

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 2 区分

【発行日】平成 24 年 5 月 31 日 (2012.5.31)

【公開番号】特開 2009-278082 (P2009-278082A)

【公開日】平成 21 年 11 月 26 日 (2009.11.26)

【年通号数】公開・登録公報 2009-047

【出願番号】特願 2009-101255 (P2009-101255)

【国際特許分類】

H 0 1 L 29/786 (2006.01)

H 0 1 L 21/336 (2006.01)

H 0 1 L 21/20 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 29/78 6 1 8 Z

H 0 1 L 29/78 6 1 8 G

H 0 1 L 29/78 6 1 8 E

H 0 1 L 21/20

【手続補正書】

【提出日】平成 24 年 4 月 9 日 (2012.4.9)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ゲート電極と、

前記ゲート電極上のゲート絶縁層と、

前記ゲート絶縁層に接し、非晶質構造の中に複数の結晶領域を含みチャネル形成領域を有する第 1 の半導体層と、

一導電型を付与する不純物元素を含み、ソース領域及びドレイン領域を有する第 2 の半導体層と、

前記第 1 の半導体層と前記第 2 の半導体層との間のバッファ層と、を有し、

前記結晶領域は、前記ゲート絶縁層と前記第 1 の半導体層との界面から離れた位置から、前記第 1 の半導体層が堆積される方向に向かって略放射状に成長した逆錐形状の構造を有することを特徴とする薄膜トランジスタ。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 1 の半導体層は、二次イオン質量分析法によって計測される酸素濃度が、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、窒素濃度が $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 乃至 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ であり、

前記窒素濃度は、前記ゲート絶縁層と前記第 1 の半導体層との界面近傍において、二次イオン質量分析法によって計測されるピーク濃度が $3 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 乃至 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ であり、該界面近傍から前記第 1 の半導体層が堆積される方向に向けて窒素濃度が減少しており、

前記第 1 の半導体層において、窒素濃度が $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下の領域に、前記結晶領域の成長端が位置していることを特徴とする薄膜トランジスタ。

【請求項 3】

ゲート電極を形成し、

前記ゲート電極上にゲート絶縁層を形成し、

前記ゲート絶縁層上に、非晶質構造の中に複数の結晶領域を含む第 1 の半導体層を形成し、

前記第 1 の半導体層上に、非晶質半導体により構成されるバッファ層を形成し、

前記バッファ層上にソース領域及びドレイン領域を形成する、一導電型を付与する不純物元素を含む第 2 の半導体層を形成し、

前記第 2 の半導体層上に、ソース電極及びドレイン電極を形成し、

前記第 1 の半導体層は、半導体材料ガスと希釈ガスとを微結晶半導体の生成が可能な混合比で反応室内に導入し、

前記反応室においてグロー放電プラズマを生成し、堆積初期段階において結晶核の生成を妨害する不純物元素を含ませて被膜の堆積を開始し、該被膜が 5 nm 以上 20 nm 以下まで堆積された後に結晶核を生成させて形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記半導体材料ガスと前記希釈ガスとを前記反応室に導入する前に、前記結晶核の生成を妨害する不純物元素を含むガスを一時的に前記反応室内に導入し、その後排気する処理を行い、

前記ソース電極及びドレイン電極の形成に際して、前記ソース電極及びドレイン電極から露出する前記第 2 の半導体層及び前記バッファ層の一部をドライエッチングにより除去し、

前記ドライエッチングにより露出させた前記第 1 の半導体層の表面をプラズマ処理することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0032】

結晶粒 121 の形状は、逆錐形である。ここで、逆錐形とは、(i) 多数の平面から構成される面と、(i i) 前記面の外周と前記面の外に存在する頂点とを結ぶ線の集合によって作られる立体的形状であって、該頂点が基板側に存在するものをいう。換言すると、後の実施例において説明するように、ゲート絶縁層 104 と半導体層 106 との界面から離れた位置から、半導体層 106 が堆積される方向に向けて、略放射状に成長した形状である。離散的に形成された結晶核のそれぞれが、半導体層の形成と共に結晶の方位に沿って成長することで、結晶粒は、結晶核を起点として結晶の成長方向と垂直な面の面内方向に広がるように成長する。このように結晶粒を有することで、非晶質半導体よりもオン電流を高くすることができる。また、結晶粒 121 内には単結晶または双晶を含む。ここで、逆錐形の結晶粒 121 では、側面は面方位が揃っており、側面の断面形状は一直線である(図 2 を参照)。そのため、結晶粒 121 は複数の結晶を含んでいる形態よりも単結晶または双晶を含む形態に近いと考えられる。双晶を含む場合には、複数の結晶を含む場合と比較して、ダングリングボンドが少ないため欠陥数が少なく、オフ電流が小さい。また、複数の結晶を含む場合と比較して、粒界が少なく、オン電流が大きい。なお、結晶粒 121 には、複数の結晶を含んでいてもよい。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 3 5 】

また、半導体層 1 0 6 の形成は、ゲート絶縁層 1 0 4 の表面に窒素を存在させて行う。ここで、窒素濃度は核生成位置を決定するため重要である。窒素が存在するゲート絶縁層 1 0 4 上に半導体層 1 0 6 を形成すると、まず、第 1 の領域 1 2 0 が形成され、その後、第 2 の領域 1 2 2 が形成される。ここで、第 1 の領域 1 2 0 と第 2 の領域 1 2 2 との界面の位置は窒素濃度により決定される。S I M S によって計測される窒素の濃度が $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $7 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下のときに結晶核を生成し、第 2 の領域 1 2 2 が形成されることとなる。すなわち、結晶粒 1 2 1 の成長の起点となる結晶核の生成位置において、S I M S によって計測される窒素の濃度は $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $7 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下となる。換言すると、逆錐形を有する結晶粒 1 2 1 の頂点における、S I M S によって計測される窒素の濃度は $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $7 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

【 手 続 補 正 4 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 5 1

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 5 1 】

また、上記したように、半導体層 1 0 6 は、逆錐形の結晶粒を有する。逆錐形の結晶粒は、例えば、半導体層 1 0 6 の酸素濃度を低くし、窒素濃度を酸素濃度よりも高くし、窒素濃度が結晶粒の成長方向に従って低下していくことで、結晶粒の核生成を制御しつつ形成することができる。ここで、窒素濃度は酸素濃度よりも一桁以上高いことが好ましい。より具体的には、ゲート絶縁層 1 0 4 と半導体層 1 0 6 の界面における、S I M S によって計測される酸素の濃度を $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下とし、窒素の濃度を $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下とする。また、酸素濃度を低く抑えて、窒素濃度を酸素濃度よりも高くして形成する。

【 手 続 補 正 5 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 1 1 1

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 1 1 1 】

(実 施 の 形 態 2)

本実施の形態では、図 1 に示す薄膜トランジスタの作製方法であって、実施の形態 1 とは異なるものについて説明する。本実施の形態では、実施の形態 1 と同様に、逆錐形の形状を有する結晶粒を含む半導体層を形成する。ただし、半導体層に窒素を含ませる手段が異なる。

【 手 続 補 正 6 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 1 1 2

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 1 1 2 】

本実施の形態では、半導体層に接するゲート絶縁層を窒化シリコンにより形成することで、半導体層の窒素濃度を制御し、逆錐形の形状を有する結晶粒を含む半導体層を形成する。ゲート絶縁層 1 0 4 からドナーとなる不純物元素を含む半導体層 1 0 9 の形成までについて、図 9 を参照して以下に説明する。

【 手 続 補 正 7 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 2 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 2 1】

上記説明したように、少なくとも半導体層に接するゲート絶縁層の最上層を窒化シリコンにより形成することで、酸素濃度を低く抑え、窒素濃度を酸素濃度よりも高くすることができ、逆錐形の形状を有する結晶粒を含む半導体層を形成することができる。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 2 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 2 2】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、図 1 に示す薄膜トランジスタの作製方法であって、実施の形態 1 及び実施の形態 2 とは異なるものについて説明する。本実施の形態では、実施の形態 1 及び実施の形態 2 と同様に、逆錐形の形状を有する結晶粒を含む半導体層を形成する。ただし、半導体層に窒素を含ませる手段が異なる。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 3 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 3 3】

上記説明したように、少なくとも半導体層 1 0 5 を形成する直前に処理室 1 4 1 の内壁を窒化シリコン層により覆うことで、ゲート絶縁層 1 0 4 中の酸素濃度を低く抑え、ゲート絶縁層 1 0 4 中の窒素濃度を酸素濃度よりも高くすることが可能であり、逆錐形の形状を有する結晶粒を含む半導体層を形成することができる。

【手続補正 1 0】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 3 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 3 6】

(実施の形態 4)

本実施の形態では、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 とは異なる半導体装置の作製方法について説明する。本実施の形態では、実施の形態 1 と同様に、逆錐形の形状を有する結晶粒を含む半導体層を形成する。ただし、半導体層に窒素を含ませる手段が異なる。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 4 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 4 5】

上記説明したように、半導体層の形成初期のガスに窒素を含ませることで、酸素濃度を低く抑え、窒素濃度を酸素濃度よりも高くすることが可能であり、逆錐形の形状を有する結晶粒を含む半導体層を形成することができる。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 2 3 7

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 2 3 7 】

図 2 5 から、絶縁層 4 0 0 上から成長方向 1 0 ~ 1 5 n m 程度の半導体層 4 0 1 の領域においては、シリコンの結晶粒が存在しない。半導体層 4 0 1 の領域は、実施の形態 1 にて示した図 2 における第 1 の領域 1 2 0 に相当する。また、絶縁層 4 0 0 上から成長方向 1 0 ~ 1 5 n m の領域からバッファ層 4 0 4 までの間に、破線 4 0 3 で囲まれる領域に見られるようにシリコンの結晶粒が観察される。このシリコンの結晶粒は、頂点が絶縁層 4 0 0 側にあり、バッファ層 4 0 4 側へ近づくに従って幅が広がる逆錐形状である。このシリコンの結晶粒は、実施の形態 1 にて示した図 2 における結晶粒 1 2 1 に相当する。

【手続補正 1 3 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 2 6 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 2 6 3 】

ゲート絶縁層 4 1 3 は窒化シリコン層により形成され、ゲート絶縁層 4 1 3 上には半導体層 4 1 5 として微結晶シリコン膜が形成され、半導体層 4 1 5 上にはバッファ層 4 1 7 として非晶質シリコン膜が形成されている。バッファ層 4 1 7 上にはドナーとなる不純物元素を含む半導体層 4 1 9 として、リンが添加された非晶質シリコン膜が形成されている。ドナーとなる不純物元素を含む半導体層 4 1 9 上に、導電層 4 2 1 としてモリブデン層が形成されている。また、破線 4 2 3 で示す領域には、頂点がゲート絶縁層 4 1 3 側にあり、バッファ層 4 1 7 に向かって上向きに広がる逆錐形状のシリコン結晶粒が観察される。