

(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.

H01L 27/105 (2006.01)
H01L 45/00 (2006.01)

F 1

H01L 27/10 448
H01L 45/00 A

請求項の数 18 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2006-211302 (P2006-211302)
 (22) 出願日 平成18年8月2日 (2006.8.2)
 (65) 公開番号 特開2007-43176 (P2007-43176A)
 (43) 公開日 平成19年2月15日 (2007.2.15)
 審査請求日 平成21年7月31日 (2009.7.31)
 (31) 優先権主張番号 10-2005-0071482
 (32) 優先日 平成17年8月4日 (2005.8.4)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(73) 特許権者 390019839
 三星電子株式会社
 Samsung Electronics
 Co., Ltd.
 大韓民国京畿道水原市靈通区三星路129
 129, Samsung-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, Republic
 of Korea
 (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、あるいはその逆に変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 Al₂O₃ 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 R A M。

【請求項 5】

前記下部電極コンタクト層は、T i N または T i A l N であるか、T i N や T i A l N よりゼーベック係数の絶対値が大きく、負の符号を有し、T i N や T i A l N より熱伝導度は低く、前記 T i N や T i A l N 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 R A M。

【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 R A M。 10

【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、 20

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、あるいはその逆に変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 l₂ O₃ 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 R A M。 30

【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 R A M。

【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 R A M。

【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、あるいはその逆に変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 l₂ O₃ 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 の動作方法において、 40

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RAMの動作方法。

【請求項11】

前記リセット電流は、前記下部電極コンタクト層としてTiNやTiAlN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10に記載の相変化RAMの動作方法。

【請求項12】

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10に記載の相変化RAMの動作方法。

10

【請求項13】

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10に記載の相変化RAMの動作方法。

【請求項14】

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10に記載の相変化RAMの動作方法。

【請求項15】

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10に記載の相変化RAMの動作方法。

20

【請求項16】

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10に記載の相変化RAMの動作方法。

【請求項17】

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10に記載の相変化RAMの動作方法。

30

【請求項18】

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、あるいはその逆に変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)、AlO₂及びAl₂O₃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RAM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RAM(Phase Change Random Access Memory: PR

50

A M) とその製造及び動作方法に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

P R A M 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 P R A M の抵抗は低く、非晶質であるときには高い。P R A M 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。

【 0 0 0 3 】

現在、P R A M 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

【 0 0 0 4 】

半導体製造技術の発展によって、P R A M 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 P R A M の集積度を高めることは技術的に難しくない。

【 0 0 0 5 】

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、P R A M のリセット電流を減らさなくては P R A M の集積度を高め難い。

【 0 0 0 6 】

また、現在の P R A M は、結晶化温度が低い。したがって、現在の P R A M 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つて、P R A M 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】

【 0 0 0 7 】

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。

【 0 0 0 8 】

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 P R A M を提供するところにある。

30

【 0 0 0 9 】

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 P R A M の動作方法を提供するところにある。

【 0 0 1 0 】

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 P R A M 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】

【 0 0 1 1 】

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

【 0 0 1 2 】

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。

【 0 0 1 3 】

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。

10

【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ます。

【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 % 以下であります。

【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ます。

20

【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ます。

【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】

30

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。

40

【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ます。

【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

50

作方法を提供する。

【0025】

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。

【0026】

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。

【0027】

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

【0028】

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。

【0029】

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

【0030】

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。

【0031】

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。

【0032】

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せらうる。

【0033】

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。

【0034】

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ます。

【0035】

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】

【0036】

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、小さくなつ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P R A M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P R A M（以下、第1P R A M）を説明する。相変化物質は、第1P R A M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1P R A Mの相変化層の説明に代替する。

10

【0039】

図1に示すように、第1P R A M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、P N接合ダイオードに代替されうる。

20

【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(Ge₂ Sb₂ Te₅)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、

30

、例えば、シリコン酸化物(SiO_x) (x=1~4)、シリコン窒化物(SiN、Si₃N₄)、チタン酸化物(TiO_x) (x=1~4)、アルミニウム酸化物(AlO、Al₂O₃)でありうる。前記シリコン酸化物SiO_xは、例えば、SiO₂またはSiO₄であり、前記TiO_xは、例えば、TiO₂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る。例えば、絶縁性の不純物60pがSiO₂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。

40

50

【0041】

一方、図1の所定領域P1を拡大した図2に示すように、下部電極コンタクト層58と第2層間絶縁層54との間にスペーサ70が備えられてもよい。スペーサは、コンタクトホール56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58の材質によって異なりうるが、SiN、SiO₂、Al₂O₃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。

【0042】

一方、第1PRAMは、図3に示すように、コンタクトホール56の上端が相変化層60で満たされうる。すなわち、コンタクトホール56は、下部電極コンタクト層58でほとんど満たされ、一部が相変化層60で満たされうる。

10

【0043】

次に、本発明の第2実施形態によるPRAM（以下、第2PRAM）について説明する。前記第2PRAMは、絶縁性の不純物60pが相変化層60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。

【0044】

具体的には、図4に示すように、前記第2PRAMで、絶縁性の不純物60pは、相変化層60全体に分布するのではなく、下部電極コンタクト層58と接触しており、実際相変化が起こる相変化層60の一部の領域A1にのみ均一に分布する。

【0045】

本発明者は、前記第1PRAM及び第2PRAM関連して、相変化層60に絶縁性の不純物60p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

【0046】

前記実験で本発明者は、まず、相変化層60内に絶縁性の不純物60pの存否を確認するために、絶縁性の不純物60pの含量を異ならせた第1実験用PRAMないし第3実験用PRAMを形成した。このとき、相変化層60としてGST層を使用し、絶縁性の不純物60pとしては、SiO₂を使用した。

【0047】

前記第1実験用PRAM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60pが放出されるSiO₂ターゲットに60W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PRAMの相変化層は、前記SiO₂ターゲットに100W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PRAMの相変化層は、前記SiO₂ターゲットに120Wの電力を印加して形成したものである。

30

【0048】

図5は、前記第1実験用PRAMの相変化層に対するX線の光電子分光（XPS）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PRAM及び第3実験用PRAM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。

【0049】

40

図5ないし図7で点線で表示した第1ボックスB1、第2ボックスB2及び第3ボックスB3は、SiO₂のピークを表す。図5ないし図7で第1ボックスB1、第2ボックスB2及び第3ボックスB3を互いに比較すると、第1実験用PRAMの相変化層から第3実験用PRAMの相変化層に行くほど、SiO₂のピークは顕著になるということが分かる。

【0050】

図5ないし図7のこのような結果から、第1実験用PRAM、第2実験用PRAM及び第3実験用PRAMの相変化層には、絶縁性の不純物としてSiO₂が存在するということが分かり、相変化層の製造工程で、SiO₂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SiO₂含量も増加するということが分かる。

50

【0051】

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。

【0052】

図8は、前記第1実験用PRAM、第2実験用PRAM及び第3実験用PRAM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。

【0053】

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

【0054】

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PRAM、第2実験用PRAM及び第3実験用PRAM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PRAM、第2実験用PRAM及び第3実験用PRAM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PRAM、第2実験用PRAM及び第3実験用PRAM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PRAM、第2実験用PRAM及び第3実験用PRAMの相変化層に対するシート抵抗の変化を示す。

20

【0055】

絶縁性の不純物を含んでいない従来の相変化層であるGST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G1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。

【0056】

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

【0057】

このように、本発明のPRAMは、相変化層のシート抵抗が従来のPRAMの相変化層のシート抵抗より大きいので、本発明のPRAMと従来のPRAM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PRAM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PRAM及び従来のPRAM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PRAMに、前記従来のPRAMに印加されるリセット電流より小さなりセット電流を印加できるということを意味する。

【0058】

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、相変化層のセッ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

【0059】

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PRAM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G2は、従来のPRAMについてのものであり、第3グラフG3は、前記第3実験用PRAMについてのものである。

【0060】

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、 SiO_2 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。

【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、 SiO_2 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 SiO_2 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 SiO_2 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。

【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 χ 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、 χ 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 χ 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。

【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 T_x 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。

【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、 χ 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 χ 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

10

20

30

40

50

わる。

【0067】

具体的には、第2区間AA2で、前記第1相変化層は、約630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640で非晶質化され、前記第3相変化層は、約600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PRAMで、相変化層の非晶質化温度Tmは、相変化層に含まれた絶縁性の不純物、例えば、SiO₂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PRAMで、相変化層の非晶質化温度が約630であることに鑑みれば、本発明のPRAMで、相変化層の非晶質化温度は、従来のPRAM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12の結果は、本発明のPRAM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600より低温に下げうるということを示唆する。

【0068】

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1PRAM及び第2PRAM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1PRAM及び第2PRAMのリセット電流は、従来よりも低くなる。そして、前記第1PRAM及び第2PRAM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1PRAM及び第2PRAM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を意味し、前記リセット電流により前記第1PRAM及び第2PRAM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を意味する。すなわち、前記第1PRAM及び第2PRAMのリテンション特性は、従来のPRAMよりもはるかに優れているということを意味する。

【0069】

一方、前記第1PRAM及び第2PRAMの下部電極コンタクト層58は、従来のPRAMで下部電極コンタクト層として使用されたTiNやTiAlN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。

【0070】

前記第1PRAM及び第2PRAMの相変化層60にリセット電流が印加され、相変化層60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60の前記一部の領域に熱が発生し、この熱により、相変化層60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。

【0071】

相変化層60に前記リセット電流が印加され、相変化層60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。

【0072】

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58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60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を意味する。

【0073】

下部電極コンタクト層58から発生するペルチェ熱は、下部電極コンタクト層58が従来のTiN、TiAlN層であるときより大きく増加する。したがって、前記第1PRAM及び第2PRAM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58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58の利点及び前述した相変化層60の

10

20

30

40

50

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

【0074】

前記第1P R A M及び第2P R A M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1P R A M及び第2P R A M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。

10

20

【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1P R A M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1P R A M及び図4の第2P R A M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。

30

【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P R A M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じである。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。

40

【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備のサセプタ80上にローディングする。

【0081】

スパッタリング蒸着装備において、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

50

きる。第1ターゲットT1は、GSTの一成分、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、 Si_2Te_3 を含むターゲットであってもよい。

【0082】

次いで、基板40をサセプタ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。

10

【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させうる。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。

20

【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を形成した後には、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。

30

【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備で、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。

40

【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。

50

【0089】

<書き込み>

図16の(a)に示すように、全体が結晶状態である相変化層60にリセット電流Ir_s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58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Ir_sは、従来のリセット電流より小さい。例えば、16MbitPRAM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Ir_sは、1.6mAより小さい。また、64MbitPRAM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Ir_sは、1.1mAより小さい。

【0090】

10

本発明のPRAMは、相変化層60に起因する効果及び下部電極コンタクト層58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Ir_sは、従来のリセット電流より小さくてもよい。

【0091】

図16で、参照符号h2は、リセット電流Ir_s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。

【0092】

20

相変化層60にリセット電流Ir_sが印加されつつ、相変化層60の下部電極コンタクト層58と接触した一部の領域(図4のA1)は、瞬間に相変化温度以上になる。この結果、図16の(b)に示すように、相変化層60に非晶質領域90が形成される。相変化層60の前記一部の領域が非晶質領域90になりつつ、相変化層60の電気的な抵抗は高まる。このように、相変化層60の前記一部の領域が非晶質領域90になったとき、図1に示す第1PRAMにビットデータ1が記録されたものと見なす。

【0093】

一方、相変化層60の前記一部の領域が結晶領域であるとき、第1PRAMにビットデータ0が記録されたものと見なす。

【0094】

30

図16の(b)に示すように、相変化層60に非晶質領域90が存在する状態で、相変化層60にリセット電流Ir_sより小さな強度のセット電流Isを印加する。しかし、セット電流Isは、前記したリセット電流Ir_sより長時間印加する。

【0095】

このようなセット電流Isが印加されつつ、相変化層60の非晶質領域90は、結晶状態になり、図16の(c)に示すように、相変化層60は、全体が結晶状態になる。図16の(c)及び(a)で、相変化層60の状態は同じである。したがって、図16の(b)に示す相変化層60にセット電流Isを印加する過程は、相変化層60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60にビットデータ0を記録する過程と見なしてもよい。

【0096】

<読み取り>

40

読み取りは、相変化層60の相が変わらないほどの電流を相変化層60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60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60に印加される電流は、前記リセット電流Ir_s及びセット電流Isより低いこともある。

【0097】

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58を構成してもよい。これと共に、相変化層60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

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P R A M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P R A M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、P R A M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、小さくなったり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、P R A M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P R A M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T i N、T i A 1 N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ため、ペルチエ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、ペルチエ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、P R A Mの集積度を高めるという結果をもたらす。

【0101】

本発明のP R A Mにおいて、ペルチエ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P R A M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、P D A、G P S、M P 3、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P R A M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P 1を拡大した断面図である。

【図3】図1のP R A M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P R A Mの断面図である。

【図5】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6】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7】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8】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9】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10】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11】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。

10

20

30

40

50

【図12】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13】図1のPRAM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14】本発明の実施形態によるPRAMの製造方法を工程別に示す断面図である。

【図15】本発明の実施形態によるPRAMの製造方法を工程別に示す断面図である。

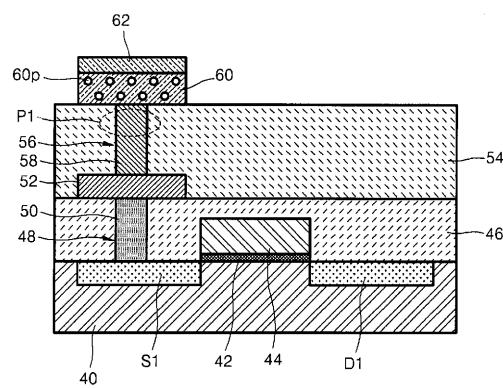
【図16】本発明の実施形態によるPRAMの動作方法を示す断面図である。

【符号の説明】

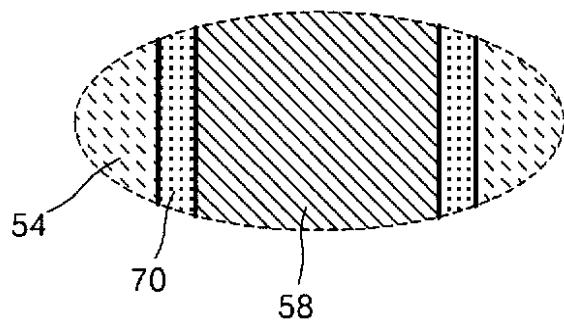
【0104】

40	基板	10
42	ゲート酸化膜	
44	ゲート	
46	第1層間絶縁層	
48	コンタクトホール	
50	導電性プラグ	
52	下部電極	
54	第2層間絶縁層	
56	コンタクトホール	
58	下部電極コンタクト層	
60	相変化層	
60p	不純物	20
62	上部電極	
P1	所定領域	
S1	第1不純物領域	
D1	第2不純物領域	

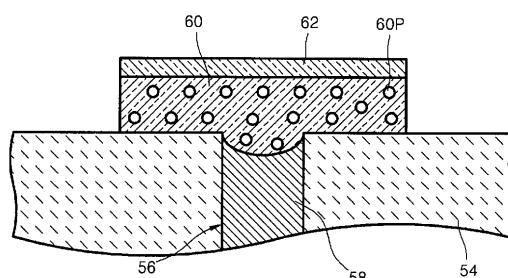
【図1】



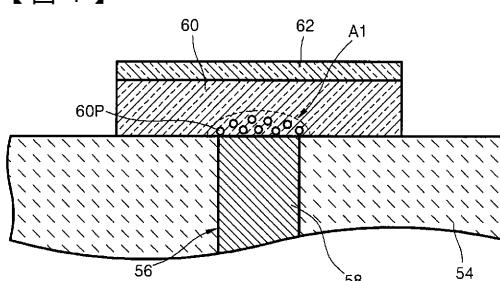
【図2】



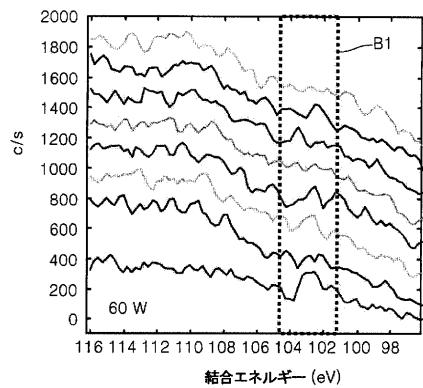
【図3】



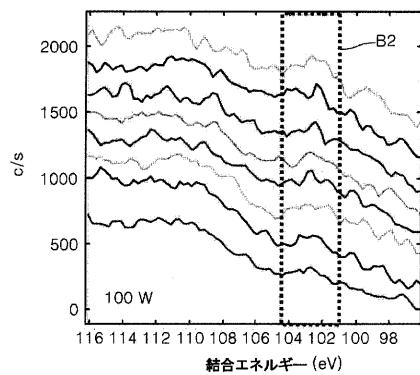
【図4】



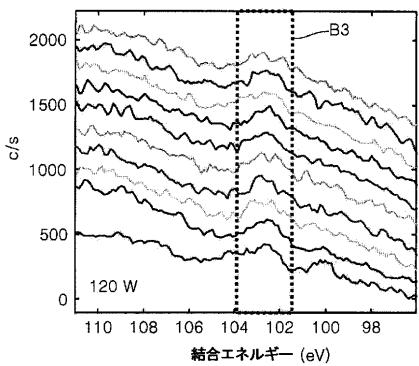
【図5】



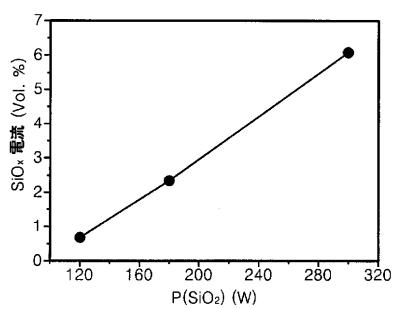
【図6】



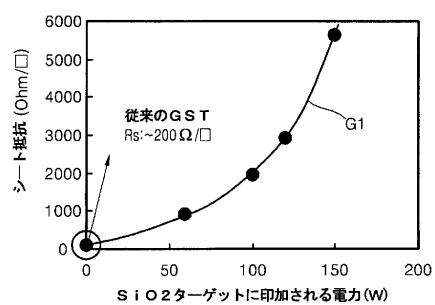
【図7】



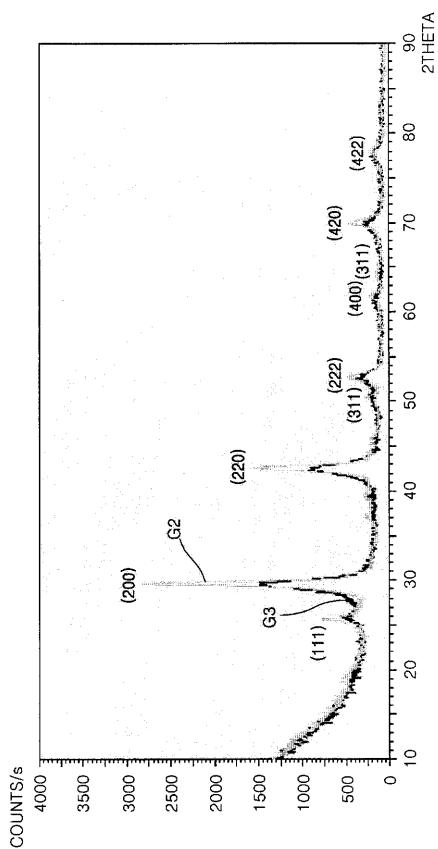
【図8】



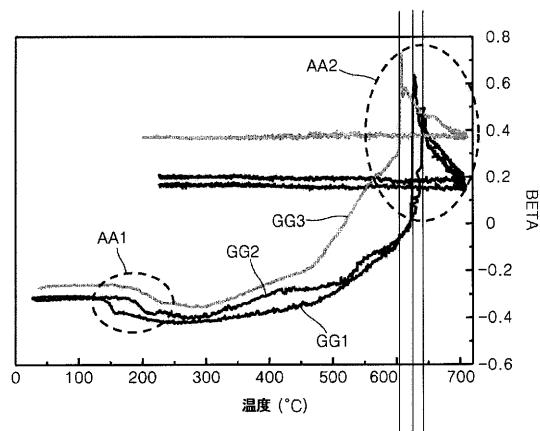
【図9】



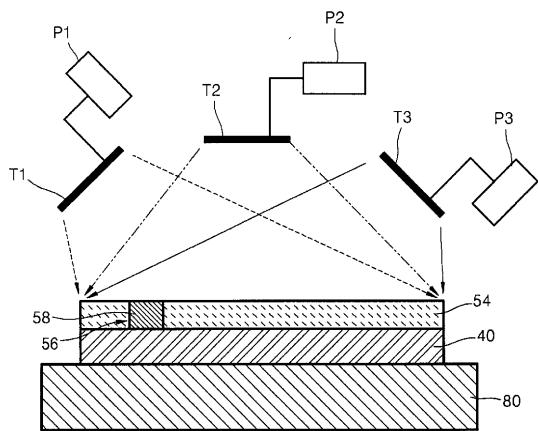
【図10】



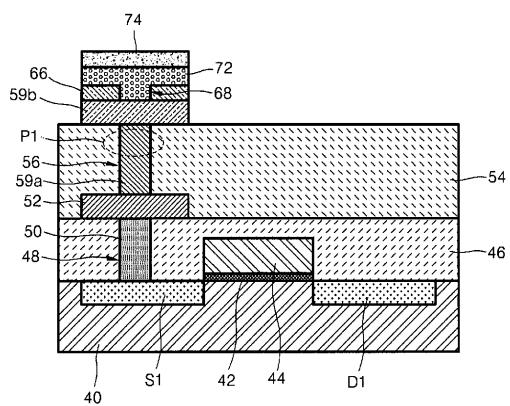
【図12】



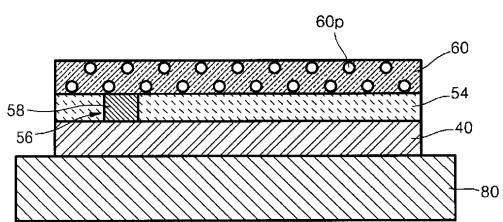
【図14】



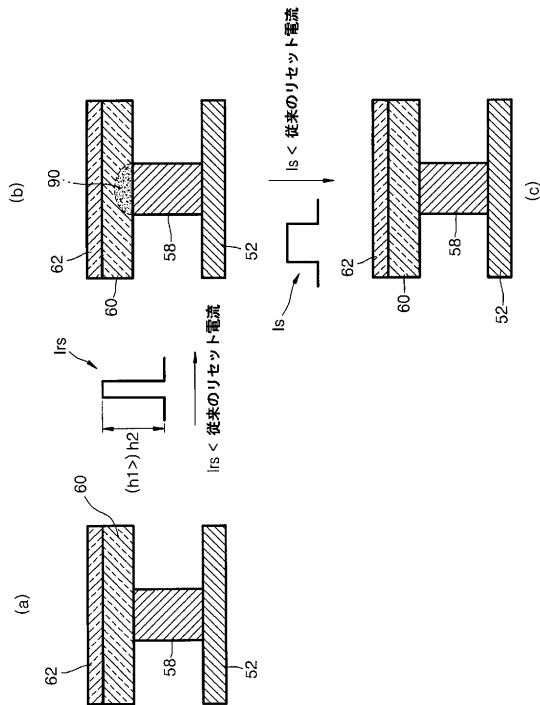
【図13】



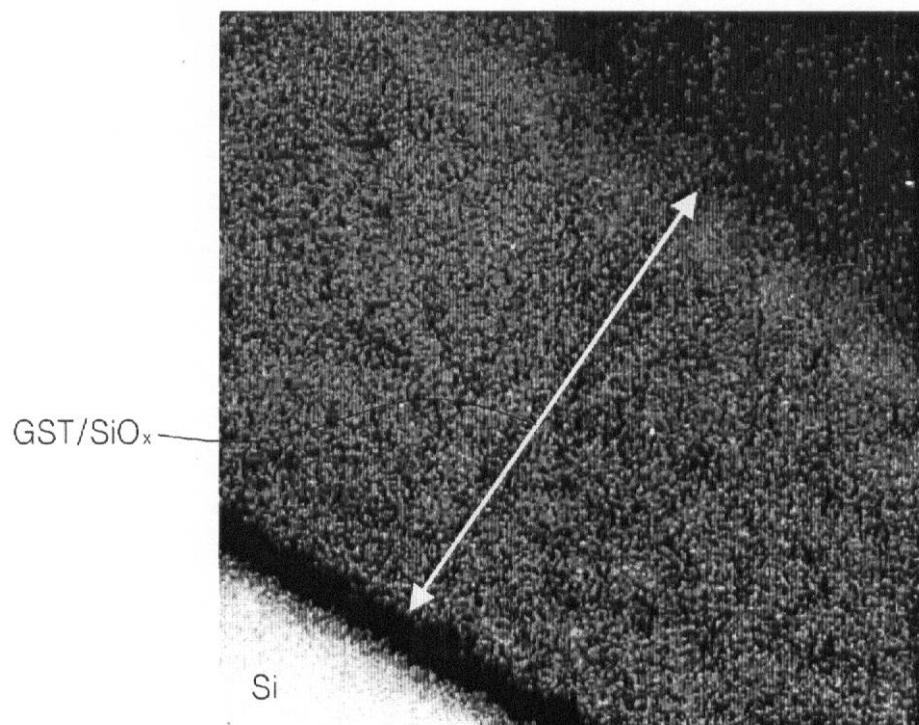
【図15】



【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号

(72)発明者 姜 閨浩

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
号

(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40
1号

(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 ソウルガーデンピラ401号

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