイプの PbTe 層、 n タイプのポリシリコン層及びコバルトシリコン層のうち何れか一つでありうる。

【0020】

前記下部電極コンタクト層の周りに、スペーサがさらに備えられうる。

【0021】

前記下部電極コンタクト層は、コンタクトホールの一部を満たし、前記相変化層は、前記コンタクト層の残りの部分を満たしうる。

【0022】

また、本発明は、前記他の技術的課題を解決するために、前記スイッチング素子に連結された下部電極と、前記スイッチング素子及び前記下部電極を覆う層間絶縁層と、前記層間絶縁層に形成されており、前記下部電極が露出される第1コンタクトホールと、前記第1コンタクトホールを満たす第1下部電極コンタクト層と、前記層間絶縁層上に形成されており、前記第1下部電極コンタクト層を覆う第2下部電極コンタクト層と、前記第2下部電極コンタクト層上に形成されており、前記第2下部電極コンタクト層が露出される第2コンタクトホールを備える絶縁層と、前記絶縁層の相部面に形成されており、前記第2コンタクトホールを満たす相変化層と、前記相変化層上に形成された上部電極と、を備えるが、前記相変化層は、均一に分布された絶縁性の不純物を含むことを特徴とするP R A Mを提供する。

【0023】

このP R A Mで前記絶縁性の不純物の特徴は、前述した通りでありうる。

【0024】

前記さらに他の技術的課題を解決するために、本発明は、前記スイッチング素子に連結された下部電極、前記下部電極上に形成された下部電極コンタクト層、前記下部電極コンタクト層上に備えられ、下面の一部の領域が、前記下部電極コンタクト層の上面と接触した相変化層、及び前記相変化層上に形成された上部電極を備えるが、前記相変化層は、均一に分布された絶縁性の不純物を含む相変化R A Mの動作方法において、前記相変化層及び前記下部電極コンタクト層を通過するリセット電流を印加して、前記相変化層の前記下部電極コンタクト層に接触した部分を非晶質状態に変えることを特徴とするP R A Mの動

10

20

30

40

50

作方法を提供する。

【 0 0 2 5 】

前記リセット電流を印加した後、前記相変化層および前記下部電極コンタクト層を通過するセット電流を前記リセット電流より長時間印加できる。

【 0 0 2 6 】

前記絶縁性の不純物は、前記相変化層の全体または一部に均一に分布されうる。

【 0 0 2 7 】

前記相変化層は、T字型であり、前記下部電極コンタクト層は、前記スイッチング素子に連結される第1下部電極コンタクト層、及び前記T字型相変化層と前記第1下部電極コンタクト層とを連結する第2下部電極コンタクト層を備えうる。

10

【 0 0 2 8 】

前記下部電極コンタクト層の側面は、スペーサで取り囲まれうる。

【 0 0 2 9 】

前記さらに他の技術的課題を解決するために、本発明は、基板に形成されたスイッチング素子、前記スイッチング素子に連結された下部電極、前記下部電極上に形成された下部電極コンタクト層、前記下部電極コンタクト層上に備えられ、下面の一部の領域が前記下部電極コンタクト層の上面と接触した相変化層、及び前記相変化層上に形成された上部電極を備えるが、前記相変化層は、均一に分布された絶縁性の不純物を含む相変化RAMの製造方法において、前記下部電極コンタクト層が形成された結果物の上面上に、前記絶縁性の不純物が除外された相変化層の構成物と前記絶縁性の不純物とが均一に混合された物質を形成して、前記絶縁性の不純物が均一に分布された相変化層を形成することを特徴とするPRAMの製造方法を提供する。

20

【 0 0 3 0 】

前記絶縁性の不純物が除外された前記相変化層の構成物は、前記構成物の一部を含むターゲットと、前記構成物の残りを含む他のターゲットとを同時にスパッタリングさせるか、または前記構成物の全てを含むターゲットをスパッタリングさせて形成できる。

【 0 0 3 1 】

前記絶縁性の不純物は、前記絶縁性の不純物を含むターゲットをスパッタリングさせて形成できる。

【 0 0 3 2 】

30

前記相変化層内の前記絶縁性の不純物の含量は、体積を基準に10%以下になるように前記絶縁性の不純物を含むターゲットに電力を印加し、必要に応じて印加電力を可変させうる。

【 0 0 3 3 】

前記絶縁性の不純物を含むターゲットに、30W～500Wの電力を印加できる。

【 0 0 3 4 】

前記絶縁性の不純物は、 SiO_x ($x = 1 \sim 4$)、 SiN 、 Si_3N_4 、 TiO_x ($x = 1 \sim 4$)、 AlO 及び Al_2O_3 からなる群から選択された少なくとも何れか一つでありうる。

【 0 0 3 5 】

40

前記製造方法で、前記相変化層は、T字型に形成し、前記下部電極コンタクト層は、前記スイッチング素子に連結される第1下部電極コンタクト層及び、前記T字型相変化層と前記第1下部電極コンタクト層とを連結する第2下部電極コンタクト層で形成できる。また、前記下部電極コンタクト層の側面をスペーサで取り囲みうる。

【発明の効果】

【 0 0 3 6 】

このような本発明を利用すれば、相変化層内に均一に分布された絶縁性の不純物によって、PRAMの非晶質化温度 T_m は低くなり、結晶化温度 T_x は高くなる。これにより、PRAMのリセット電流は実質的に小さくなるので、トランジスタのサイズを、小さくなったリセット電流に合わせて縮小できる。また、結晶化温度の上昇により、PRAMのリ

50

テンション特性が改善されうる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

以下、本発明の実施形態による相変化物質、それを含むPRAM並びにその製造及び動作方法を、添付された図面を参照して詳細に説明する。その過程で、図面に図示された層や領域の厚さは、明細書の明確性のために誇張されて図示されたものである。

【0038】

まず、本発明の第1実施形態によるPRAM(以下、第1PRAM)を説明する。相変化物質は、第1PRAMの相変化層と実質的に同じであり、相変化物質についての説明は、第1PRAMの相変化層の説明に代替する。

【0039】

図1に示すように、第1PRAMの基板40に所定の導電性不純物、例えば、n型不純物がドーピングされた第1不純物領域S1及び第2不純物領域D1が所定間隔で存在する。基板40は、例えば、p型シリコン基板でありうる。第1不純物領域S1及び第2不純物領域D1は、多様な形態を有しうる。第1不純物領域S1及び第2不純物領域D1のうち何れか一つ、例えば、第1不純物領域S1は、ソース領域であり、残りの領域は、ドレイン領域でありうる。第1不純物領域S1と第2不純物領域D1との間の基板40上にゲート酸化膜42が存在し、ゲート酸化膜42上にゲート44が形成されている。基板40、第1不純物領域S1、第2不純物領域D1及びゲート44は、電界効果トランジスタを構成する。このような電界効果トランジスタは、PN接合ダイオードに代替されうる。

【0040】

次いで、基板40上へ前記トランジスタを覆う第1層間絶縁層46が形成されている。第1層間絶縁層46に、第1不純物領域S1が露出されるコンタクトホール48が形成されている。コンタクトホール48は、第1不純物領域S1の代わりに、第2不純物領域D1が露出される位置に形成されてもよい。コンタクトホール48は、導電性プラグ50で充填されている。第1層間絶縁層46上に導電性プラグ50の露出された上面を覆う下部電極52が存在する。下部電極52は、パッド層の役割も行う。第1層間絶縁層46上に、下部電極52を覆う第2層間絶縁層54が存在し、第2層間絶縁層54には、下部電極52の上面が露出されるコンタクトホール56が形成されている。第2層間絶縁層54は、第1層間絶縁層46と同じ絶縁層でありうる。コンタクトホール56は、下部電極コンタクト層58で満たされている。下部電極コンタクト層58は、TiNやTiAlNよりゼーベック係数の絶対値が大きく、負の符号を有し、TiNやTiAlNより熱伝導度は低く、前記TiNやTiAlNと同じレベルの電気抵抗を有する物質層でありうる。第2層間絶縁層54上に、下部電極コンタクト層58の露出された上面を覆う相変化層60が存在する。相変化層60は、結晶化温度と非晶質化温度とが異なる第1物質を含む。前記第1物質は、格子空間及び格子間サイトを有する。相変化層60は、前記第1物質と共に絶縁性の不純物60pを含む。前記絶縁性の不純物60pは、前記第1物質の全体領域または一部の領域にのみ均一に分布されうる。このとき、前記絶縁性の不純物60pは、前記第1物質の前記格子空間または格子間サイトに存在できる。相変化層60の前記第1物質は、例えば、GST($\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$)でありうる。絶縁性の不純物60pは、微粒子状態、分子状態あるいは原子状態で存在できる。このような絶縁性の不純物60pは、例えば、シリコン酸化物(SiO_x)($x=1\sim 4$)、シリコン窒化物(SiN 、 Si_3N_4)、チタン酸化物(TiO_x)($x=1\sim 4$)、アルミニウム酸化物(AlO 、 Al_2O_3)でありうる。前記シリコン酸化物 SiO_x は、例えば、 SiO_2 または SiO_4 であり、前記 TiO_x は、例えば、 TiO_2 でありうる。このような絶縁性の不純物60pの含量は、体積を基準に相変化層60の10%未満であることが望ましいが、絶縁性の不純物60pの最適の含量は、この範囲内で絶縁性の不純物60pの種類によって異なりうる。例えば、絶縁性の不純物60pが SiO_2 である場合、絶縁性の不純物60pの含量は、6%程度が望ましい。相変化層60上には、上部電極62が形成されている。上部電極62は、TiN電極またはTiAlN電極でありうる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

一方、図 1 の所定領域 P 1 を拡大した図 2 に示すように、下部電極コンタクト層 5 8 と第 2 層間絶縁層 5 4 との間にスペーサ 7 0 が備えられてもよい。スペーサは、コンタクトホール 5 6 のサイズを小さく形成するための手段として備えられた。スペーサの材質は、下部電極コンタクト層 5 8 の材質によって異なりうるが、 SiN 、 SiO_2 、 Al_2O_3 及び SiON からなる群から選択された何れか一つでありうる。

【 0 0 4 2 】

一方、第 1 P R A M は、図 3 に示すように、コンタクトホール 5 6 の上端が相変化層 6 0 で満たされうる。すなわち、コンタクトホール 5 6 は、下部電極コンタクト層 5 8 でほとんど満たされ、一部が相変化層 6 0 で満たされうる。

10

【 0 0 4 3 】

次に、本発明の第 2 実施形態による P R A M (以下、第 2 P R A M) について説明する。前記第 2 P R A M は、絶縁性の不純物 6 0 p が相変化層 6 0 の一部の領域にのみ均一に分布するところに特徴がある。

【 0 0 4 4 】

具体的には、図 4 に示すように、前記第 2 P R A M で、絶縁性の不純物 6 0 p は、相変化層 6 0 全体に分布するのではなく、下部電極コンタクト層 5 8 と接触しており、実際相変化が起こる相変化層 6 0 の一部の領域 A 1 にのみ均一に分布する。

【 0 0 4 5 】

本発明者は、前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M 関連して、相変化層 6 0 に絶縁性の不純物 6 0 p が均一に分布されているか否かと、それによる効果を検証するための実験を実施した。

20

【 0 0 4 6 】

前記実験で本発明者は、まず、相変化層 6 0 内に絶縁性の不純物 6 0 p の存否を確認するために、絶縁性の不純物 6 0 p の含量を異ならせた第 1 実験用 P R A M ないし第 3 実験用 P R A M を形成した。このとき、相変化層 6 0 として G S T 層を使用し、絶縁性の不純物 6 0 p としては、 SiO_2 を使用した。

【 0 0 4 7 】

前記第 1 実験用 P R A M の相変化層は、相変化層を形成するためのスパッタリング蒸着過程で、絶縁性の不純物 6 0 p が放出される SiO_2 ターゲットに 6 0 W の電力を印加して形成したものである。そして、前記第 2 実験用 P R A M の相変化層は、前記 SiO_2 ターゲットに 1 0 0 W の電力を印加して形成したものである。また、前記第 3 実験用 P R A M の相変化層は、前記 SiO_2 ターゲットに 1 2 0 W の電力を印加して形成したものである。

30

【 0 0 4 8 】

図 5 は、前記第 1 実験用 P R A M の相変化層に対する X 線の光電子分光 (X P S) の測定結果を示すグラフである。そして、図 6 及び図 7 は、それぞれ前記第 2 実験用 P R A M 及び第 3 実験用 P R A M の相変化層に対するエックス線光電子分光の測定結果を示すグラフである。

【 0 0 4 9 】

図 5 ないし図 7 で点線で表示した第 1 ボックス B 1、第 2 ボックス B 2 及び第 3 ボックス B 3 は、 SiO_2 のピークを表す。図 5 ないし図 7 で第 1 ボックス B 1、第 2 ボックス B 2 及び第 3 ボックス B 3 を互いに比較すると、第 1 実験用 P R A M の相変化層から第 3 実験用 P R A M の相変化層に行くほど、 SiO_2 のピークは顕著になるということが分かる。

40

【 0 0 5 0 】

図 5 ないし図 7 のこのような結果から、第 1 実験用 P R A M、第 2 実験用 P R A M 及び第 3 実験用 P R A M の相変化層には、絶縁性の不純物として SiO_2 が存在するということが分かり、相変化層の製造工程で、 SiO_2 ターゲットに印加される電力が増加するほど、相変化層内の SiO_2 含量も増加するということが分かる。

50

【 0 0 5 1 】

相変化層内の SiO_2 の含量と、相変化層の製造工程で SiO_2 ターゲットに印加される電力との関係は、完成した相変化層に対する偏光解析法 (Ellipsometry) の分析結果によって分かる。

【 0 0 5 2 】

図 8 は、前記第 1 実験用 P R A M、第 2 実験用 P R A M 及び第 3 実験用 P R A M の相変化層に対する偏光解析法の分析結果を示すグラフである。

【 0 0 5 3 】

図 8 に示すように、相変化層製造工程で、 SiO_2 ターゲットに印加される電力に比例して相変化層内の SiO_2 含量も増加するということが分かる。

10

【 0 0 5 4 】

次いで、本発明者は、相変化層の製造工程で、 SiO_2 ターゲットに印加される電力による前記第 1 実験用 P R A M、第 2 実験用 P R A M 及び第 3 実験用 P R A M の相変化層のシート抵抗の変化を測定し、その結果を図 9 に示した。前記シート抵抗の変化を測定する実験では、前記第 1 実験用 P R A M、第 2 実験用 P R A M 及び第 3 実験用 P R A M の相変化層全体を完全な結晶状態に維持するために、前記第 1 実験用 P R A M、第 2 実験用 P R A M 及び第 3 実験用 P R A M を製造する過程で相変化層を形成した直後、その結果物を 300 で約 10 分間アニーリングした。したがって、図 9 の結果は、相変化層全体が結晶状態である前記第 1 実験用 P R A M、第 2 実験用 P R A M 及び第 3 実験用 P R A M の相変化層に対するシート抵抗の変化を示す。

20

【 0 0 5 5 】

絶縁性の不純物を含んでいない従来の相変化層である G S T 層のシート抵抗 R_s が、200 / であることに鑑みれば、図 9 に示すように、相変化層の製造工程で、 SiO_2 ターゲットに印加される電力が増加するほど、シート抵抗が大きくなるということが分かるが、グラフ G 1 の変化様相を見れば、前記 SiO_2 ターゲットに印加される電力が増加するにつれて、シート抵抗は指数関数的に増加するということが分かる。

【 0 0 5 6 】

図 8 から、相変化層の製造工程で SiO_2 ターゲットに印加される電力が増加するほど、相変化層内の SiO_2 含量も増加するということが分かり、相変化層内の SiO_2 含量が増加するほど、相変化層のシート抵抗は指数関数的に増加するということが分かる。

30

【 0 0 5 7 】

このように、本発明の P R A M は、相変化層のシート抵抗が従来の P R A M の相変化層のシート抵抗より大きいので、本発明の P R A M と従来の P R A M とに同じ大きさのリセット電流が印加される場合、本発明の P R A M の相変化層でさらに大きなジュール熱が発生する。これは、本発明の P R A M 及び従来の P R A M に同じ大きさのジュール熱を発生させるために、本発明の P R A M に、前記従来の P R A M に印加されるリセット電流より小さなリセット電流を印加できるということを意味する。

【 0 0 5 8 】

一方、前述したように、相変化層の製造工程で、 SiO_2 ターゲットに印加される電力によって、または相変化層内の SiO_2 含量によって相変化層のシート抵抗は指数関数的に増加するため、相変化層内の SiO_2 含量が増加し過ぎる場合、相変化層のシート抵抗が大きく増加する。したがって、相変化層内の SiO_2 体積含量は 10 % より小さく維持することが望ましい。

40

【 0 0 5 9 】

次に、本発明者は、前記実験の一つとして、絶縁性の不純物が含まれていない相変化層 (以下、従来の相変化層) 及び前記第 3 実験用 P R A M の相変化層に対する X 線回折分析を実施し、図 10 は、その結果を示すグラフである。図 10 で、第 2 グラフ G 2 は、従来の P R A M についてのものであり、第 3 グラフ G 3 は、前記第 3 実験用 P R A M についてのものである。

【 0 0 6 0 】

50

図10の第2グラフG2と第3グラフG3とを比較すると、前記第3実験用PRAMの相変化層の場合、前記従来の相変化層と同様に、結晶格子構造は、面心立方(FCC)構造を有しているということが分かる。また、前記第3実験用PRAMの相変化層の場合、多様な結晶方向でのピークの半値全幅が大きく、ピークが低く、多少広く、ノイズがある点から見れば、結晶粒径が小さく、格子が多少歪曲されているということが分かる。

【0061】

次いで、本発明者は、本発明のPRAMの相変化層内の絶縁性の不純物の分布を観察するために、相変化層の形成工程で、SiO₂ターゲットに180Wの電力を印加して相変化層を形成した。本発明者は、このように形成した相変化層を対象としてGIF(Gatan Image Filter)を利用してシリコンマップを測定した。図11は、この測定結果を示す。図11の相変化層60で黒い部分は、GSTであり、白い部分は、シリコン(Si)である。

10

【0062】

図11に示すように、相変化層60で、シリコンは、均一に分布されていることが分かり、粒子やクラスタ形態のSiO_xは観察されていないということが分かる。次に、本発明者は、このような本発明のPRAMの相変化層に対して絶縁性の不純物の含量による相変化温度、すなわち、結晶化温度及び非晶質化温度を測定した。この測定の対象としては、相変化層の形成のためのコ・スパッタリング工程で、SiO₂ターゲットに120Wの電力を印加して形成した第1相変化層、前記SiO₂ターゲットに180Wの電力を印加して形成した第2相変化層、及び前記SiO₂ターゲットに300Wの電力を印加して形成した第3相変化層を使用した。

20

【0063】

図12は、この測定結果を示す。図12で横軸は、温度変化を表し、縦軸は、相変化層の相変化を知らせる値の変化を表す。そして、図12で、第1グラフGG1は、前記第1相変化層に対する測定結果を表し、第2グラフGG2は、前記第2相変化層に対する測定結果を表す。また、第3グラフGG3は、前記第3相変化層に対する測定結果を表す。

【0064】

図12に示すように、第1グラフGG1、第2グラフGG2及び第3グラフGG3は、第1区間AA1で1次屈折されて、値が減少するということが分かる。第1区間AA1で、前記第1相変化層ないし第3相変化層の値の減少は、前記第1相変化層ないし第3相変化層の相が非晶質から結晶質に変化することを意味する。すなわち、前記第1相変化層ないし第3相変化層は、第1区間AA1で結晶化される。第1区間AA1での結晶化温度は、前記第1相変化層ないし第3相変化層別に異なる。

30

【0065】

具体的には、前記第1相変化層は、150付近で結晶化されるが、前記第2相変化層は、180に近い温度で結晶化され、前記第3相変化層は、前記第2相変化層より高温で結晶化されるということが分かる。結晶化温度が、前記第1相変化層から前記第3相変化層に行くほど高くなるという事実から、本発明のPRAMで相変化層の結晶化温度Txは、相変化層に含まれた絶縁性の不純物の含量が高いほど高くなるということが分かる。そして、従来のPRAMの相変化層の結晶化温度が約150であることに鑑みれば、前記第1相変化層ないし第3相変化層の結晶化温度は、約150～200であって、従来のPRAMの相変化層の結晶化温度より高いということが分かる。

40

【0066】

次いで、第1グラフGG1、第2グラフGG2及び第3グラフGG3は、第1区間AA1を経て増加し続け、第2区間AA2で2次屈折されて、値が大きく減少するということが分かる。第2区間AA2で、前記第1相変化層ないし第3相変化層の値が大きく減少するのは、第2区間AA2で、前記第1相変化層ないし第3相変化層の相が結晶から非晶質に変化するためである。すなわち、前記第1相変化層ないし第3相変化層は、第2区間AA2で溶解されて非晶質化される。前記第1相変化層ないし第3相変化層の非晶質化の温度は、前記結晶化時と同様に、相変化層に含まれた絶縁性の不純物の含量によって変

50

わる。

【 0 0 6 7 】

具体的には、第 2 区間 A A 2 で、前記第 1 相変化層は、約 6 3 0 で溶解され、すなわち、非晶質化され、前記第 2 相変化層は、約 6 4 0 で非晶質化され、前記第 3 相変化層は、約 6 0 0 で非晶質化されるということが分かる。このような事実から本発明の P R A M で、相変化層の非晶質化温度 T_m は、相変化層に含まれた絶縁性の不純物、例えば、 $S i O_2$ の含量が多いほど低くなるということが分かる。そして、従来の P R A M で、相変化層の非晶質化温度が約 6 3 0 であることに鑑みれば、本発明の P R A M で、相変化層の非晶質化温度は、従来の P R A M の相変化層の非晶質化温度より低いということが分かる。また、図 1 2 の結果は、本発明の P R A M で、相変化層に含まれた絶縁性の不純物の含量によって、相変化層の非晶質化温度を 6 0 0 より低温に下げうるということを示唆する。

10

【 0 0 6 8 】

前述した実験結果から、均一に分布された絶縁性の不純物を含む相変化層が備えられた前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M の結晶化温度は、従来より高くなり、非晶質化温度は、従来より低くなるということが分かる。これにより、前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M のリセット電流は、従来よりも低くなる。そして、前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M の結晶化温度が高いということは、前記リセット電流により記録されたデータが、前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M の外部環境により変化する可能性が従来よりも低いということの意味し、前記リセット電流により前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M に記録されたデータは、従来よりもはるかに長時間安定した状態に維持されうるということの意味する。すなわち、前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M のリテンション特性は、従来の P R A M よりはるかに優れているということの意味する。

20

【 0 0 6 9 】

一方、前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M の下部電極コンタクト層 5 8 は、従来の P R A M で下部電極コンタクト層として使用された $T i N$ や $T i A l N$ より、ペルチェ効果が優秀でありながら、抵抗は類似しており、かつ熱伝導度ははるかに低い物質層でありうる。

【 0 0 7 0 】

前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M の相変化層 6 0 にリセット電流が印加され、相変化層 6 0 の一部の領域が結晶状態から非晶質状態に変わることは、前記リセット電流に起因して相変化層 6 0 の前記一部の領域に熱が発生し、この熱により、相変化層 6 0 の前記一部の領域の温度が瞬間的に相変化温度以上になるためである。

30

【 0 0 7 1 】

相変化層 6 0 に前記リセット電流が印加され、相変化層 6 0 の前記一部の領域に発生する全ての熱は、ジュール熱、熱伝導損失及びペルチェ効果に起因して発生する熱（以下、ペルチェ熱という）の和である。

【 0 0 7 2 】

前記ペルチェ熱は、ペルチェ効果に起因するため、下部電極コンタクト層 5 8 のサイズ変化によるセット抵抗の変化のような問題点は有していない。したがって、前記ペルチェ熱を増加させる場合、セット抵抗が大きくなるという問題は考慮対象から除外しつつ、相変化層 6 0 の前記一部の領域で発生する全ての熱を増加させうる。これは、すなわち、ペルチェ熱による全ての熱の増加分に該当するほど、リセット電流を減らしうるということの意味する。

40

【 0 0 7 3 】

下部電極コンタクト層 5 8 から発生するペルチェ熱は、下部電極コンタクト層 5 8 が従来の $T i N$ 、 $T i A l N$ 層であるときより大きく増加する。したがって、前記第 1 P R A M 及び第 2 P R A M のリセット電流は、ペルチェ熱が増加した分だけ小さくすることができる。このとき、下部電極コンタクト層 5 8 のサイズは変わらないので、セット抵抗は大きくならない。このような下部電極コンタクト層 5 8 の利点及び前述した相変化層 6 0 の

50

利点を共に考慮する場合、前記第１ＰＲＡＭ及び第２ＰＲＡＭのリセット電流はさらに小さくなる。

【００７４】

前記第１ＰＲＡＭ及び第２ＰＲＡＭの下部電極コンタクト層５８は、多様な形態に変形されうる。例えば、下部電極コンタクト層５８は、広くて平らであり、相変化層６０は、下部が層間絶縁層（図１３の６６を参照）に制限されたＴ字型でありうる。すなわち、下部電極コンタクト層５８と相変化層６０との接触面が層間絶縁層によって制限された構造でありうる。

【００７５】

具体的には、図１３に示すように、絶縁層５４に形成されたコンタクトホール５６は、第１下部電極コンタクト層５９ａで満たされている。第１下部電極コンタクト層５９ａの周りにスペーサがさらに備えられうる。絶縁層５４上に第１下部電極コンタクト層５９ａの露出された部分、すなわち、上面を覆う第２下部電極コンタクト層５９ｂが存在する。第１下部電極コンタクト層５９ａ及び第２下部電極コンタクト層５９ｂは、同じ物質から形成されることが望ましいが、必要な場合には異なってもよい。第１下部電極コンタクト層５９ａ及び第２下部電極コンタクト層５９ｂをなす物質は、前記第１ＰＲＡＭ及び第２ＰＲＡＭの下部電極コンタクト層５８をなす物質と同じでありうる。第１下部電極コンタクト層５９ａ及び第２下部電極コンタクト層５９ｂは、一回の工程で形成してもよく、まず、第１下部電極コンタクト層５９ａを形成した後、第２下部電極コンタクト層５９ｂを形成してもよい。

【００７６】

次いで、第２下部電極コンタクト層５９ｂ上に絶縁層６６が存在する。絶縁層６６に、第２下部電極コンタクト層５９ｂの所定領域の露出されるコンタクトホール６８が存在する。絶縁層６６上にコンタクトホール６８を満たす相変化層７２が形成されている。相変化層７２は、図１の第１ＰＲＡＭに含まれた相変化層６０と同じであることが望ましいが、異なってもよい。相変化層７２上に上部電極７４が存在する。

【００７７】

図１の第１ＰＲＡＭ及び図４の第２ＰＲＡＭで、トランジスタは、スイッチング素子の一例を例示したものである。前記トランジスタは、他のスイッチング素子、例えば、ダイオード型スイッチング素子に代替されてもよい。

【００７８】

次に、図１４及び図１５を参照して、本発明の実施形態によるＰＲＡＭの製造方法を説明する。

【００７９】

図１の層間絶縁層５４の形成までは通常の製造工程による。以後、層間絶縁層５４に、図１に示すコンタクトホール５６を形成し、コンタクトホール５６を下部電極コンタクト層５８で満たす。下部電極コンタクト層５８は、図２に示す構成を有するように形成できる。このとき、下部電極コンタクト層５８を構成する部分の材質上の特徴は、図２で説明したものと同一である。また、下部電極コンタクト層５８は、図１３に示すように、第１下部電極コンタクト層５９ａ及び第２下部電極コンタクト層５９ｂを含むように形成してもよい。

【００８０】

次いで、図１４に示すように、層間絶縁層５４及び下部電極コンタクト層５８が形成された基板４０をスパッタリング蒸着装置のサセプタ８０上にローディングする。

【００８１】

スパッタリング蒸着装置において、層間絶縁層５４から上側に所定距離ほど離隔された部分には、第１ターゲットＴ１、第２ターゲットＴ２及び第３ターゲットＴ３が存在する。第１ターゲットＴ１、第２ターゲットＴ２及び第３ターゲットＴ３には、それぞれ第１電力供給源Ｐ１、第２電力供給源Ｐ２及び第３電力供給源Ｐ３が連結されている。第１電力供給源Ｐ１、第２電力供給源Ｐ２及び第３電力供給源Ｐ３は、供給される電力を調節で

きる。第1ターゲットT1は、GSTの成分、すなわち、GeTeを含むターゲットであってもよく、第2ターゲットT2は、絶縁性物質からなるターゲット、例えば、 SiO_x ($x=1\sim 4$)、 SiN 、 Si_3N_4 、 TiO_x ($x=1\sim 4$)、 AlO 及び Al_2O_3 からなる群から選択された選択された何れか一つ(例えば、 SiO_2 または SiO_4 ターゲット)であってもよく、第3ターゲットT3は、前記GSTの他の成分、すなわち、 Sb_2Te_3 を含むターゲットであってもよい。

【0082】

次いで、基板40をセセプタ80上にローディングした後、第1ターゲットT1及び第3ターゲットT3に印加される電力は一定に維持し、第2ターゲットT2に印加される電力は、700W以下、例えば、30W~500W、望ましくは、60W~300Wの範囲でターゲットT2の構成物質によって調節できる。

【0083】

このように、第1ターゲットT1、第2ターゲットT2及び第3ターゲットT3に電力を印加した状態で、スパッタリングガスを第1ターゲットT1、第2ターゲットT2及び第3ターゲットT3に衝突させてプラズマを発生させる。このようにして、第1ターゲットT1、第2ターゲットT2及び第3ターゲットT3で、第1ターゲットT1、第2ターゲットT2及び第3ターゲットT3を構成する物質が基板40上にスパッタリングされる。スパッタリングされた物質は、第1ターゲットT1、第2ターゲットT2及び第3ターゲットT3から放出された物質が均一に混合されてなる物質である。このような物質は、図15に示すように、層間絶縁層54及び下部電極コンタクト層58の上面上に蒸着される。このように蒸着された物質層が、相変化層60である。したがって、相変化層60は、均一に分布された絶縁性の不純物60pを含む。相変化層60に含まれた絶縁性の不純物60pの含量は、第2電力供給源P2から第2ターゲットT2に印加される電力を前記所定範囲で調節することによって増加または減少せうる。このために、第2電力供給源P2に電力調節器がさらに備えられうる。

【0084】

層間絶縁層54及び下部電極コンタクト層58の上面に、このように相変化層60を形成した後は、通常的な過程で上部電極を形成できる。

【0085】

一方、コンタクトホール56に下部電極コンタクト層58を満たす過程で、コンタクトホール56の一部にのみ下部電極コンタクト層58を満たし、コンタクトホール56の上部の残りの部分には、相変化層60を形成する過程で相変化層60を満たしうる。

【0086】

また、層間絶縁層54上に、まず、下部電極コンタクト層58の上面をはじめとして、前記上面の周りの層間絶縁層54の一部の領域が露出されるマスク(図示せず)を形成した後、第1ターゲットT1、第2ターゲットT2及び第3ターゲットT3を備えるスパッタリング蒸着装置で、前記マスクにより露出された領域上にのみ相変化層60を形成する。このとき、相変化層60の厚さは、最終的に得られる厚さより薄く形成する。以後、前記マスクを除去し、前記第2ターゲットT2に印加される電力を遮断した状態でスパッタリング蒸着工程を進む。この結果、図4に示すように、相変化層60の一部の領域A1に絶縁性の不純物を均一に分布し、一部の領域A1を除いた相変化層60の残りは、絶縁性の不純物を含んでいない。

【0087】

次には、前述した本発明の実施形態によるPRAMの動作方法を説明する。このような説明は、前記第1PRAM及び第2PRAMの両方に適用されうる。したがって、便宜上、下記の動作説明は、図1に示す第1PRAMを基準に説明し、図16を参照する。

【0088】

本動作方法と関連して、トランジスタは、常にオン状態であるので、図16では便宜上、スイッチング素子の図示は省略した。また、相変化層に均一に分布する絶縁性の不純物の図示も省略した。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 9 】

< 書き込み >

図 1 6 の (a) に示すように、全体が結晶状態である相変化層 6 0 にリセット電流 I_{rs} を所定時間、例えば、数十ナノ秒間印加する。このとき、本発明の下部電極コンタクト層 5 8 から、従来に比べてはるかに大きなペルチェ熱が発生するため、リセット電流 I_{rs} は、従来のリセット電流より小さい。例えば、16MbPRAM の場合、従来には、1.6mA 程度のリセット電流が必要であったが、本発明でリセット電流 I_{rs} は、1.6mA より小さい。また、64MbPRAM の場合、従来には、1.1mA 程度のリセット電流が必要であったが、本発明のPRAMでリセット電流 I_{rs} は、1.1mA より小さい。

【 0 0 9 0 】

本発明のPRAMは、相変化層 6 0 に起因する効果及び下部電極コンタクト層 5 8 に起因する効果を有している。したがって、さらに高い集積度でも本発明のリセット電流 I_{rs} は、従来のリセット電流より小さくてもよい。

【 0 0 9 1 】

図 1 6 で、参照符号 h 2 は、リセット電流 I_{rs} の高さ、すなわち、強度を表すが、従来のリセット電流より低い。

【 0 0 9 2 】

相変化層 6 0 にリセット電流 I_{rs} が印加されつつ、相変化層 6 0 の下部電極コンタクト層 5 8 と接触した一部の領域 (図 4 の A 1) は、瞬間的に相変化温度以上になる。この結果、図 1 6 の (b) に示すように、相変化層 6 0 に非晶質領域 9 0 が形成される。相変化層 6 0 の前記一部の領域が非晶質領域 9 0 になりつつ、相変化層 6 0 の電気的な抵抗は高まる。このように、相変化層 6 0 の前記一部の領域が非晶質領域 9 0 になったとき、図 1 に示す第 1 PRAM にビットデータ 1 が記録されたものと見なす。

【 0 0 9 3 】

一方、相変化層 6 0 の前記一部の領域が結晶領域であるとき、第 1 PRAM にビットデータ 0 が記録されたものと見なす。

【 0 0 9 4 】

図 1 6 の (b) に示すように、相変化層 6 0 に非晶質領域 9 0 が存在する状態で、相変化層 6 0 にリセット電流 I_{rs} より小さな強度のセット電流 I_s を印加する。しかし、セット電流 I_s は、前記したリセット電流 I_{rs} より長時間印加する。

【 0 0 9 5 】

このようなセット電流 I_s が印加されつつ、相変化層 6 0 の非晶質領域 9 0 は、結晶状態になり、図 1 6 の (c) に示すように、相変化層 6 0 は、全体が結晶状態になる。図 1 6 の (c) 及び (a) で、相変化層 6 0 の状態は同じである。したがって、図 1 6 の (b) に示す相変化層 6 0 にセット電流 I_s を印加する過程は、相変化層 6 0 に記録されたビットデータ 1 を消去する過程と見なしてもよく、相変化層 6 0 にビットデータ 0 を記録する過程と見なしてもよい。

【 0 0 9 6 】

< 読み取り >

読み取りは、相変化層 6 0 の相が変わらないほどの電流を相変化層 6 0 に印加したとき、測定された抵抗の大小を判断して、相変化層 6 0 に記録されたビットデータが 1 であるか、0 であるかを判読する。したがって、読み取り過程で相変化層 6 0 に印加される電流は、前記リセット電流 I_{rs} 及びセット電流 I_s より低いこともある。

【 0 0 9 7 】

前記した説明では多くの事項が具体的に記載されているが、それらは、発明の範囲を限定するものと言うより、望ましい実施形態の例示として解釈されねばならない。例えば、当業者ならば、前述した物質層以外のより大きなペルチェ効果を表しうる他の物質層で下部電極コンタクト層 5 8 を構成してもよい。これと共に、相変化層 6 0 を GST 層以外の他の物質層に代替しようとする試みが行える。また、リセット電流とセット電流とを相互逆方向に印加する動作方法を追求してもよい。したがって、本発明の範囲は、説明された

10

20

30

40

50

実施形態によって決まらず、特許請求の範囲に記載された技術的思想によって決まらねばならない。

【0098】

本発明のPRAMは、相変化層に均一に分布された絶縁性の不純物を含む。前記絶縁性の不純物によって本発明のPRAMの非晶質化温度 T_m は、低くなり、結晶化温度 T_x は高くなる。これにより、PRAMのリセット電流は、実質的に小さくなるので、トランジスタのサイズを、小さくなったリセット電流に合わせて縮小できる。また、結晶化温度の上昇により、PRAMのリテンション特性が改善されうる。

【0099】

これと共に、本発明のPRAMでは、相変化層60の下面と接触する下部電極コンタクト層58として所定の物質層を使用する。前記所定の物質層は、従来のTiN、TiAlNよりゼーベック係数の絶対値が大きく、負の符号を有し、熱伝導度は低く、電気抵抗は類似した物質層である。このような物質層は、ゼーベック係数が大きいいため、ペルチェ熱の発生量が従来よりもはるかに増加する。

【0100】

したがって、本発明を利用すれば、相変化層60に起因してリセット電流を減らすことが可能であり、これに加えて、ペルチェ熱の増加分だけリセット電流をさらに減らしうる。このような結果によって、トランジスタの許容電流も大きく減らしうる。これにより、トランジスタのサイズを現在よりさらに小さくすることができるが、これは、PRAMの集積度を高めるという結果をもたらす。

【0101】

本発明のPRAMにおいて、ペルチェ効果に起因したリセット電流の減少は、下部電極コンタクト層58のサイズの縮小とは関係ない。したがって、本発明を利用すれば、セット抵抗を大きくせずともPRAMの集積度を高めうる。

【産業上の利用可能性】

【0102】

本発明は、不揮発性メモリ素子の必要な全ての電子製品に使用されうる。例えば、コンピュータ、デジタル家電製品、カムコーダ、携帯電話、PDA、GPS、MP3、各種制御装置、デジタルカメラ、その他の音声及び動画処理装置に適用されうる。

【図面の簡単な説明】

【0103】

【図1】本発明の第1実施形態によるPRAMの断面図である。

【図2】図1の下部電極コンタクト層の一部の領域P1を拡大した断面図である。

【図3】図1のPRAMで、相変化層がコンタクトホールの上層部を満たした、すなわち、下部電極コンタクト層の上層部に拡張した場合を示す断面図である。

【図4】本発明の第2実施形態によるPRAMの断面図である。

【図5】本発明の実施形態によるPRAMの物理的特性の測定のために実施した実験結果を示すグラフである。

【図6】本発明の実施形態によるPRAMの物理的特性の測定のために実施した実験結果を示すグラフである。

【図7】本発明の実施形態によるPRAMの物理的特性の測定のために実施した実験結果を示すグラフである。

【図8】本発明の実施形態によるPRAMの物理的特性の測定のために実施した実験結果を示すグラフである。

【図9】本発明の実施形態によるPRAMの物理的特性の測定のために実施した実験結果を示すグラフである。

【図10】本発明の実施形態によるPRAMの物理的特性の測定のために実施した実験結果を示すグラフである。

【図11】本発明の実施形態によるPRAMの物理的特性の測定のために実施した実験結果を示すグラフである。

【図 1 2】本発明の実施形態による P R A M の物理的特性の測定のために実施した実験結果を示すグラフである。

【図 1 3】図 1 の P R A M で、下部電極コンタクト層の変形例を示す断面図である。

【図 1 4】本発明の実施形態による P R A M の製造方法を工程別を示す断面図である。

【図 1 5】本発明の実施形態による P R A M の製造方法を工程別を示す断面図である。

【図 1 6】本発明の実施形態による P R A M の動作方法を示す断面図である。

【符号の説明】

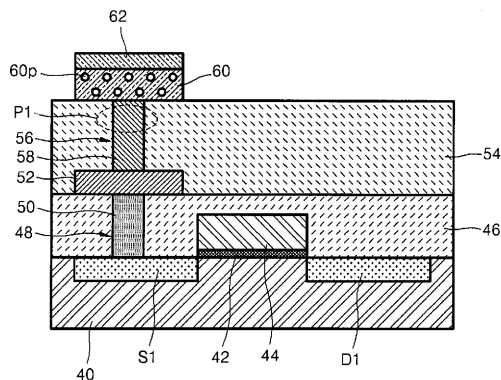
【 0 1 0 4 】

- 4 0 基板
- 4 2 ゲート酸化膜
- 4 4 ゲート
- 4 6 第 1 層間絶縁層
- 4 8 コンタクトホール
- 5 0 導電性プラグ
- 5 2 下部電極
- 5 4 第 2 層間絶縁層
- 5 6 コンタクトホール
- 5 8 下部電極コンタクト層
- 6 0 相変化層
- 6 0 p 不純物
- 6 2 上部電極
- P 1 所定領域
- S 1 第 1 不純物領域
- D 1 第 2 不純物領域

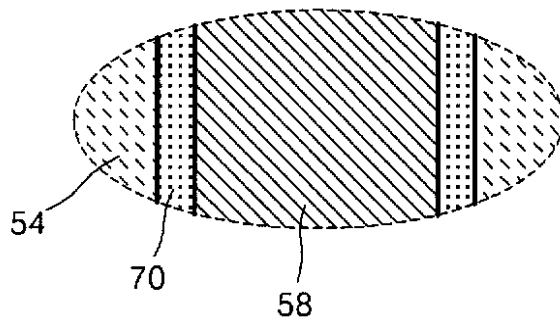
10

20

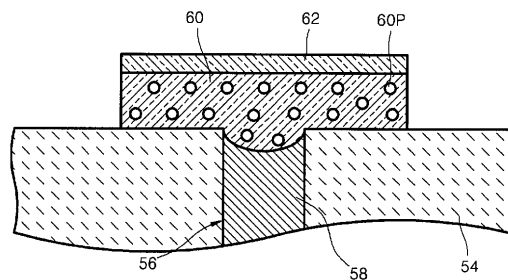
【図 1】



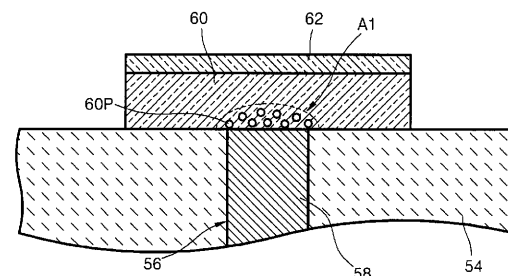
【図 2】



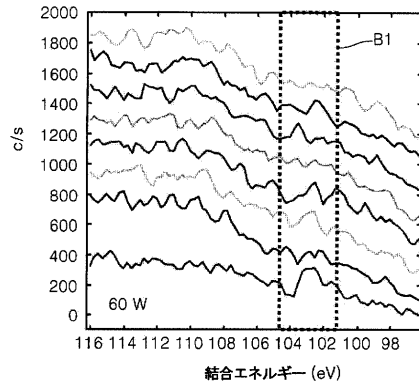
【図 3】



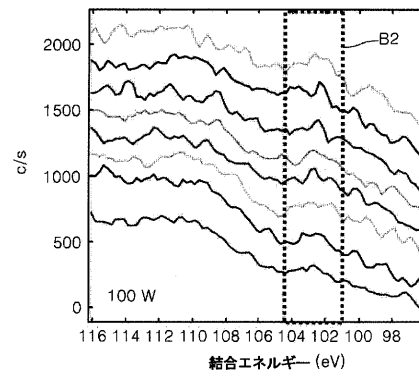
【図 4】



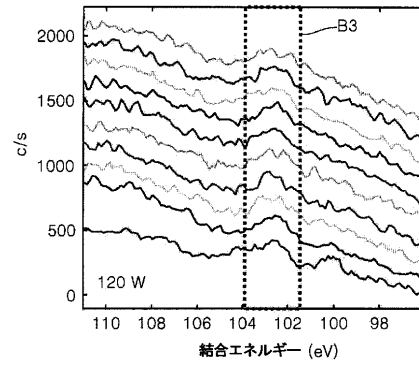
【図 5】



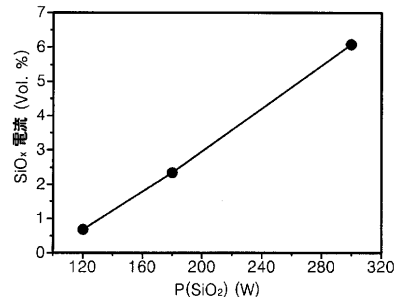
【図 6】



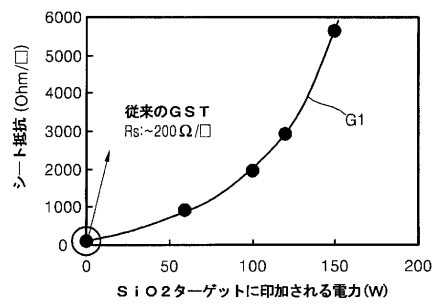
【図 7】



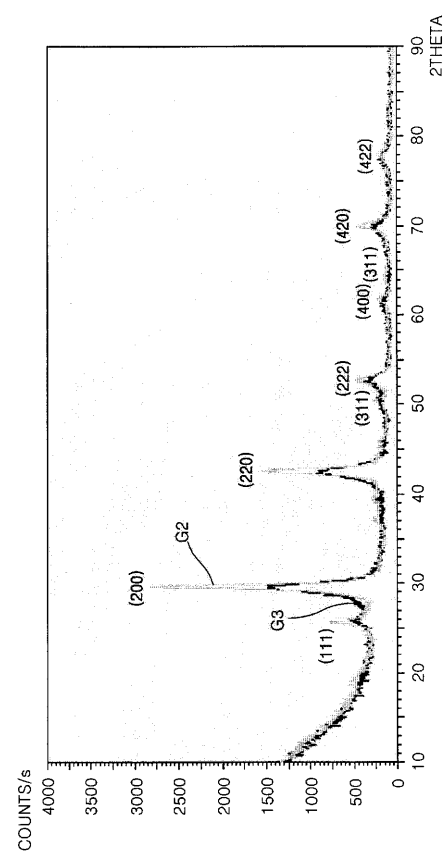
【図 8】



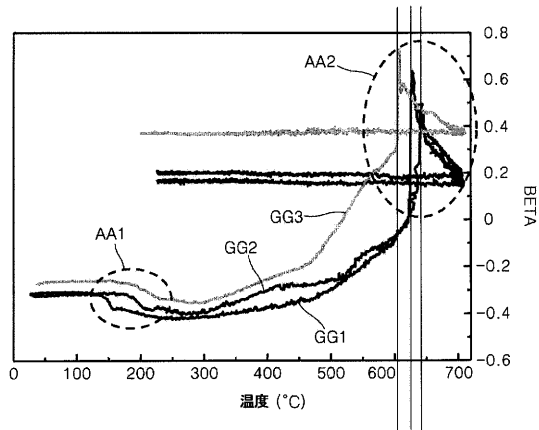
【図 9】



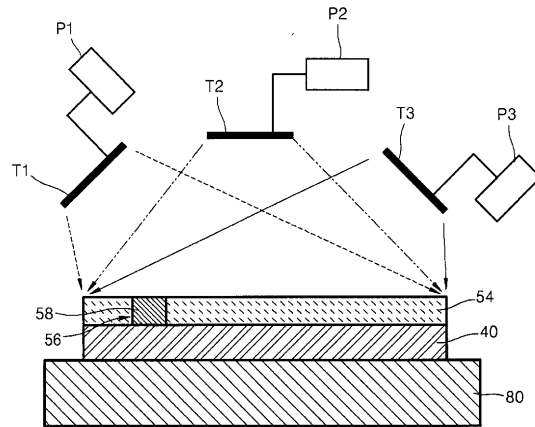
【図 10】



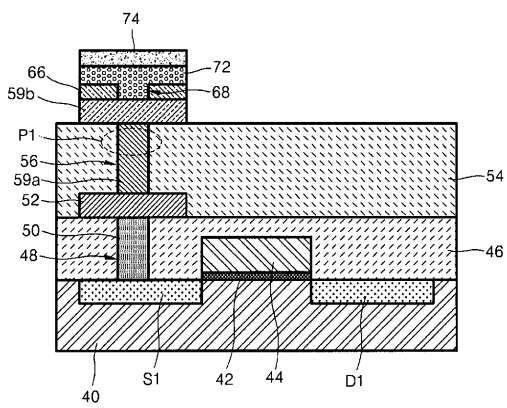
【図 12】



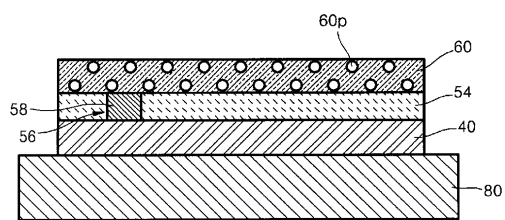
【図 14】



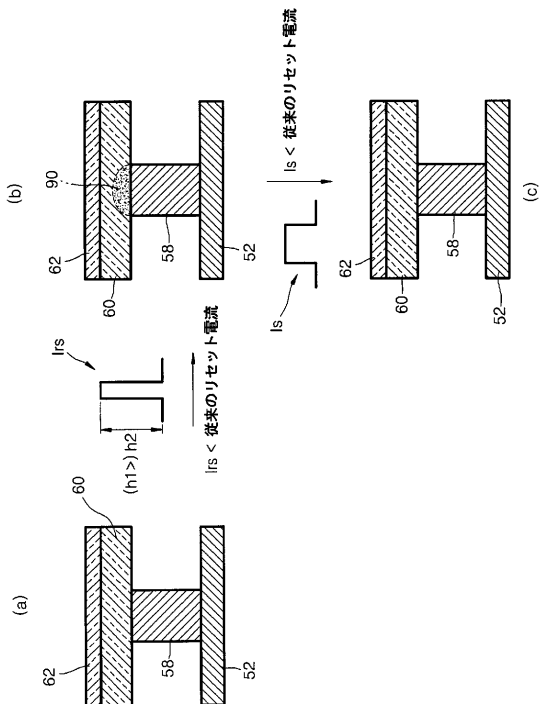
【図 13】



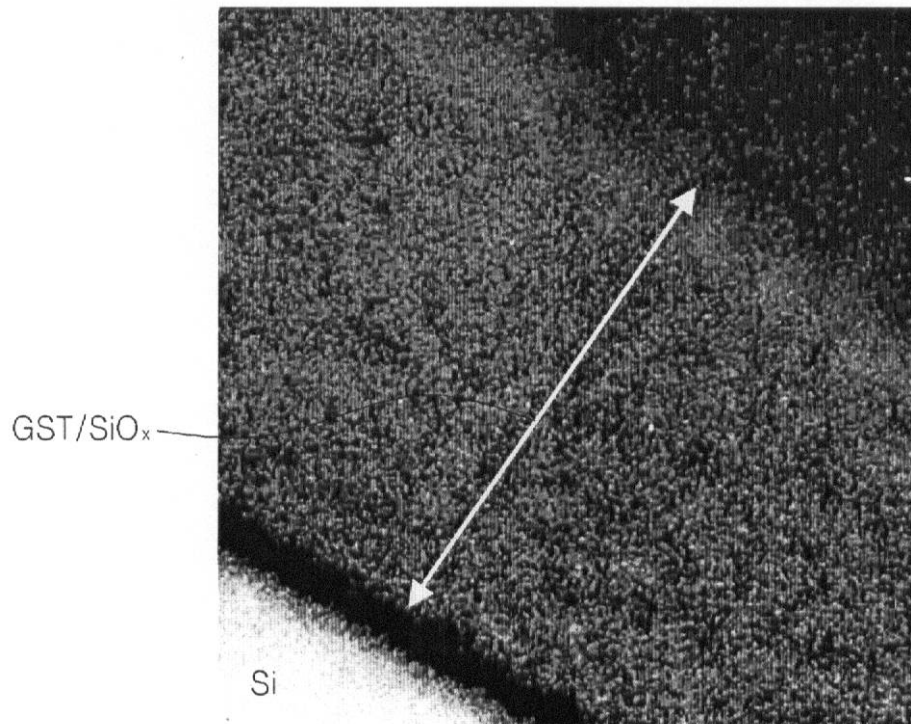
【図 15】



【図 16】



【図 11】



フロントページの続き

(74)代理人 100110364

弁理士 実広 信哉

(72)発明者 盧 振瑞

大韓民国ソウル特別市瑞草區瑞草4洞1311番地 三湖アパート8棟706號

(72)発明者 姜 閔浩

大韓民国京畿道龍仁市上 ヒョン 洞858番地 現代5次アイパークアパート505棟1402號

(72)発明者 李 相睦

大韓民国京畿道龍仁市器興區甫羅洞570番地 現代モーニングサイド2次アパート103棟401號

(72)発明者 徐 東碩

大韓民国ソウル特別市江南區清潭2洞38-7番地 ソウルガーデンビル401號

審査官 正山 旭

(56)参考文献 特表2001-502848(JP,A)

国際公開第2005/053047(WO,A1)

特表2007-512691(JP,A)

特開2004-349709(JP,A)

特開2004-311015(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01L 27/105

H01L 45/00