

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-4087
(P2010-4087A)

(43) 公開日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/90 A	4 G 1 4 6
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 21/88 M	4 M 1 0 4
HO 1 L 23/52 (2006.01)	HO 1 L 21/28 A	5 F 0 3 3
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L 21/285 C	5 F 0 8 3
HO 1 L 21/285 (2006.01)	HO 1 L 27/10 4 4 8	

審査請求 有 請求項の数 18 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-233559 (P2009-233559)
 (22) 出願日 平成21年10月7日 (2009.10.7)
 (62) 分割の表示 特願2004-137261 (P2004-137261) の分割
 原出願日 平成16年5月6日 (2004.5.6)
 (31) 優先権主張番号 2003-028000
 (32) 優先日 平成15年5月1日 (2003.5.1)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 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梅灘洞416
 416, Maetan-dong, Yeongtong-gu, Suwon-si,
 Gyeonggi-do 442-742
 (KR)

(74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆

最終頁に続く

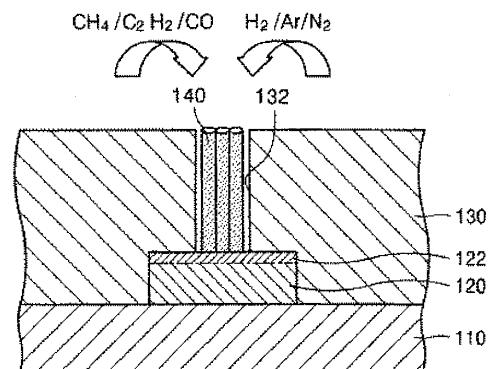
(54) 【発明の名称】 カーボンナノチューブを利用した半導体素子の配線形成方法およびその方法により製造された半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 高い電流密度を持つカーボンナノチューブを利用した半導体素子の配線形成方法、およびその方法により製造される超高集積度の半導体素子を提供する。

【解決手段】 半導体素子の電極120表面を前処理して活性化させる段階と、電極の活性化した表面122上に絶縁層130を形成した後、電極の活性化した表面の一部を露出させるために絶縁層を貫通するコンタクトホール132を形成する段階と、コンタクトホールを通じて電極の活性化した表面に炭素が含まれているガスを供給して前記電極の活性化した表面からカーボンナノチューブ140を成長させて配線を形成する段階と、を具備する半導体素子の配線形成方法およびその方法により製造された半導体素子。

【選択図】 図1D



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a 2) 半導体素子の電極の表面に触媒金属層を形成する段階と、

(b 2) 前記触媒金属層上に絶縁層を形成した後、前記触媒金属層の一部を露出させるために前記絶縁層を貫通するコンタクトホールを形成する段階と、

(c) 前記コンタクトホールを通じて前記触媒金属層に炭素含有ガスを供給して前記触媒金属層からカーボンナノチューブを成長させて配線を形成する段階と、を具備することを特徴とする半導体素子の配線形成方法。

【請求項 2】

前記 (a 2) 段階は、RF マグネトロンスパッタまたは電子ビーム蒸着装置によって触媒金属を前記電極の表面に所定厚さに蒸着する段階であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。 10

【請求項 3】

前記 (a 2) 段階は、触媒金属の粉末を前記電極の表面にスプレーすることにより所定厚さに塗布して前記触媒金属層を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。

【請求項 4】

前記 (a 2) 段階で、前記触媒金属層は、1 ~ 100 nm の厚さに形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。

【請求項 5】

前記 (a 2) 段階で、前記触媒金属層は、W、Ni、Fe、Co、Y、Pd、Pt および Au よりなる群から選択される少なくとも一つの遷移金属よりなることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。 20

【請求項 6】

前記 (b 2) 段階で、前記絶縁層は、酸化物よりなることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。

【請求項 7】

前記 (b 2) 段階で、パターンニングされたフォトリソをエッチングマスクとして前記絶縁層を異方性エッチングすることによって前記コンタクトホールを形成することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。 30

【請求項 8】

前記 (b 2) 段階で、前記コンタクトホールは 1 ~ 100 nm の直径を持つように形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。

【請求項 9】

前記 (c) 段階は、500 ~ 900 の温度で行われることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。

【請求項 10】

前記 (c) 段階で、前記炭素含有ガスは、CH₄、C₂H₂、C₂H₄、C₂H₆、CO および CO₂ よりなる群から選択される少なくとも一つのガスであることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。 40

【請求項 11】

前記 (c) 段階で、前記炭素含有ガスは、水素ガス、窒素ガスおよびアルゴンガスよりなる群から選択される少なくとも一つのガスと共に供給されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。

【請求項 12】

前記 (c) 段階は、熱化学気相蒸着法またはプラズマ化学気相蒸着法により行われることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子の配線形成方法。

【請求項 13】

基板と、

前記基板に形成された電極と、 50

前記電極の表面に形成された触媒金属層と、
前記触媒金属層上に形成され、前記触媒金属層の一部を露出させるコンタクトホールを有する絶縁層と、

前記コンタクトホールの内部で、前記触媒金属層から成長して電子移動の通路となる配線をなすカーボンナノチューブと、

前記絶縁層の上部に形成されて前記カーボンナノチューブと電気的に連結されるメモリ薄膜または他の電極と、を具備することを特徴とする半導体素子。

【請求項14】

前記触媒金属層は、W、Ni、Fe、Co、Y、Pd、PtおよびAuよりなる群から選択される少なくとも一つの遷移金属をRFマグネトロンスパッタまたは電子ビーム蒸着装置によって前記電極の表面に蒸着することによって形成されたことを特徴とする請求項13に記載の半導体素子。

10

【請求項15】

前記触媒金属層は、W、Ni、Fe、Co、Y、Pd、PtおよびAuよりなる群から選択される少なくとも一つの遷移金属の粉末を前記電極の表面に塗布することによって形成されたことを特徴とする請求項13に記載の半導体素子。

【請求項16】

前記基板は、シリコンまたは酸化物よりなることを特徴とする請求項13に記載の半導体素子。

【請求項17】

前記電極は、MOSFETのソース電極であることを特徴とする請求項13に記載の半導体素子。

20

【請求項18】

前記メモリ薄膜は、相変化物質よりなることを特徴とする請求項13に記載の半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子の配線形成方法に係り、より詳細にはカーボンナノチューブを利用して半導体素子の配線を形成する方法、およびその方法により製造された半導体素子に関する。

30

【背景技術】

【0002】

半導体素子、特に、半導体メモリ素子には、DRAM(Dynamic RAM)、SRAM(Static RAM)、PRAM(Phase-change RAM)、MRAM(Magnetoresistive RAM)などの多様な種類がある。このようなメモリ素子には、スイッチング素子として、一般的に、MOS(Metal Oxide Semiconductor)トランジスタが使われている。そして、半導体メモリ素子には、コンタクト(contact)、インターコネクタなどの電子移動通路である配線が設けられている。

40

【0003】

最近、半導体メモリ素子の高集積化につれて配線の線幅は狭くなり、単位面積当りの電流の量、すなわち、電流密度は高くなりつつある。これにより、半導体素子の配線の電流密度は、2010年頃には 10^6 A/cm^2 に至ると予想される。

【0004】

一方、従来の半導体素子には主に金属配線が使われているが、このような金属配線の線幅は70nmが限界であることが知られており、金属配線の最大電流密度は約 10^6 A/cm^2 が限界であることが知られている。半導体素子の高集積化のためには、配線の線幅の狭幅化と高電流密度化が必須であるが、前記のような理由によって、金属配線を使用する半導体素子は、近い将来、その集積化が限界に到達すると予想される。

50

【 0 0 0 5 】

したがって、半導体素子の高集積化がなされ続けるためには、金属配線に比べて狭い線幅でも高い電流密度で電流を流すことができる新しい配線材料が必要である。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、前記問題点を解決するために創出されたものであって、特に、半導体素子の高集積化が可能になるように電極の表面にカーボンナノチューブを成長させて配線を形成する半導体素子の配線形成方法を提供するところにその目的がある。

【 0 0 0 7 】

また、前記方法によって形成されたカーボンナノチューブよりなる配線を有することによって高集積化が可能な半導体素子を提供するところにその他の目的がある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

前記の技術的課題を達成するために、本発明の第1特徴による半導体素子の配線形成方法は、(a1)半導体素子の電極表面を前処理して活性化させる段階と、(b1)前記電極の活性化された表面上に絶縁層を形成した後、前記電極の活性化された表面の一部を露出させるために前記絶縁層を貫通するコンタクトホールを形成する段階と、(c)前記コンタクトホールを通じて前記電極の活性化された表面に炭素含有ガスを供給して前記電極の活性化された表面からカーボンナノチューブを成長させて配線を形成する段階と、を具備する。

【 0 0 0 9 】

ここで、前記(a1)段階は、300~700の温度で、前記電極の表面に、窒素ガス、アルゴンガスおよびアンモニアガスよりなる群から選択される少なくとも一つの前処理ガスを供給することによって前記電極の表面を多孔質状態に活性化させることが望ましい。

【 0 0 1 0 】

また、前記(a1)段階は、アルゴンガスや窒素ガスをイオン化させてそのイオンを前記電極の表面に衝突させることによって前記電極の表面を多孔質状態に活性化させる段階でもよい。この場合、前記(a1)段階は常温状態で行われる。

また、前記(a1)段階は、反応性イオンエッチングによって行ってもよい。

【 0 0 1 1 】

そして、本発明の第2特徴による半導体素子の配線形成方法は、(a2)半導体素子の電極の表面に触媒金属層を形成する段階と、(b2)前記触媒金属層の上に絶縁層を形成した後、前記触媒金属層の一部を露出させるために絶縁層を貫通するコンタクトホールを形成する段階と、(c)前記コンタクトホールを通じて前記触媒金属層に炭素含有ガスを供給して前記触媒金属層からカーボンナノチューブを成長させて配線を形成する段階と、を具備する。

【 0 0 1 2 】

ここで、前記(a2)段階は、RFマグネトロンスパッタまたは電子ビーム蒸着装置によって前記触媒金属を前記電極の表面に所定厚さに蒸着することが望ましい。

【 0 0 1 3 】

また、前記(a2)段階は、触媒金属の粉末を前記電極の表面にスプレーすることにより所定厚さに塗布してもよい。

【 0 0 1 4 】

そして、前記(a2)段階で、前記触媒金属層は、W、Ni、Fe、Co、Y、Pd、PtおよびAuよりなる群から選択される少なくとも一つの遷移金属よりなる。

【 0 0 1 5 】

本発明の第1および第2特徴による半導体素子の配線形成方法において、前記(b1)段階または(b2)段階で、前記絶縁層は酸化物よりなり、前記コンタクトホールは数n

10

20

30

40

50

m ~ 数十 nm (例えば、1 ~ 100 nm) の直径を持つように形成される。

【0016】

そして、前記(c)段階は、500 ~ 900 の温度で熱化学気相蒸着法またはプラズマ化学気相蒸着法によって行われる。

【0017】

また、前記(c)段階で、前記炭素含有ガスは、 CH_4 、 C_2H_2 、 C_2H_4 、 C_2H_6 、 CO および CO_2 よりなる群から選択される少なくとも一つのガスであることが望ましく、前記炭素含有ガスは、水素ガス、窒素ガスおよびアルゴンガスよりなる群から選択される少なくとも一つのガスと共に供給されることが望ましい。

【0018】

そして、前記の技術的課題を達成するための本発明の第3特徴による半導体素子は、基板と、前記基板に形成された電極と、前記電極の表面に形成された多孔質の活性層と、前記活性層上に形成され、前記活性層の一部を露出させるコンタクトホールを有する絶縁層と、前記コンタクトホールの内部で、前記活性層から成長して電子移動の通路となる配線を構成するカーボンナノチューブと、前記絶縁層の上部に形成されて前記カーボンナノチューブと電気的に連結されるメモリ薄膜または他の電極と、を具備する。

【0019】

ここで、前記活性層は、前記本発明の第1特徴による配線形成方法により形成される。

【0020】

また、本発明の第4特徴による半導体素子は、基板と、前記基板に形成された電極と、前記電極の表面に形成された触媒金属層と、前記触媒金属層上に形成され、前記触媒金属層の一部を露出させるコンタクトホールを有する絶縁層と、前記コンタクトホールの内部で、前記触媒金属層から成長して電子移動の通路となる配線をなすカーボンナノチューブと、前記絶縁層の上部に形成されて前記カーボンナノチューブと電気的に連結されるメモリ薄膜または他の電極と、を具備する。

【0021】

ここで、前記活性層は前記本発明の第2特徴による配線形成方法により形成される。

【0022】

本発明の第3および第4特徴による半導体素子において、前記基板はシリコンまたは酸化物よりなり、前記電極はMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) のソース電極であり、前記メモリ薄膜は相変化物質よりなる。

【発明の効果】

【0023】

本発明による半導体素子の配線形成方法によれば、カーボンナノチューブを使用して二つの電極または電極とメモリ薄膜とを連結するコンタクトまたはインターコネクタなどの配線を形成できる。このようなカーボンナノチューブの電流密度は 10^{10} A/cm^2 程度であり、これは、従来の金属配線の約10,000倍程度の電流密度である。したがって、前記カーボンナノチューブからなる配線を数nm ~ 数十nm (例えば、1 ~ 100 nm) 程度の直径で形成可能であり、超高集積度の半導体素子の製造に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1A】本発明の第1実施形態によるカーボンナノチューブを利用した半導体素子の配線形成方法を段階的に示す断面図である。

【図1B】本発明の第1実施形態によるカーボンナノチューブを利用した半導体素子の配線形成方法を段階的に示す断面図である。

【図1C】本発明の第1実施形態によるカーボンナノチューブを利用した半導体素子の配線形成方法を段階的に示す断面図である。

【図1D】本発明の第1実施形態によるカーボンナノチューブを利用した半導体素子の配

10

20

30

40

50

線形成方法を段階的に示す断面図である。

【図 2 A】本発明の第 2 実施形態によるカーボンナノチューブを利用した半導体素子の配線形成方法を概略的に示す断面図である。

【図 2 B】本発明の第 2 実施形態によるカーボンナノチューブを利用した半導体素子の配線形成方法を概略的に示す断面図である。

【図 3】図 1 C に図示された段階を経た後、電極上に活性層およびコンタクトホールが形成された状態を示す電子顕微鏡写真である。

【図 4】電極の表面から成長したカーボンナノチューブを示す電子顕微鏡写真である。

【図 5】電極の表面から成長したカーボンナノチューブを示す電子顕微鏡写真である。

【図 6】本発明の半導体素子の配線形成方法によりコンタクトホール内部に形成されたカーボンナノチューブが規則的に配列された状態を示す電子顕微鏡写真である。

【図 7】本発明の配線形成方法によるカーボンナノチューブからなる配線を有する半導体素子の一例を概略的に示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、添付された図面を参照しながら本発明の望ましい実施形態について詳細に説明する。以下の図面で同じ参照符号は同じ構成要素を示す。

【0026】

図 1 A ないし図 1 D は、本発明の第 1 実施形態によるカーボンナノチューブを利用した半導体素子の配線形成方法を段階的に示す断面図である。

【0027】

図 1 A は、半導体素子の基板 110 の上に形成された電極 120 を示す。図 1 A に示す半導体素子において、前記基板 110 としては、シリコンウェーハまたはガラスなどが用いられる。一方、前記電極 120 は、基板 110 の代りに所定の物質層、例えば、絶縁層の上に形成されていてもよい。前記電極 120 は、導電性の良好な金属やドーピングされたシリコンで形成される。具体的には、前記電極 120 が MOSFET のソース電極のようにシリコンからなる基板 110 上に形成される場合にはドーピングされたシリコンよりなり、前記電極 120 が絶縁層上に形成される場合には導電性の良好な金属よりなる。

【0028】

図 1 B は、電極 120 の表面を前処理して活性化させる段階を示す断面図である。図 1 B に示すとおり、前記基板 110 および電極 120 を約 300 ~ 700 の温度に加熱した状態で、前記電極 120 の表面に前処理ガスを流すことによって、電極 120 の表面を多孔質状態に活性化させる。その結果、図に示すように、電極 120 の表面にカーボンナノチューブが成長できる活性層 122 が形成される。この時、前処理ガスとしては、窒素ガス、アルゴンガスまたはアンモニアガスが用いられる。そして、前記活性層 122 の厚さが約数 nm ~ 数十 nm (例えば、1 ~ 100 nm) 程度になるように、前処理ガスを流す時間および流量を調節する。

【0029】

一方、アルゴンガスや窒素ガスをイオン化させて、そのイオンを前記電極 120 の表面に衝突させることによって、前記電極 120 の表面を多孔質状態に活性化させる方法も使用可能である。このような方法によっても、前記電極 120 の表面にカーボンナノチューブが成長できる多孔質の活性層 122 が形成される。そして、この方法は、反応性イオンエッチング (RIE: Reactive Ion Etching) 装置を使用して行われる。また、この方法は、基板 110 および電極 120 を加熱する必要がなく、常温状態でも行える長所がある。

【0030】

図 1 C は、電極 120 の上に、絶縁層 130 およびコンタクトホール 132 を形成した構造を示す断面図である。図 1 C に示すとおり、まず前述の図 1 B に示した段階で表面に活性層 122 が形成された電極 120 の上に絶縁層 130 を形成する。この時、前記絶縁層 130 は、酸化物、例えば、シリコン酸化物よりなる。

10

20

30

40

50

【0031】

次に、前記絶縁層130に、活性層122の表面の一部を露出させるコンタクトホール132を形成する。具体的には、前記絶縁層130上にフォトレジストを塗布した後、これを所定パターンにパターンニングする。次いで、パターンニングされたフォトレジストをエッチングマスクとして前記絶縁層130を異方性エッチングすることによって、前記コンタクトホール132を形成する。この時、前記コンタクトホール132は、数nm~数十nm(例えば、1~100nm)の直径を持つように形成される。

【0032】

図1Cの段階を経て、図3の電子顕微鏡写真に示すように、電極120の表面に活性層122が形成され、絶縁層130を通じて活性層122を露出するコンタクトホール132が形成される。

10

【0033】

図1Dは、コンタクトホール132の内部で活性層122からカーボンナノチューブ140を成長させた構造を示す断面図である。図1Dに示す段階において、カーボンナノチューブ140の成長は、熱化学気相蒸着法またはプラズマ化学気相蒸着法により行なわれ、また公知の他の方法によっても行なうことができる。

【0034】

図1Dに示すように、前述した図1A~図Cに示す段階を経て得られた結果物を反応炉内に装入した後、前記反応炉の内部温度を約500~900の温度に調節する。次いで、前記反応炉内に、メタン(CH_4)、アセチレン(C_2H_2)、エチレン(C_2H_4)、エタン(C_2H_6)、一酸化炭素(CO)または二酸化炭素(CO_2)などの炭素含有ガスを供給する。図解のために、炭素含有ガスのいくつかの例を図1Dに示す。この時、前記炭素含有ガスは、水素(H_2)ガス、窒素(N_2)ガスまたはアルゴン(Ar)ガスなどと共に供給することができる。このように反応炉内に注入された炭素含有ガスは、コンタクトホール132を通じて、電極120の表面に形成された活性層122に接触し、これにより、活性層122から垂直方向にカーボンナノチューブ140が成長する。

20

【0035】

次に、図示されていないが、絶縁層130の上部に、カーボンナノチューブ140と連結される他の電極(図7の250)またはメモリ薄膜(図7の280)を形成すれば、前記カーボンナノチューブ140は、二つの電極(例えば、電極120と他の電極)または電極120とメモリ薄膜とを連結するコンタクトまたはインターコネクタなどの配線を構成する。

30

【0036】

図2Aおよび図2Bは、本発明の第2実施形態によるカーボンナノチューブを利用した半導体素子の配線形成方法を概略的に示す断面図である。この第2実施形態は、電極120の表面を活性化しないで、電極120の上に触媒金属層124を形成する段階を除いては前述した第1実施形態と同一である。したがって、本実施形態については、前述した第1実施形態との差異点を中心として簡略に説明される。

【0037】

図2Aは、電極120の表面に触媒金属層124を形成した状態を示す断面図である。図2Aに示すとおり、RFマグネトロンスパッタまたは電子ビーム蒸着装置を使用して、電極120の表面に触媒金属を所定厚さに蒸着して、カーボンナノチューブが成長できる触媒金属層124を形成する。この時、前記触媒金属としては、W、Ni、Fe、Co、Y、Pd、PtまたはAuなどの遷移金属が用いられる。図解のために、遷移金属のいくつかの例を図2Aに示す。そして、触媒金属層124は数nm~数十nm(例えば、1~100nm)の厚さに形成される。

40

【0038】

一方、前記触媒金属層124は、前記遷移金属の粉末を電極120の表面に所定厚さに塗布することによって形成してもよい。この時、遷移金属の粉末は、スプレー塗布方法により数nm~数十nm(例えば、1~100nm)の厚さに塗布される。この方法の長所

50

は、触媒金属層 124 が、粗い多孔質状態にさらに容易に形成されることである。

【0039】

このように、本発明の第2実施形態では、電極 120 の表面にカーボンナノチューブを成長させるための触媒金属層 124 を別途に形成する点で、カーボンナノチューブが成長できるように電極 120 自体の表面を活性化させる前述した第1実施形態と異なる。しかし、本発明の第2実施形態において、電極 120 の表面に触媒金属層 124 を形成した以後の段階は、前述した第1実施形態と同一である。したがって、以後の段階は、図2Bを参照して簡略に説明する。

【0040】

図2Bに示すように、触媒金属層 124 の上に、例えば、酸化物よりなる絶縁層 130 を形成する。次いで、パターンニングされたフォトリソグラフィをエッチングマスクとして前記絶縁層 130 を異方性エッチングすることによって、約数 nm ~ 数十 nm (例えば、1 ~ 100 nm) の直径を持つコンタクトホール 132 を形成する。これにより、前記コンタクトホール 132 を通じて、触媒金属層 124 の表面の一部が露出される。

10

【0041】

次に、約 500 ~ 900 の温度に維持された反応炉内に、 CH_4 、 C_2H_2 、 C_2H_4 、 C_2H_6 、CO または CO_2 などの炭素含有ガスと、 H_2 、 N_2 または Ar ガスとを供給して、触媒金属層 124 の表面から垂直方向にカーボンナノチューブ 140 を成長させる。図解のために、炭素含有ガスのいくつかの例を図2Bに示す。

【0042】

図4および図5の電子顕微鏡写真は、電極の活性化した表面から成長しているカーボンナノチューブを示し、図6の電子顕微鏡写真は、本発明の半導体素子の配線形成方法によってコンタクトホール内部に形成されたカーボンナノチューブが規則的に配列された状態を示す。

20

【0043】

前記のように、本発明の第1実施形態および第2実施形態による半導体素子の配線形成方法によれば、カーボンナノチューブを使用して二つの電極(電極 120 と他の電極)または電極 120 とメモリ薄膜とを連結するコンタクトまたはインターコネクタなどの配線を形成できる。このようなカーボンナノチューブは、 $10^{10} A/cm^2$ 程度の電流密度を有し、この電流密度は、従来の金属配線に比べて約 10,000 倍程度大きい。したがって、前記カーボンナノチューブからなる配線は、数 nm ~ 数十 nm (例えば、1 ~ 100 nm) 程度の直径に形成でき、超高集積度の半導体素子の製造に利用することができる。

30

【0044】

図7は、本発明の配線形成方法によるカーボンナノチューブからなる配線を備える半導体素子の一例を概略的に示す断面図である。

【0045】

図7に示す半導体素子は、本発明による配線形成方法を、スイッチング素子として MOSFET を備える PRAM 素子に適用した例である。PRAM 素子は、結晶状態によって電気的抵抗が変わる相変化物質を利用するメモリ素子である。相変化物質膜に印加される電流量の変化によって相変化物質膜の一部の結晶状態が変化する。

40

【0046】

図7に示すとおり、公知のように、MOSFET は、基板 210 の所定領域に形成されたソース電極 221 およびドレーン電極 223 と、第1絶縁層 230 により前記ソース電極 221 およびドレーン電極 223 のそれぞれと離隔されたゲート電極 224 とより構成される。前記ソース電極 221 およびドレーン電極 223 はドーピングされたシリコンや金属よりなり、前記ゲート電極 224 は主に金属よりなる。

【0047】

前記ソース電極 221 の表面には、前記配線形成方法によって多孔質の第1活性層 222 が形成される。一方、前記第1活性層 222 の代わりに、触媒金属層が形成されてもよい

50

。前記第1活性層222の上には第1絶縁層230が形成され、第1絶縁層230には第1コンタクトホール232が形成される。第1コンタクトホール232は、第1活性層222の一部を露出する。前記第1コンタクトホール232の内部に、前記第1活性層222から第1カーボンナノチューブ240が垂直に成長する。この時、前記第1カーボンナノチューブ240は、第1コンタクトホール232の直径によって数nm～数十nm（例えば、1～100nm）の直径を有する。

【0048】

そして、前記第1絶縁層230の上部に、第1カーボンナノチューブ240と連結される中間電極250が形成される。これにより、前記第1カーボンナノチューブ240は、MOSFETのソース電極221と中間電極250とを電氣的に連結する配線を構成する。

10

【0049】

前記中間電極250の表面にも、本発明の配線形成方法によって多孔質の第2活性層252または触媒金属層が形成される。前記第2活性層252の上には第2絶縁層260が形成され、第2絶縁層260には第2コンタクトホール262が形成される。第2コンタクトホール262は、第2活性層252の一部を露出する。前記第2コンタクトホール262の内部で、前記第2活性層252から第2カーボンナノチューブ270が垂直に成長する。

【0050】

次に、前記第2絶縁層260の上部に、第2カーボンナノチューブ270と連結されるメモリ薄膜280が形成される。前記メモリ薄膜280は相変化物質よりなる。これにより、前記第2カーボンナノチューブ270は、中間電極250とメモリ薄膜280とを電氣的に連結する配線を構成する。

20

【0051】

一方、前記中間電極250と、その上に形成される第2カーボンナノチューブ270とが設けられていないで、ソース電極221から成長した第1カーボンナノチューブ240の上に、前記メモリ薄膜280が直接形成されていてもよい。

【0052】

前記メモリ薄膜280の上に第3絶縁層290が形成され、第3絶縁層290に第3コンタクトホール292が形成される。前記第3コンタクトホール292を通じてメモリ薄膜280と上部電極295とが連結される。

30

【0053】

以上の実施形態を参考にして本発明を説明したが、これらの実施形態は例示的なものに過ぎず、当業者ならばより多様な変形および均等な他の実施形態の想到が可能である。したがって、本発明の真の技術的保護範囲は特許請求の範囲により定められねばならない。

【産業上の利用可能性】

【0054】

本発明による配線形成方法は、前記PRAMだけでなく多様な半導体メモリ素子、すなわち、DRAM、SRAMおよびMRAMにも適用できる。そして、前記半導体メモリ素子には、前記スイッチング素子としてMOSFETだけでなく多様なトランジスタを備えることができる。

40

【符号の説明】

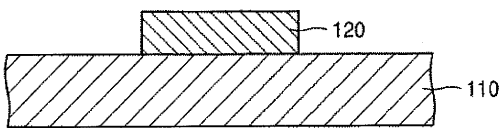
【0055】

210	基板
221	ソース電極
222	第1活性層
223	ドレーン電極
224	ゲート電極
230	第1絶縁層
232	第1コンタクトホール

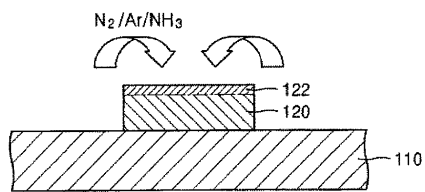
50

- 2 4 0 第 1 カーボンナノチューブ
- 2 5 0 中間電極
- 2 5 2 第 2 活性層
- 2 6 0 第 2 絶縁層
- 2 6 2 第 2 コンタクトホール
- 2 7 0 第 2 カーボンナノチューブ
- 2 8 0 メモリ薄膜
- 2 9 0 第 3 絶縁層
- 2 9 2 第 3 コンタクトホール
- 2 9 5 上部電極

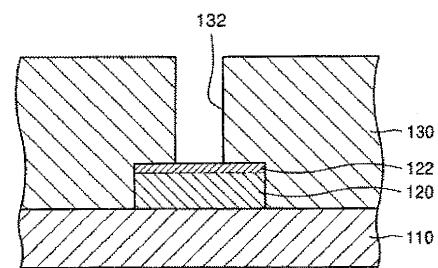
【図 1 A】



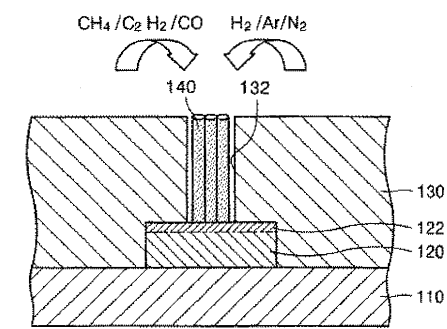
【図 1 B】



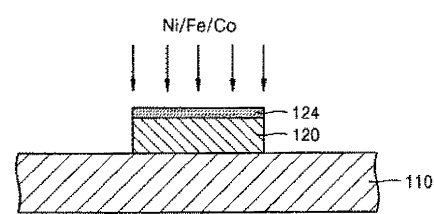
【図 1 C】



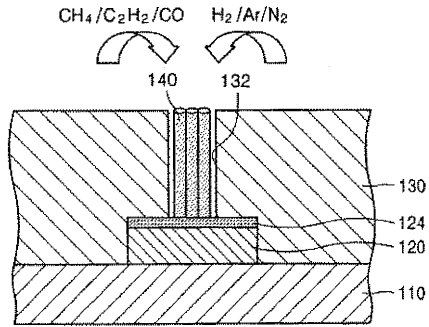
【図 1 D】



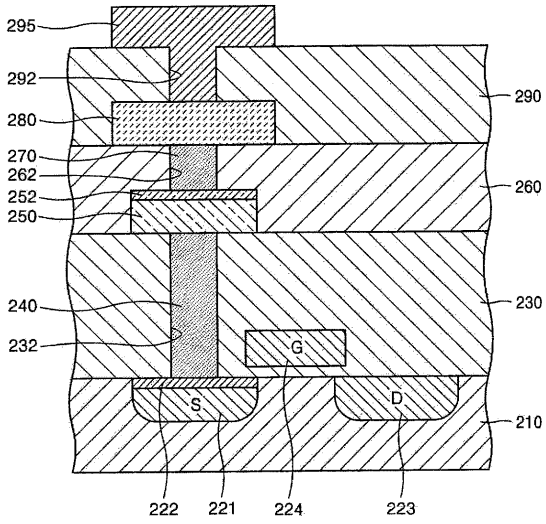
【図 2 A】



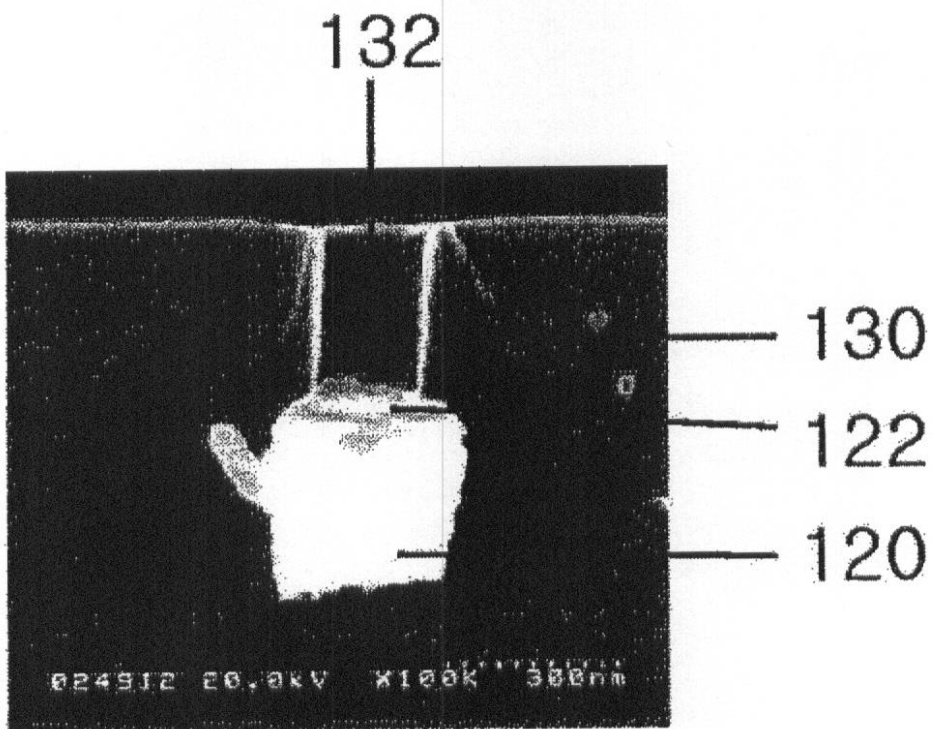
【 図 2 B 】



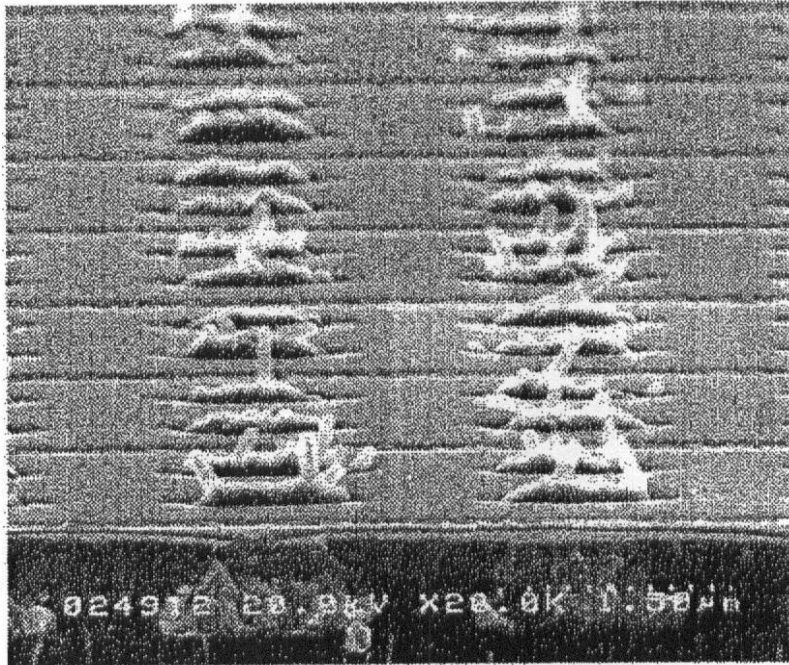
【 図 7 】



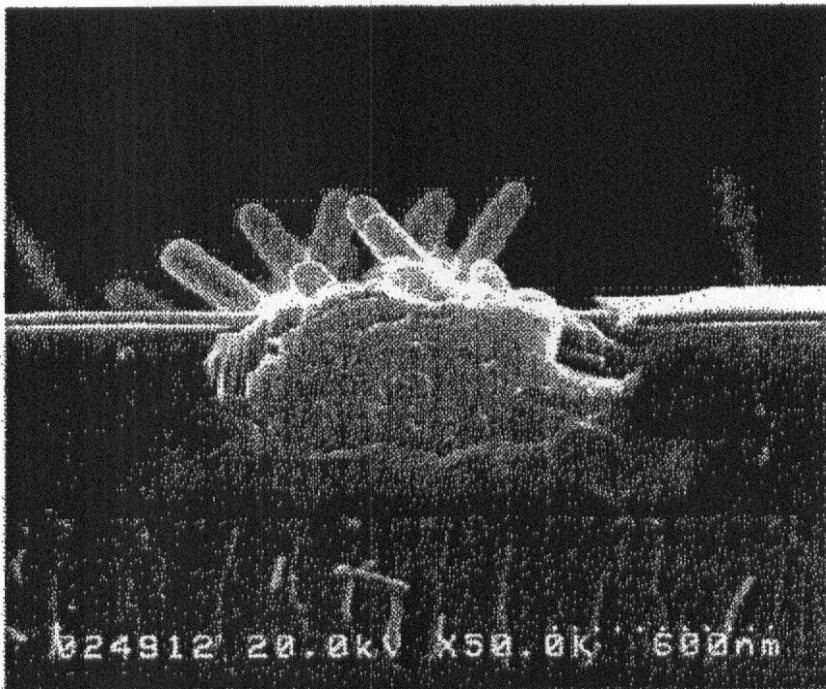
【 図 3 】



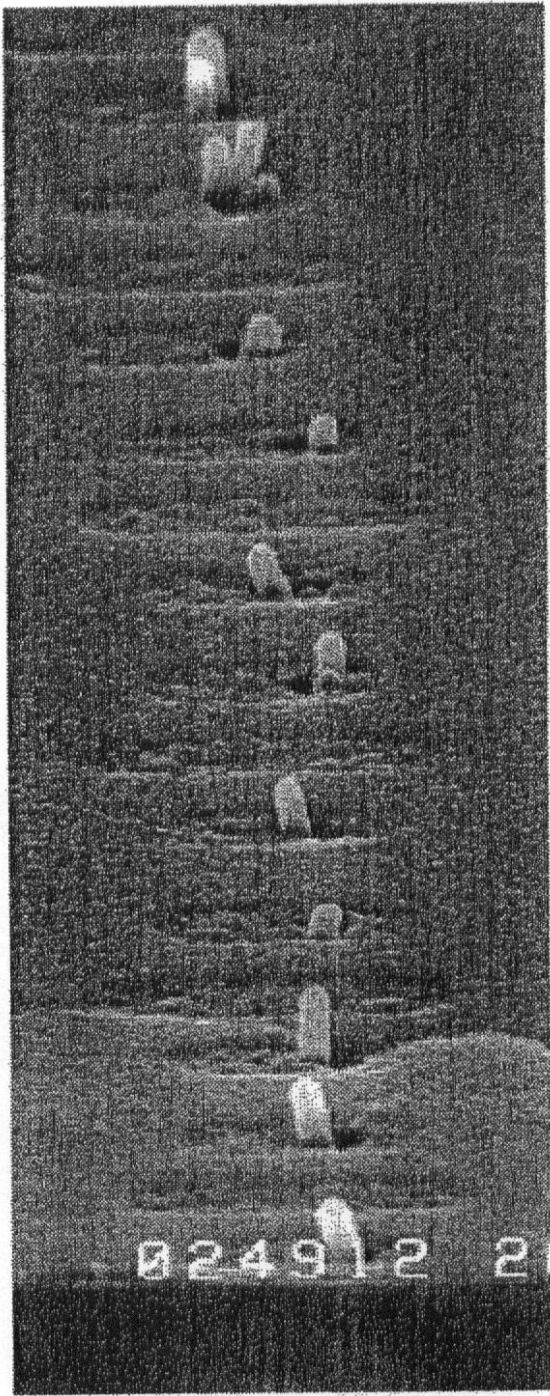
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H 0 1 L 27/105 (2006.01) C 0 1 B 31/02 1 0 1 F
C 0 1 B 31/02 (2006.01)

(74)代理人 100110364

弁理士 実広 信哉

(72)発明者 崔 原 鳳

大韓民國 京畿道 水原市 靈通區 梅灘4洞 810-1番地 現代アパート 104棟 906号

(72)発明者 裴 恩 珠

大韓民國 京畿道 龍仁市 器興邑 靈 德 里 13番地 斗進アパート 104棟 1506号

(72)発明者 堀井 秀樹

大韓民國 ソウル特別市 江南區 開浦3洞 185番地 住公アパート 708棟 701号

Fターム(参考) 4G146 AA11 AB06 AB07 AD22 AD30 BA08 BA09 BA12 BA48 BB22
 BB23 BC09 BC16 BC23 BC25 BC33A BC33B BC42 BC43 BC44
 BC48
 4M104 BB36 CC01 DD08 DD16 DD22 DD43 DD45 DD46 GG09 GG10
 GG14 GG16 HH14
 5F033 JJ00 KK01 KK07 PP02 PP06 PP07 PP08 PP12 PP26 QQ09
 QQ16 QQ37 QQ58 QQ59 QQ62 QQ64 QQ73 RR04 VV16 WW01
 WW03 XX03
 5F083 FZ10 GA09 GA27 HA02 HA10 JA31 JA38 JA39 MA05 MA06
 MA15 MA19 PR21 PR33