

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5000609号  
(P5000609)

(45) 発行日 平成24年8月15日 (2012.8.15)

(24) 登録日 平成24年5月25日 (2012.5.25)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 21/20
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 G
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 0

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-227333 (P2008-227333)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成20年9月4日 (2008.9.4)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2009-81433 (P2009-81433A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(43) 公開日	平成21年4月16日 (2009.4.16)	(74) 代理人	110000338
審査請求日	平成20年9月4日 (2008.9.4)		特許業務法人原謙三国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	11/904, 133	(72) 発明者	テミストクレス アフェンタキス
(32) 優先日	平成19年9月26日 (2007.9.26)		アメリカ合衆国 ワシントン州 9866
(33) 優先権主張国	米国 (US)		4, ヴァンクーヴァー, エス. イー. エル
			ズワース ロード 1221
		(72) 発明者	ロバート ステファン スポシリ
			アメリカ合衆国 ワシントン州 9866
			3, ヴァンクーヴァー, エス. ストリート
			3505

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結晶化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

結晶粒を用いた活性半導体膜の位置制御された結晶化方法であって、  
基板の上に、多結晶および単結晶からなる群より選ばれた結晶構造および結晶配向を有する第1の半導体膜を形成する工程と、  
上記第1の半導体膜を選択的にエッチングして種結晶領域を形成する工程と、  
上記種結晶領域の上に、非晶質構造を有する絶縁体層を積層する工程と、  
上記絶縁体層に開口部を形成して上記種結晶領域を露出させる工程と、  
上記絶縁体層の上に、第2の半導体膜を形成する工程と、  
上記第2の半導体膜をレーザーアニールする工程と、  
上記レーザーアニールに応じて上記第2の半導体膜を完全に熔融し、上記種結晶領域を部分的に熔融させる工程と、  
上記種結晶領域と同じ結晶配向を有している第2の半導体膜中で結晶粒を上記種結晶領域から横成長させる工程と、  
上記種結晶領域の上の第2の半導体膜を除去するために、上記結晶粒を上記第2の半導体膜中で横成長させた後の上記第2の半導体膜をエッチングする工程と、  
残っている第2の半導体膜中にトランジスタ活性領域を形成する工程とを含み、  
上記第1の半導体膜を選択的にエッチングする工程は、上記基板の上に積層され、かつ、上記第1の半導体膜をエッチングして上記種結晶領域に隣接するボトムゲートを形成する工程を含み、

上記絶縁体層の形成工程は、上記絶縁体層を上記ボトムゲートおよび種結晶領域の上に形成することにより、ボトムゲート絶縁体層を形成する工程を含み、

上記トランジスタ活性領域を形成する工程は、上記ボトムゲートの上の第2の半導体膜中にトランジスタ活性領域を形成する工程を含んでいることを特徴とする結晶化方法。

【請求項2】

結晶粒を用いた活性半導体膜の位置制御された結晶化方法であって、

基板の上に、多結晶および単結晶からなる群より選ばれた結晶構造および結晶配向を有する第1の半導体膜を形成する工程と、

上記第1の半導体膜を選択的にエッチングして種結晶領域を形成する工程と、

上記種結晶領域の上に、非晶質構造を有する絶縁体層を積層する工程と、

上記絶縁体層に開口部を形成して上記種結晶領域を露出させる工程と、

上記絶縁体層の上に、第2の半導体膜を形成する工程と、

上記第2の半導体膜をレーザアニールする工程と、

上記レーザアニールに応じて上記第2の半導体膜を完全に熔融し、上記種結晶領域を部分的に熔融させる工程と、

上記種結晶領域と同じ結晶配向を有している第2の半導体膜中で結晶粒を上記種結晶領域から横成長させる工程と、

上記種結晶領域の上の第2の半導体膜を除去するために、上記結晶粒を上記第2の半導体膜中で横成長させた後の上記第2の半導体膜をエッチングする工程と、

残っている第2の半導体膜中にトランジスタ活性領域を形成する工程とを含み、

上記種結晶領域を形成する工程は、結晶粒を有するように当該種結晶領域を形成する工程を含み、

上記絶縁体層に開口部を形成する工程では、上記開口部として、種結晶領域の前記結晶粒の平均粒径にほぼ等しい直径を有する開口部を形成することを特徴とする結晶化方法。

【請求項3】

上記結晶配向を有する上記第1の半導体膜を形成する工程では、上記第1の半導体膜として、上面が(100)優先配向した第1の半導体膜を形成することを特徴とする請求項1または2記載の結晶化方法。

【請求項4】

上記第2の半導体膜をレーザアニールする工程は、CO<sub>2</sub>レーザと連携してエキシマレーザによって、上記第2の半導体膜の上面を照射する工程を含んでいることを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載の結晶化方法。

【請求項5】

上記CO<sub>2</sub>レーザおよびエキシマレーザによる照射工程が、上記各レーザのビームの強度が、上記各レーザのビームが照射された領域中の各ポイントで均一になるようにフラッド照射する工程を含んでいることを特徴とする請求項4記載の結晶化方法。

【請求項6】

上記種結晶領域と同じ結晶配向を有している上記第2の半導体膜中で結晶粒を上記種結晶領域から横成長させる工程は、10 μm以上の横成長を伴って上記結晶粒を成長させる工程を含んでいることを特徴とする請求項1～5の何れか1項に記載の結晶化方法。

【請求項7】

選択的に上記第1の半導体膜をエッチングする工程は、2～5 μmの大きさの辺を有し、ダイヤモンド状および正形状からなる群より選ばれる形状を有する種結晶領域を形成する工程を含んでいることを特徴とする請求項1～6の何れか1項に記載の結晶化方法。

【請求項8】

上記結晶粒を上記第2の半導体膜中で横成長させた後の上記第2の半導体膜をエッチングし、上記トランジスタ活性領域を形成する工程は、上記絶縁体層における開口部から2～7 μmの距離に、トランジスタチャネルを形成する工程を含んでいることを特徴とする請求項1～7の何れか1項に記載の結晶化方法。

【請求項9】

10

20

30

40

50

さらに、上記トランジスタ活性領域に、ソース、ドレイン、およびチャネルを形成する工程を含んでいることを特徴とする請求項 1 ~ 8 の何れか 1 項に記載の結晶化方法。

【請求項 10】

さらに、上記トランジスタ活性領域の上にトップゲート誘電体を形成する工程と、上記トップゲート誘電体の上にトップゲートを形成する工程とを含んでいることを特徴とする請求項 9 記載の結晶化方法。

【請求項 11】

上記基板の上に第 1 の半導体膜を形成する工程は、ガラス、プラスチック、石英、石英ガラス、シリコン、およびシリコン・オン・インシュレータからなる群より選ばれる基板の上に上記第 1 の半導体膜を形成する工程を含んでいることを特徴とする請求項 1 ~ 10 の何れか 1 項に記載の結晶化方法。

10

【請求項 12】

上記第 1 の半導体膜を形成する工程は、平均的な第 1 の粒径を有する結晶粒によって第 1 の半導体膜を形成する工程を含み、

上記第 2 の半導体膜中で結晶粒を横成長させる工程は、上記第 1 の粒径よりも大きな、平均的な第 2 の粒径を有する結晶粒を成長させる工程とを含んでいることを特徴とする請求項 1 ~ 11 の何れか 1 項に記載の結晶化方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して位置制御結晶化方法に関するものであり、より詳しくは、活性半導体膜の位置制御された結晶化方法および活性半導体膜構造体に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

通常、レーザ晶出によって形成された多結晶シリコン膜は、該多結晶シリコン膜を構成する多数の粒が、事実上、結晶配向のランダムな分布を有している。そのような膜の典型的な粒径を有し、該膜内に形成されたどのような T F T デバイスの活性チャネルにも最終的に含まれる多くの高傾角結晶粒界がある。

【0003】

T F T デバイスの活性チャネル部分の中のそのような結晶粒界の存在は、デバイスパフォーマンスに強い有害な影響を及ぼすことが知られている。このため、活性チャネル領域から結晶粒界を減少もしくは除去するために多くのアプローチが検討されている。

30

【0004】

例えば、粒径を増大させることは、結晶粒界の密度を減少させ、その結果、デバイスの活性チャネルの中に含まれるであろう結晶粒界の平均数を減少させる。上記粒径を活性チャネル領域よりも大きく形成することができれば、該チャネル中に含まれる結晶粒界の平均数は 1 未満となるであろう。

【特許文献 1】米国特許第 7, 056, 843 号公報

【特許文献 2】米国特許第 7, 029, 996 号公報

【特許文献 3】米国特許第 7, 018, 468 号公報

【特許文献 4】米国特許第 6, 881, 686 号公報

【特許文献 5】米国特許第 6, 635, 554 号公報

【特許文献 6】米国特許第 6, 573, 531 号公報

【特許文献 7】米国特許第 6, 322, 625 号公報

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、たとえ粒径がチャネルサイズよりも大きく、けれども結晶粒界の配置がランダムだとしても、いくらかの活性チャネルが 1 つ以上の結晶粒界を含む可能性はまだある。

50

## 【 0 0 0 6 】

さらに、たとえ結晶粒界に対するチャンネルの大きさの比率が高くても、チャンネル中に結晶粒界を有するデバイスに隣接しているデバイスが結晶粒界のないチャンネルを含む可能性は高い。

## 【 0 0 0 7 】

この状況は、隣接した薄膜トランジスタ ( T F T ) デバイスの性能に大きな不均一性をもたらす。チャンネル内に結晶粒界を持たないそれらのデバイスは比較的性能が高く、1つ ( または2つ ) の結晶粒界を持つそれらのデバイスは性能が低い。

## 【 0 0 0 8 】

比較的高いエネルギー密度が、多結晶構造を形成するために一般的に必要とされる一方、多くの基板材料は、温度に敏感であり、アニーリングプロセスを複雑にする。 T F T アプリケーションのためのシリコン ( S i ) 薄膜のハイブリッドの連続粒界結晶シリコン ( C G S : hybrid continuous grain silicon ) 処理にとって、「1-ショット」プロセスは、上記結晶膜の中で粒界の位置制御を行うことができる高生産性スキームである。

## 【 0 0 0 9 】

レーザパルスは、一般的に「ショット」と称され、1ショットプロセスは、膜をアニール処理するために、単一のレーザパルスを使用する。その結果生じるミクロ構造に影響を及ぼすこのアプローチには、結晶化に先立って予め島状に S i をパターン化するか、あるいはしないかという主な2つの方法がある。

## 【 0 0 1 0 】

何れの場合にも、位置制御は、過冷却された溶融物の結晶化 ( 晶出 ) を開始するために、予め配置された種結晶が、要求される領域を除く全ての領域で、 S i 膜を完全に溶融させることによって引き起こされる。

## 【 0 0 1 1 】

一般的に、この種結晶は、最初に、予めパターン化された、あるいは、パターン化されていない S i 層を、500 の S i O <sub>2</sub> キャップ層でカプセル化し、それから、下層の S i 活性層をエキシマレーザ光から遮断するドット ( 以下、「シャードット」と記す ) またはライン ( 以下、「シャドーライン」と記す ) を残すために、上記 S i 層をパターンングすることで形成される。

## 【 0 0 1 2 】

横方向に熱拡散させないために、上記シャードットまたはシャドーラインは、 S i 下層の十分に広い領域を遮光するのに十分なほど大きくなければならない。これらシャードットまたはシャドーラインの典型的な幅は、約3~4ミクロン ( μ m ) である。周辺の溶融した S i が、平衡温度よりも低い温度まで冷却し始めるとき、種結晶は、周囲の領域に横成長し始める。

## 【 0 0 1 3 】

図1は、「1ショット」の位置制御晶出スキームのためのシャードット ( シャードット ) を備えた、予めパターン化された S i 活性層を示す透視図である。

## 【 0 0 1 4 】

図1は、横成長を誘発させるために、予めパターン化された S i 島 ( 島状の S i 層 ) とキャップ S i 層とを備えた、70°のチルト角でチルト ( 傾斜 ) されたサンプルを示す。照射に際して、種結晶は、シャードットの下から成長を開始し、それから、螺旋形の周囲に横成長し、そして残りの S i 島の中に横成長する。

## 【 0 0 1 5 】

上述したアプローチの多くの実施例において、このようなシャードットは結局除去されなければならない。シャードットは、後の T F T の製造工程 ( 例えば、注入、コンタクトホール形成および平坦化 ) にとって問題になり得る。

## 【 0 0 1 6 】

このため、上記シャドーラインおよびシャードットの下を切り取り、そしてそれらを取り上げさせるために、上記シャードットの除去は、 S i シャドー層の制御されたド

10

20

30

40

50

ライエッチング、TMAH（水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液）中でのウェットエッチング、あるいは、（パターン化されていないSi活性層に対する）低濃度の（希釈した）HF（フッ化水素）中でのエッチングの何れかを必要とする。

【0017】

本発明は、上記問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、結晶化に続いて、所定の位置に残すことができ、その後の処理工程を妨げない手段によって種結晶を横成長させる方法並びに該方法を用いた構造体を提供することにある。また、本発明のさらなる目的は、結晶粒界の位置を制御することで、活性チャネル領域から結晶粒界が減少もしくは除去された構造体を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

10

【0018】

本発明にかかる結晶化方法は、上記の目的を達成するために、結晶粒を用いた活性半導体膜の位置制御された結晶化方法であって、基板の上に、多結晶および単結晶からなる群より選ばれた結晶構造および結晶配向を有する第1の半導体膜を形成する工程と、上記第1の半導体膜を選択的にエッチングして種結晶領域を形成する工程と、上記種結晶領域の上に、非晶質構造を有する絶縁体層を積層する工程と、上記絶縁体層に開口部を形成して上記種結晶領域を露出させる工程と、上記絶縁体層の上に、第2の半導体膜を形成する工程と、上記第2の半導体膜をレーザアニールする工程と、上記レーザアニールに応じて上記第2の半導体膜を完全に熔融し、上記種結晶領域を部分的に熔融させる工程と、上記種結晶領域と同じ結晶配向を有している第2の半導体膜中で結晶粒を横成長させる工程と、  
上記種結晶領域の上の第2の半導体膜を除去するために、上記第2の半導体膜をエッチングする工程と、残っている第2の半導体膜中のトランジスタ活性領域を形成する工程とを含んでいることを特徴としている。

20

【0019】

また、本発明にかかる活性半導体膜構造体は、上記の目的を達成するために、結晶粒の位置制御された結晶化から形成された活性半導体膜構造体であって、基板と、上記基板の上に形成され、多結晶および単結晶からなる群より選ばれる結晶構造および結晶配向を有する種結晶領域と、上記種結晶領域の上に重なる絶縁体層と、上記種結晶領域を露出する、上記絶縁体層における開口部と、上記絶縁体層の上に重なり、上記開口部に隣接し、上記種結晶領域と同じ結晶配向を有する活性半導体層とを備えていることを特徴としている。

30

【0020】

上記したように、上記第2の半導体膜は、従来のシャドードットあるいはシャドーラインとは異なり、結晶化に続いて所定の位置に残すことができ、その後の処理を妨げることもない。

【0021】

また、上記したように、第1の半導体結晶をエッチングして種結晶領域を形成し、その上に、種結晶領域を露出させる開口部が設けられた絶縁体層、および第2の半導体膜を形成してレーザアニールし、種結晶から横成長を行うことで、デバイスパフォーマンスに有害な影響を及ぼす結晶粒界が、トランジスタ活性領域に存在しない構造体を実現することができる。したがって、上記の方法によれば、デバイスパフォーマンスが高い構造体を提供することができる。

40

【0022】

なお、上記結晶化方法を用いて製造される構造体、すなわち上記活性半導体膜構造体としては、上記構成を有する薄膜トランジスタあるいは集積回路（IC）であってもよく、上記構成を有する半導体基板あるいは半導体装置であってもよい。

【0023】

上記の方法において、上記第1の半導体膜を選択的にエッチングする工程は、上記基板上に積層され、かつ、上記種結晶領域に隣接するボトムゲートを形成する工程を含み、上記絶縁体層の形成工程は、上記ボトムゲートおよび種結晶領域の上にボトムゲート絶縁体

50

層を形成する工程を含み、上記トランジスタ活性領域を形成する工程は、上記ボトムゲートの上の第2の半導体膜中にトランジスタ活性領域を形成する工程を含んでいてもよい。

【0024】

また、上記活性半導体膜構造体は、上記基板の上に重なり、上記種結晶領域に隣接し、上記活性半導体層の下に重なり、上記種結晶領域と同じ結晶構造および結晶配向を有するボトムゲートと、上記ボトムゲートと上記活性半導体層との間に配置されたボトムゲート絶縁体層とをさらに含んでいてもよい。

【0025】

上記の各構成によれば、ボトムゲートと種結晶領域とを同時に形成することができる。この場合、ボトムゲートと種結晶領域とは、同じ結晶構造および結晶配向を有する。

10

【0026】

また、上記の方法において、上記結晶配向を有する上記第1の半導体膜を形成する工程では、上記第1の半導体膜として、上面が(100)優先配向した第1の半導体膜を形成することが好ましい。

【0027】

また、上記活性半導体膜構造体において、上記種結晶領域の上面は、(100)優先配向していることが好ましい。

【0028】

(100)配向は、上記第1の半導体膜において優先的(支配的)で安定した配向である。上記の各構成によれば、好ましい(100)配向のより大きな結晶粒を、元々(100)であるが、はるかに小さな粒径の出発物質(種結晶)から生成することができる。なお、このように粒径を増大させることは、結晶粒界の密度を減少させることにも繋がる。このように、結晶粒を、トランジスタ活性領域(活性チャネル)に対して大きくすることに加えて、前記したように結晶粒界の位置を制御することは、結晶粒界が常に活性チャネルの外にあることを保証する。

20

【0029】

また、上記の方法において、上記種結晶領域を形成する工程は、平均粒径を有する結晶粒を形成する工程を含み、上記絶縁体層に開口部を形成する工程では、上記開口部として、上記平均粒径にほぼ等しい直径を有する開口部を形成することが好ましい。

【0030】

また、上記活性半導体膜構造体は、上記種結晶領域が、平均粒径を有する結晶粒を含み、上記絶縁体層における開口部が、上記平均粒径とほぼ等しい直径を有していることが好ましい。

30

【0031】

上記の各構成によれば、単一の結晶粒でトランジスタ活性領域を形成することが可能となる。したがって、上記の各構成によれば、いかなる結晶粒界も活性チャネル中には形成されない。

【0032】

また、上記第2の半導体膜をレーザアニールする工程は、CO<sub>2</sub>レーザと連携してエキシマレーザによって、上記第2の半導体膜の上面を照射する工程を含んでいることが好ましい。

40

【0033】

上記したようにCO<sub>2</sub>レーザおよびエキシマレーザの両方のレーザを用いたハイブリッド結晶化プロセスは、種結晶から、十分に長い横成長を容易に与えることができる。

【0034】

また、上記種結晶が単一の結晶粒である場合、上記したようにハイブリッド晶出(結晶化)させた領域は、上記種結晶と同じ結晶配向を有する単結晶になり得る。

【0035】

なお、この場合、上記CO<sub>2</sub>レーザおよびエキシマレーザによる照射工程は、空間的に均一となるように照射を均一化する工程を含んでいることが好ましい。

50

## 【 0 0 3 6 】

また、上記の方法において、上記第2の半導体膜中の結晶粒の横成長は、上記したように上記種結晶領域中の結晶粒の粒径よりも大きな平均粒径を有する結晶粒を成長させることが好ましい。

## 【 0 0 3 7 】

このため、上記種結晶領域と同じ結晶配向を有している上記第2の半導体膜中で結晶粒を横成長させる工程は、約10 $\mu$ m以上の横成長を伴って上記結晶粒を成長させる工程を含んでいることが好ましい。

## 【 0 0 3 8 】

また、上記活性半導体膜構造体は、上記活性半導体層が、約10 $\mu$ mの平均結晶粒径を有する結晶粒を含んでいることが好ましい。

10

## 【 0 0 3 9 】

結晶粒の形状は、本質的には円もしくは楕円形である。また、上記種結晶は、単一の結晶粒であることが好ましい。

## 【 0 0 4 0 】

このことから、上記の方法において、選択的に上記第1の半導体膜をエッチングする工程は、例えば、2~5 $\mu$ mの大きさの辺を有し、ダイヤモンド状および正方形からなる群より選ばれる形状を有する種結晶領域を形成する工程を含んでいることが好ましい。

## 【 0 0 4 1 】

また、上記活性半導体膜構造体は、上記種結晶領域が、2~5 $\mu$ mの大きさの辺を有する、ダイヤモンド状および正方形からなる群より選ばれる形状を有していることが好ましい。

20

## 【 0 0 4 2 】

有効移動度は、種結晶とトランジスタ活性領域（トランジスタチャネル）との間の距離が増加するにつれて減少する。したがって、種結晶の配向を維持する上で、活性チャネル領域は、種結晶に対し、できるだけ近い距離に配置されていることが好ましい。

## 【 0 0 4 3 】

したがって、上記の方法において、上記第2の半導体膜をエッチングし、上記トランジスタ活性領域を形成する工程は、上記絶縁体層における開口部から2~7 $\mu$ mの距離に、トランジスタチャネルを形成する工程を含んでいることが好ましい。

30

## 【 0 0 4 4 】

また、上記活性半導体膜構造体は、上記活性半導体層が、上記絶縁体層における開口部から2~7 $\mu$ mの距離に、トランジスタチャネルを含んでいることが好ましい。

## 【 0 0 4 5 】

また、上記方法は、さらに、上記トランジスタ活性領域に、ソース、ドレイン、およびチャネルを形成する工程を含んでいてもよい。

## 【 0 0 4 6 】

すなわち、上記活性半導体膜構造体は、さらに、上記活性半導体層中に、ソース、ドレイン、およびチャネルを含んでいてもよい。

## 【 0 0 4 7 】

また、上記方法は、さらに、上記トランジスタ活性領域の上にトップゲート誘電体を形成する工程と、上記トップゲート誘電体の上にトップゲートを形成する工程とを含んでいてもよい。

40

## 【 0 0 4 8 】

すなわち、上記活性半導体膜構造体は、さらに、上記活性半導体層の上に重なるトップゲート誘電体と、上記トップゲート誘電体の上に重なるトップゲートとを含んでいてもよい。

## 【 0 0 4 9 】

また、上記基板の上に第1の半導体膜を形成する工程は、ガラス、プラスチック、石英、石英ガラス、シリコン、およびシリコン・オン・インシュレータからなる群より選ばれ

50

る基板の上に上記第1の半導体膜を形成する工程を含んでいてもよい。

【0050】

すなわち、上記活性半導体膜構造体は、上記基板が、ガラス、プラスチック、石英、石英ガラス、シリコン、およびシリコン・オン・インシュレータからなる群より選ばれる材料からなっているもよい。

【0051】

また、上記第1の半導体膜を形成する工程は、平均的な第1の粒径を有する結晶粒によって第1の半導体膜を形成する工程を含み、上記第2の半導体膜中で結晶粒を横成長させる工程は、上記第1の粒径よりも大きな、平均的な第2の粒径を有する結晶粒を成長させる工程とを含んでいてもよい。

10

【0052】

すなわち、上記活性半導体膜構造体は、上記種結晶領域が、平均的な第1の粒径を有する結晶粒を含み、上記活性半導体層が、上記第1の粒径よりも大きな平均的な第2の粒径を有していてもよい。

【発明の効果】

【0053】

本発明によれば、第1の半導体結晶をエッチングして種結晶領域を形成し、その上に、種結晶領域を露出させる開口部が設けられた絶縁体層、および第2の半導体膜を形成してレーザーアニールし、種結晶から横成長を行う。その後、種結晶領域の上の第2の半導体膜を除去し、残っている第2の半導体膜中のトランジスタ活性領域を形成する。これにより、本発明によれば、デバイスパフォーマンスに有害な影響を及ぼす結晶粒界がトランジスタ活性領域に存在しない構造体を実現することができる。

20

【0054】

また、このようにして形成された活性半導体膜構造体は、種結晶領域の上に、種結晶領域を露出させる開口部が設けられた絶縁体層を備えるとともに、上記絶縁体層の上に重なり、上記開口部に隣接し、上記種結晶領域と同じ結晶配向を有する活性半導体層とを備えている。

【0055】

上記活性半導体膜構造体は、デバイスパフォーマンスに有害な影響を及ぼす結晶粒界がトランジスタ活性領域に存在しないので、デバイスパフォーマンスが高い。また、上記第2の半導体膜は、従来のシャドードットあるいはシャドーラインとは異なり、結晶化に続いて所定の位置に残すことができる。さらに、上記第2の半導体膜は、該第2の半導体膜の形成後の処理を妨げることもない。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0056】

本発明は、概して、種結晶（以下、“シード（種）”と記す）からの位置制御による結晶化により半導体膜を形成する方法に関する。

【0057】

従来の問題を解決するためのより良いアプローチは、結晶化に続いて、所定の位置に残すことができ、その後の処理工程を妨げない手段によってシードを横成長させることにある。

40

【0058】

結晶粒をトランジスタデバイスの活性チャネルに対して大きくすることに加えて、結晶粒界の位置を制御することができれば、デバイスパフォーマンスに有害な影響を及ぼす結晶粒界が常に活性チャネルの外にあることを保証する上で有利である。本発明によれば、全てのデバイスは、一様に高い性能を有するであろう。

【0059】

本発明では、活性チャネルの位置と関連しているシードの配置の効果の研究に基づいて、位置制御されたレーザー晶出（結晶化）のための最適化された幾何学を構築した。

【0060】

50

本発明においては、下層の膜をパターン化し、絶縁層を追加し、上層の膜の結晶化をシードの位置で制御することで、上記のパターン化された層まで開口部を形成する。

【0061】

例えば、Si活性層の予め決定された領域を、横成長のためにシードとしての役割を果たすことができる固体の（つまり、溶融しなかった）Siの領域と接触したままにすることができれば、「1ショット」の位置制御結晶化（晶出）スキームを強化することができる。

【0062】

従って、本発明によれば、シードを使用した、活性半導体膜の位置制御された結晶化のための方法が提供される。

10

【0063】

上記の方法は、結晶配向および結晶構造を有している基板の上に重なる（つまり、積層された）第1の半導体膜を形成する。典型的には、上記結晶構造は、多結晶であるか、単結晶である。

【0064】

上記第1の半導体膜は、シード領域を形成して、選択的にエッチングされる。絶縁体層には開口部が形成され、上記開口部は、シード領域を露出する。

【0065】

第2の半導体膜は、通常、非結晶または多結晶状態で、上記絶縁体層の上に形成される。上記第2の半導体膜はレーザアニールされている。

20

【0066】

レーザアニールは、上記第2の半導体膜を完全に溶融し、シード領域を部分的に溶融する。結晶粒はシード領域と同じ結晶配向を有している第2の半導体膜中で横成長する。TFTの製造において、エッチングはシード領域の上に重なる第2の半導体膜を除去するために典型的に行なわれる。

【0067】

また、トランジスタ活性領域は残っている第2の半導体膜中に形成される。

【0068】

上記の方法は、ゲート電極が上述した活性領域の上に形成されるトップゲート型のTFTを製造するために使用することができる。

30

【0069】

別の態様において、第1の半導体膜は、上記基板の上に、シード領域に隣接してボトムゲートを形成するために選択的にエッチングすることができる。

【0070】

3つ目の態様において、TFTは、ボトムゲートおよびトップゲートの両方を有しているてもよい。

【0071】

上記結晶化方法を用いて製造される構造体、すなわち上記活性半導体膜構造体としては、上記構成を有する薄膜トランジスタあるいは集積回路（IC）であってもよく、上記構成を有する半導体基板あるいは半導体装置であってもよい。

40

【0072】

上述した方法並びにシードの位置制御された結晶化（晶出）から形成された活性半導体膜構造体のさらなる詳細は以下で提供される。

【0073】

以下に、本発明の一実施形態について図2ないし図11に基づいて説明する。

【0074】

図2は結晶粒の位置制御された結晶粒から形成された活性半導体膜（フィルム）構造体の部分的な断面図である。

【0075】

活性半導体膜構造体200は、基板202と、基板202に積層されたシード領域20

50

4 (図2中、単に「シードと記す」とを含み、結晶配向と結晶構造とを有している。一般的に、結晶構造は多結晶であるか、もしくは単結晶である。

【0076】

絶縁体層206はシード領域204上に積層されている。絶縁体層206における開口部208はシード領域204を露出させる。

【0077】

活性半導体層210は、絶縁体層206および隣接する開口部208上に積層されており、シード領域204と同じ結晶配向を有している。代わりに、図示はしないが、開口部208(およびシード領域204)は活性半導体層210のすぐ下に配置されてもよい。

【0078】

しかしながら、活性半導体領域がシード領域204から分離されることは、一般的に、良好な電気特性を得る上で、有利である。開口部は、絶縁体層206で線引きしたように示されるが、図示されない他の態様において、開口部は、活性半導体層を形成するために使用された膜の残りによって埋められるか、別の絶縁体で埋められていてもよい。

【0079】

図示されない他の態様において、シード領域はより大きく、完全に、上記活性半導体層あるいはいくつかの隣接した活性半導体層の下層に配置されている。

【0080】

上記シード領域204および活性半導体層210は、Si、Siゲルマニウム(SiGe)、Ge、またはシリコン含有材料等の材料から形成することができる。基板202は、ガラス、プラスチック、石英、石英ガラス、シリコン、およびシリコン・オン・インシュレータ(SOI)等の材料からなってもよい。しかしながら、上記構造は、どのような特定の材料にも制限されない。

【0081】

ソース212、ドレイン214、およびチャネル216は活性半導体層210中に形成される。図示されているように、一番上のゲート誘電体218は活性半導体層210上に積層されており、一番上のゲート(電極)220は一番上のゲート誘電体218の上に積層されている。

【0082】

図3は、図1のシード領域を形成するために使用されるシードフィルム(シード膜)の典型的な配向軸を描いた透視図である。図2および図3の両方を考慮すれば、1つの態様において、シード領域204は、シード領域の上面302に、通常の、(100)結晶面に結晶配向した、優先的(支配的)な(100)結晶配向((100)優先配向)を有している。例えば、シード膜300(シードフィルム)は、1 $\mu$ mの領域内に小さな平均粒径を有する多結晶のSiとすることができる。大多数の(典型的には90%を超える)結晶は、その表面に垂直な(100)配向を有している一方、それらの面内配向はランダムのものである。

【0083】

活性半導体層を形成するためにシーディングプロセス(seeding process; 種結晶化(種結晶添加、播種)プロセス)を使用することの利点は、そのプロセスが、好ましい(100)配向のより大きな結晶粒を、元々(100)であるが、はるかに小さな粒径の出発物質から、生成することができることにある。

【0084】

理想的には、単一の結晶粒がチャネルを形成するように、TFTチャネルは“シード”に関し、そのような方法で配置される。すなわち、いかなる結晶粒界もチャネル中には形成されない。

【0085】

図4は図2に示す活性半導体膜構造体200の要部断面図であり、シード領域204および開口部208をより詳細に示している。シード領域204は、見かけ上、平均粒径402を有する結晶粒を含んでいる。説明を簡略化するために、シードは、本質的に円形も

10

20

30

40

50

しくは楕円形であり、粒径 402 は直径によって定義できると仮定（推測）する。

【0086】

しかしながら、実際には、シードが、必ずしも均一な形状を有している必要はない。絶縁体層 206 における開口部 208 は、平均粒径 402 にほぼ等しい直径 404 を有している。

【0087】

図 5 は、図 1 に示す構造の平面図である。

【0088】

1つの態様において、活性半導体層は、平均結晶粒径 224 が約 10 μm 以上の結晶粒 222 を含んでいる。細線は、活性半導体層が形成されるときに結晶の一部がエッチング除去されたことを示す。

10

【0089】

再び、上記結晶粒（図示せず）の「トップ」および「底部」は、上面（ゲート誘電体界面）、および底面（基板界面）に沿った平面であるにしても、上記結晶粒 222 の形状は、本質的に円もしくは楕円形であると推測される。

【0090】

シード領域 204 は、典型的には、2 ~ 5 μm の大きさの辺を有する、ダイヤモンド形状または矩形形状（図示は正方形）を有している。チャンネル 216（活性半導体層チャンネル）は絶縁体層中の開口部 208 から 2 ~ 7 μm の距離 502 にある。上記の距離は、開口部 208 から上記チャンネル 216 の最も近い境界まで測定される。

20

【0091】

シード領域 204 は、平均的な最初の粒径 402 を有している結晶粒 400 を含み、活性半導体層 210 はシード領域結晶粒径 402 よりも大きな平均結晶粒径 224 を有している結晶粒 222 を含む。

【0092】

図 6 は、図 2 の構造におけるバリエーションを示す要部断面図である。

【0093】

ボトムゲート 600 は、基板 202 上に積層され、シード領域 204 に隣接し、活性半導体層 210 の下に配置されている。

【0094】

ボトムゲート 600 は、シード領域 204 と同じ結晶構造および結晶配向を有している。以下により詳細に説明されるように、ボトムゲート 600 とシード領域 204 とは同時に形成される。

30

【0095】

ボトムゲート絶縁体層は、ボトムゲート 600 と活性半導体層 210 との間に配置される。図示されるように、ボトムゲート絶縁体層は、絶縁体層 206 である。しかしながら、それに代えて、2つの絶縁体層が、互いに分離され、別個に形成されていてもよい。

【0096】

特に図示はしないが、シード領域が、図 2 において見られるようなトップゲートと、図 6 において見られるようなボトムゲートの両方を有しているトランジスタの製造に用いてもよいことは明らかである。デュアルゲート型の T F T は、図 8 ( F ) で示される。

40

【0097】

〔機能説明〕

図 7 ( A ) ~ ( D ) は、下層のシード領域を用いて制御された境界位置によって相対的に大きな結晶粒を形成するプロセスにおける各工程を示す。

【0098】

一般的に、上記のプロセスは、薄膜（例えばシリコン）の横方向の結晶化のために“シード”を設計する。

【0099】

シードの使用は、結晶化（晶出）に対する制御を成し遂げるための 1つのアプローチで

50

ある。

【0100】

すなわち、位置制御された結晶粒界である。シードの位置は、TFTデバイスの活性チャネルに関する結晶粒界の配置を最適化するように選択することができる。その結果、上記活性チャネルは結晶化した膜中で製造される。

【0101】

例えば、最適なケースは、TFTデバイスの性能を損なう全ての結晶粒界が、シードを用いた結晶化によって活性チャネル外で形成されることである。このシナリオにおいて、活性チャネルはシリコンの単結晶の島に存在し、関連したTFTは優れた性能を示す。

【0102】

図7(A)は多結晶の第1の半導体膜700の平面図である。八ニカム形のパターンは結晶粒境界を表している。

【0103】

図7(B)において、絶縁膜702は上記第1の半導体膜700上に形成される。

【0104】

図7(C)において、開口部704は絶縁膜702に形成される。

【0105】

図7(D)において、第2の半導体膜706は絶縁膜702よりも上層に形成され、レーザアニールされる。結晶粒界708は、開口部704に関連して図示される。

【0106】

位置制御された結晶化への代替アプローチは、上記第2の半導体膜706に要求された特徴に伴うレーザビームのパターン化および慎重な位置合わせを通じてなされる。

【0107】

ビームによるパターニングと比較して、シードを使用する利点は、レーザ光線と上記第2の半導体膜706との間で慎重な位置合わせを必要としないことにある。位置合わせは、第1の半導体膜700および/または関連する層にシードを直接パターン化した結果として本質的に達成される。

【0108】

シードを用いる別の利点は、膜の結晶配向を制御し、最適化することができることにある。シードは、予め特定の結晶配向で与えられた層からパターン化することができる。

【0109】

例えば、(100)通常配向((100)-normal orientation)は、共存相ZMR(帯域熔融再結晶化)条件の下でレーザ走査照射する連続波(CW)レーザによって与えられてもよい。その後、その結晶配向は結晶化(横方向のエピタキシー)の間にシードから上層の膜に広げることができる。

【0110】

図8(A)~(F)は、位置制御された結晶シーディングプロセスを用いて、トップゲートおよびボトムゲートを有するTFTを製造するプロセスにおける各工程である。

【0111】

図8(A)に示すように、まず、多結晶の半導体シード膜800(第1の半導体膜)が、基板802の上に形成される。なお、上記半導体シード膜800は、非結晶状態で堆積(積層)され、多結晶構造にするためにアニールされてもよい。

【0112】

次に、上記半導体シード膜800をパターン化して、図8(B)に示すように、シード領域804とボトムゲート806とを形成する。

【0113】

その後、図8(C)に示すように、基板802の上に、シード領域804およびボトムゲート806を覆うように、ボトムゲート絶縁体層808が堆積(積層)される。

【0114】

次いで、図8(D)に示すように、ボトムゲート絶縁体層808に、活性層とシード領

10

20

30

40

50

域 804 とを繋ぐための開口部 809 が形成され、その上に活性半導体膜 810 (第2の半導体膜) が堆積 (積層) され、シード領域 804 に対応して結晶化 (晶出) される。

【0115】

続いて、図 8 (E) に示すように、上記活性半導体膜 810 がパターン化される。その後、図 8 (F) に示すように、トップゲート絶縁体層 812 が、上層のトップゲート電極 814 と一体的に形成される。その後、自己整合されたトップゲート型 T F T に対して従来通りの製造工程が続けられる。

【0116】

〔実験結果〕

以下、本発明の一実施例について具体的な数値を挙げて説明するが、本発明は、以下の説明にのみ限定されるものではない。

【0117】

結晶化は、エキシマレーザおよび  $\text{CO}_2$  (炭酸ガス) レーザの両方による膜のほぼ同時照射を必要とする「ハイブリッド」スキームを用いて行なわれた。

【0118】

最適な効果を得るために、エキシマパルスは、 $\text{CO}_2$  レーザによって引き起こされた基板の加熱のピークでちょうど発生するように調節することができる。

【0119】

$\text{CO}_2$  レーザビームは、下層のガラスまたは石英ガラス (溶融シリカ) 基板を加熱する役割を果たし、核形成の開始前に照射され、およそ数十  $\mu\text{m}$  以上のオーダーで横成長を促進する。

【0120】

理想的には、エキシマビームおよび  $\text{CO}_2$  レーザビームがともに空間的に均一となるように均質化され、いわゆる「トップハット (top-hat)」と称されるプロファイルを形成する。

【0121】

すなわち、レーザビームエネルギーは、 $200\ \mu\text{m} \times 800\ \mu\text{m}$  の領域内において一定である。その代わりに、 $\text{CO}_2$  レーザビームは、必ずしも完全に均質化される必要はなく、その結果、ガウスの空間分布が示される。

【0122】

この態様において、 $\text{CO}_2$  レーザは、出力密度の変化を最小化するように上記  $\text{CO}_2$  レーザビームの中心に近い領域に制限され、その結果、均一な空間分布に近づけられる。

【0123】

上記膜の個々の領域は、擬似的な“フラッド照射 (flood irradiation)”スキームにおける同期中に、両レーザによって、単一の時間 (同時に同じ時間) 照射された。

【0124】

すなわち、エキシマレーザおよび  $\text{CO}_2$  レーザの両レーザは、各々のパルスが、例えば、各々のレーザからのパルス間に 1 : 1 の関係がある状態で、各エキシマレーザパルスが、 $\text{CO}_2$  レーザパルスの終わりから始まるような、一貫して計画的な時間の関係を有するような方法で発射された。

【0125】

それらのビームは、空間的にパターン化されなかったけれども、むしろ、特定の領域に均一に照射 (つまり、“フラッド照射”) することができた。両ビームは重ね合わされ、その結果、両ビームは全く同じ領域を照射していた。実際上は、完全には達成されなかったが、理想的な場合において、各ビームの強度は、照射された領域 (いわゆる“トップハット”ビームプロファイル) 中の各ポイントで、完全に均一であろう。それでもなお、“フラッド照射”領域一帯の各々のビームの強度変化を最小化するための注意が払われた。

【0126】

各ショットで照射された領域は、利用可能なレーザエネルギーおよび  $\text{CO}_2$  レーザの空

10

20

30

40

50

間的な均一性によって制限された。典型的には、1つの領域の面積は、 $150\ \mu\text{m} \times 400\ \mu\text{m}$ であった。上記膜全体が、多くの隣接するショットを一緒に綴じ合わせることによって連続的に照射された。

【0127】

しかしながら、原理的には、十分なレーザーエネルギー、並びに、ビームの均一性を達成することができるのであれば、より大きなレーザービーム、並びに、より少ないショットが望ましい。理想的には、基板全体が、ただ一つのショットで照射される。

【0128】

結晶化の間にシリコン膜（フィルム層）は完全に溶解されるが、シードはそうではない（つまり、完全には溶解されない）。

10

【0129】

シリコン膜は、溶解された活性層が下層のシードと接触している位置から再度固化し始める。ハイブリッドプロセスが与える長い横成長のために、シードそのものの中に結晶粒界が存在しなければ、全ての結晶粒界は、活性チャンネルを対象とした領域の外で生じるように制御することができ、活性チャンネル領域内に広がることできる。また、結晶化につれ、シードの配向は、活性層内に広がる。

【0130】

上記シードが単結晶（すなわち、単一の結晶粒であり、結晶粒界がない）であれば、ハイブリッド晶出させた領域は、理想的にはまた、シード粒と同じ結晶配向を有する単結晶になり得る。

20

【0131】

ハイブリッド晶出プロセスは、CLD（炭酸ガスレーザー）を利用して、活性チャンネル領域全体を取り囲むことができるほど十分に大きなドメインを形成するのに十分なほど長い横成長を、上記シードから、容易に与えることができる。

【0132】

しかしながら、膜の結晶配向は、長い横成長距離にわたって変化させることができることが判った。従って、シードが特定の結晶配向（例えば通常の（100）配向）を有する単結晶であっても、横成長距離が十分長く広がるなら、シードから結晶化（晶出）されたドメインは、異なる配向を含み得る。

【0133】

配向をもたらす1つのパラメータは、膜の厚みである。シードの配向は、厚い膜よりも薄い膜において、より広い範囲まで、上層のアニールされた層の中で維持される。

30

【0134】

活性チャンネル領域のできるだけ近くにシードを配置することによってより良い結果が得られる。シードが特定の結晶配向のようないくらかの望ましい特性を有していると仮定すると、活性チャンネルになる結晶化（晶出）した膜の一部（結晶化した部分）に、上記特性を保存する絶好のチャンスは、シードと活性チャンネルとの間の距離を最小化することにある。

【0135】

NMOSおよびPMOSTランジスタは、 $2\ \mu\text{m} \sim 5\ \mu\text{m}$ の大きさ（側辺の大きさ）の正方形またはダイヤモンド状のシードを用いて製造され、TFTチャンネルのエッジから $2\ \mu\text{m}$ または $7\ \mu\text{m}$ の何れかの距離だけ離れて配置された。

40

【0136】

TFTチャンネルの大きさは、幅/長さ（ $W/L$ ）=  $8\ \mu\text{m} / 1.3\ \mu\text{m}$ であった。活性Si膜は厚さ $100\ \text{nm}$ であり、ゲート絶縁体層は、厚さ $30\ \text{nm}$ の、PECVD（Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition）を用いたTEOS（Tetra Ethyl Ortho Silicate）膜からなる $\text{SiO}_2$ 膜（TEOS PECVD  $\text{SiO}_2$ ）とした。

【0137】

図9（A）・（B）は、位置制御された結晶シーディングプロセスを用いて製造されたデバイスにおける平均移動度を示すグラフである。

50

## 【 0 1 3 8 】

図9 ( A ) は、結晶シーディングされた N M O S の平均有効移動度を示している。また、図9 ( B ) は、 P M O S - T F T の平均有効移動度を示している。上記移動度は種々の大きさのダイヤモンド形状のシードに対して相互参照される。上記 T F T は  $W / L = 8 \mu m / 1.3 \mu m$  のチャンネルを備えている。

## 【 0 1 3 9 】

図9 ( A ) ・ ( B ) に示すグラフにおいて見られるように、シードと T F T チャンネルとの間の距離が増加するにつれて有効移動度効果的が減少する。

## 【 0 1 4 0 】

図10は、T F T の平均有効移動度を、C W 晶出させたシードと非晶質のシードとを対比させて示すグラフである。シードは  $5 \mu m \times 5 \mu m$  の四角形状を有している。上記 T F T は  $W / L = 8 \mu m / 1.3 \mu m$  である。

10

## 【 0 1 4 1 】

図11は、結晶粒を使用して活性半導体膜の位置制御された結晶化のための方法を示すフローチャートである。

## 【 0 1 4 2 】

上記の方法は、明瞭さのために一連の番号が付けられた工程 ( ステップ ) として記載されるが、この番号は、必ずしも上記工程の順序を決定するものではない。また、これら工程のうちいくつかは省略されるか、平行して実行されるか、シーケンスの順番を入れ替えて実行されてもよいことは明らかである。方法はステップ ( 以下、「 S 」と略記する )

20

## 【 0 1 4 3 】

S 1 1 0 2 では、多結晶もしくは単結晶の結晶配向および結晶構造を有する、基板の上に積層される第1の半導体膜を形成する。上記基板は、一般的には、ガラス、プラスチック、石英、石英ガラス ( 溶融石英 )、シリコン、または S O I である。しかしながら、別の従来の I C プロセス基板材料素材でもよい。

## 【 0 1 4 4 】

S 1 1 0 4 では、シード領域を形成して、選択的に上記第1の半導体膜をエッチングする。S 1 1 0 6 では、シード領域の上層に絶縁体層を形成する。

## 【 0 1 4 5 】

S 1 1 0 8 では、シード領域を露出させて絶縁体層に開口部を形成する。S 1 1 1 0 では、非晶質構造を有し、絶縁体層の上層に第2の半導体膜を形成する。

30

## 【 0 1 4 6 】

S 1 1 1 2 では、上記第2の半導体膜をレーザアニールする。レーザアニールに応じて、S 1 1 1 4 では、上記第2の半導体膜を完全に溶融し、シード領域を部分的に溶融する。S 1 1 1 6 では、シード領域と同じ結晶配向を有する第2の半導体膜中の結晶粒を横成長させる。S 1 1 1 8 では、シード領域の上に重なる第2の半導体膜を除去するためにエッチングする。その結果、S 1 1 2 0 で、残っている第2の半導体膜中のトランジスタ活性領域を形成する。S 1 1 2 2 では、ソース、ドレインおよびトランジスタ活性領域のチャンネルを形成する。

40

## 【 0 1 4 7 】

1つの態様において、S 1 1 0 4 における第1の半導体膜を選択的にエッチングする工程は、基板の上に積層され、シード領域に隣接するボトムゲートを形成する工程を含み、S 1 1 0 6 において絶縁体層を形成する工程は、ボトムゲートおよびシード領域の上に積層されるボトムゲート絶縁体層を形成する工程を含む。そして、S 1 1 2 0 において、トランジスタ活性領域を形成する工程は、ボトムゲートの上に積層されている第2の半導体膜中に、トランジスタ活性領域を形成する工程を含む。代わりに、S 1 1 2 4 では、トランジスタ活性領域の上に重ねてトップゲート誘電体を形成し、S 1 1 2 6 では、トップゲート誘電体の上に重ねてトップゲート ( 電極 ) を形成する。

## 【 0 1 4 8 】

50

また、別の態様ではデュアルゲートトランジスタが形成される。この場合、ボトムゲートおよびトップゲートの両方が形成される。

【0149】

1つの態様において、S1102で結晶配向を有している第1の半導体膜を形成する工程は、第1の半導体膜の上面に対して優先的な通常の(100)配向(100)優先配向)を有する第1の半導体膜を形成する工程を含む。

【0150】

別の態様において、S1104でシード領域を形成する工程は、平均粒径を有する結晶粒を形成する工程を含み、上記絶縁体層に開口部を形成する工程(S1108)は、平均粒径にほぼ等しい直径を有する開口部を形成する工程を含む。第2の半導体膜中の結晶粒を横成長させること(S1116)は、シード領域中の結晶の粒径よりも大きな平均粒径を有する結晶粒を成長させることを含んでいる。例えば、約10 $\mu$ m以上の横成長を伴って結晶粒を形成してもよい。

10

【0151】

1つの態様において、S1104で第1の半導体膜を選択的にエッチングする工程は、2~5 $\mu$ mの大きさの辺を有し、ダイヤモンド状または正形状を有するシード領域を形成する工程を含んでいる。しかしながら、上記プロセスは、必ずしも、いくらかの特定の形状もしくは大きさに限定されるわけではない。

【0152】

別の態様において、第2の半導体膜(S1118)をエッチングし、トランジスタ活性領域を形成する工程(S1120)は、絶縁体層における開口部から2~7 $\mu$ mの距離に、トランジスタチャネルを形成する工程を含む。これらの大きさは一般的であり、他のプロセス変数の変化に応じて変更してもよい。

20

【0153】

1つの態様において、S1112で、第2の半導体膜をレーザーアニーリングする工程は、CO<sub>2</sub>レーザーと連携してエキシマレーザーによって、第2の半導体膜の上面を照射する工程を含む。例えば、CO<sub>2</sub>レーザーおよびエキシマレーザーによる照射は、上述したように、空間的に同一もしくは同一の空間分布に近づくように照射を均質化する工程を含んでいてもよい。

【0154】

結晶粒の位置制御された晶出から形成された活性半導体膜構造および関連する製造方法と関連した製造の方法が提供された。プロセスの詳細、材料、およびTFE構造は、本発明を説明するために例として使用された。しかしながら、本発明は、単にこれらの例に限定されるものではない。本発明の他のバリエーションおよび実施例が当業者に思い浮かぶであろう。

30

【0155】

すなわち、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

40

【0156】

本発明は、位置制御された種結晶領域を用いてアニールされたトランジスタの多結晶の活性層の形成に用いられる。本発明は、例えば薄膜トランジスタや、集積回路(IC)の製造に好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0157】

【図1】「1ショット」の位置制御晶出スキームのためのシャドーSi層(ドット)を備えた、予めパターン化されたSi活性層を示す透視図である。

【図2】位置制御された種結晶晶出から形成された活性半導体多結晶シリコン膜構造の部分断面図である。

50

【図3】図1のシード領域を形成するために使用されるシード膜の典型的な配向軸を示す透視図である。

【図4】シード領域および開口部をより詳細に示す、図2の構造の部分断面図である。

【図5】図1に示す構造の平面図である。

【図6】図2の構造におけるバリエーションを示す部分断面図である。

【図7】(A)～(D)は、下層のシード領域を用いて、制御された境界位置を備えた比較的大きな結晶粒を形成するプロセスにおける各工程を示す図である。

【図8】(A)～(F)は、位置制御された結晶シーディングプロセスを用いて、トップゲートおよびボトムゲートを備えたTF Tの製造プロセスにおける各工程を示す図である。

10

【図9】(A)・(B)は、位置制御された結晶シーディングプロセスを用いて製造されたデバイスにおける平均移動度を示すグラフである。

【図10】CWで晶出させたシードと非結晶のシードとを対比させてTF Tの平均有効移動度を示すグラフである。

【図11】種結晶を用いる活性半導体膜の位置制御された結晶化方法を示すフローチャートである。

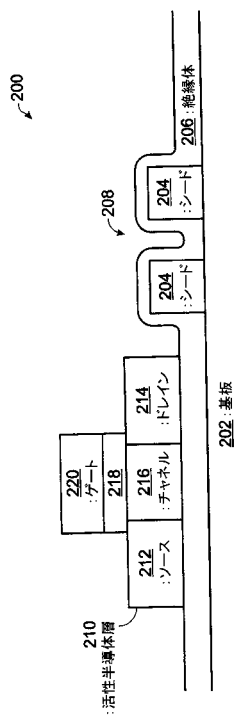
【符号の説明】

【0158】

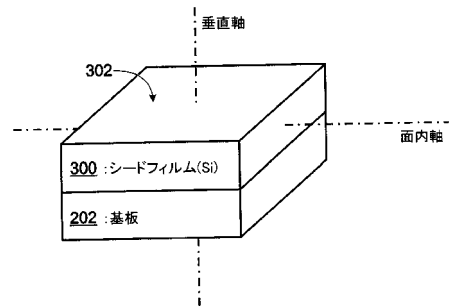
200	活性半導体膜構造体	
202	基板	20
204	シード領域	
206	絶縁体層	
208	開口部	
210	活性半導体層	
212	ソース	
214	ドレイン	
216	チャネル	
218	ゲート誘電体	
220	ゲート	
222	結晶粒	30
224	平均結晶粒径	
300	シード膜	
302	上面	
400	結晶粒	
402	シード領域結晶粒径	
402	平均粒径	
402	粒径	
404	直径	
502	距離	
600	ボトムゲート	40
700	第1の半導体膜	
702	絶縁膜	
704	開口部	
706	第2の半導体膜	
708	結晶粒界	
800	半導体シード膜	
802	基板	
804	シード領域	
808	ボトムゲート絶縁体層	
809	開口部	50

- 8 1 0 活性半導体膜
- 8 1 2 トップゲート絶縁体層
- 8 1 4 トップゲート電極

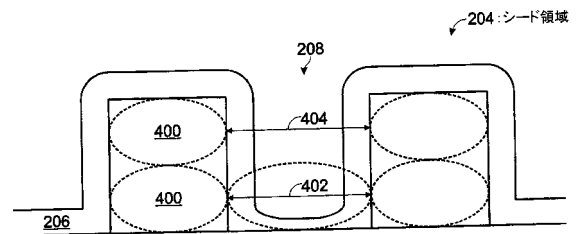
【図 2】



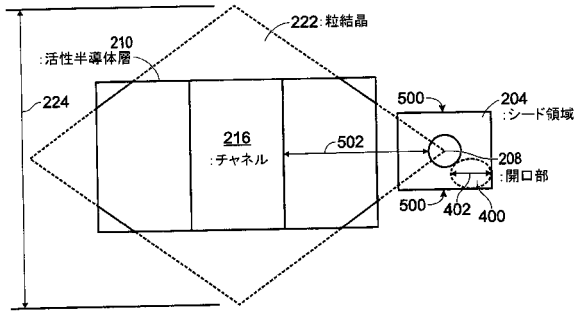
【図 3】



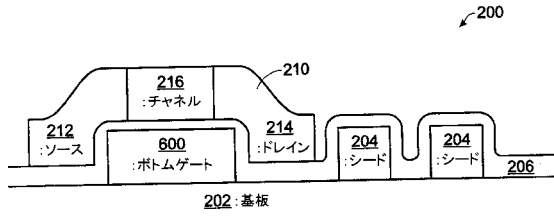
【図 4】



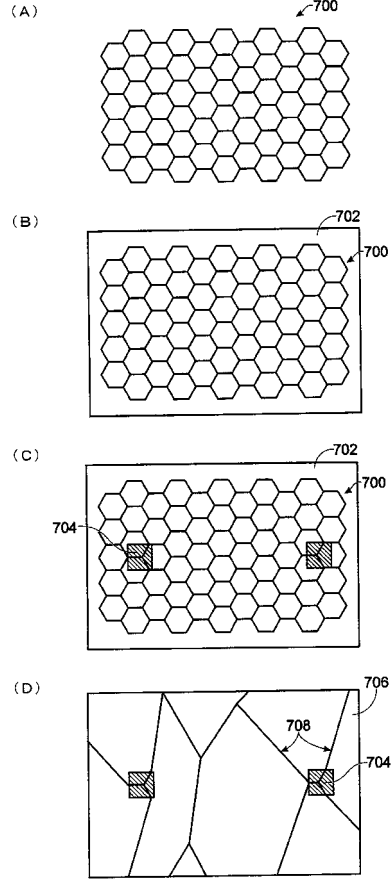
【図5】



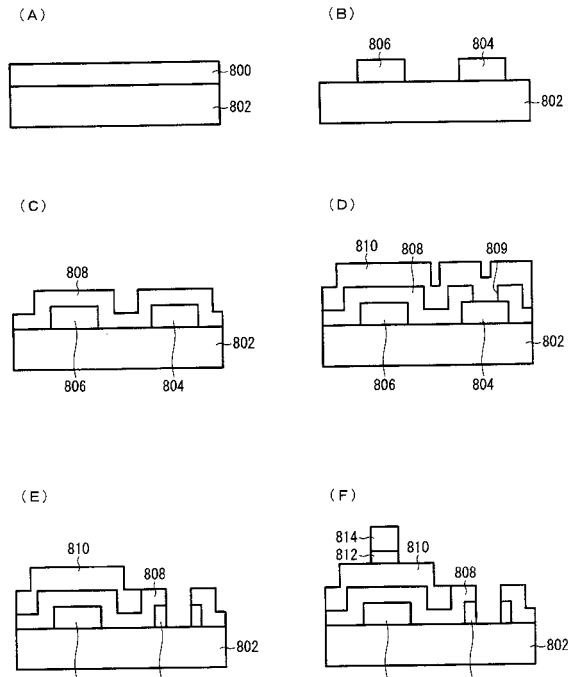
【図6】



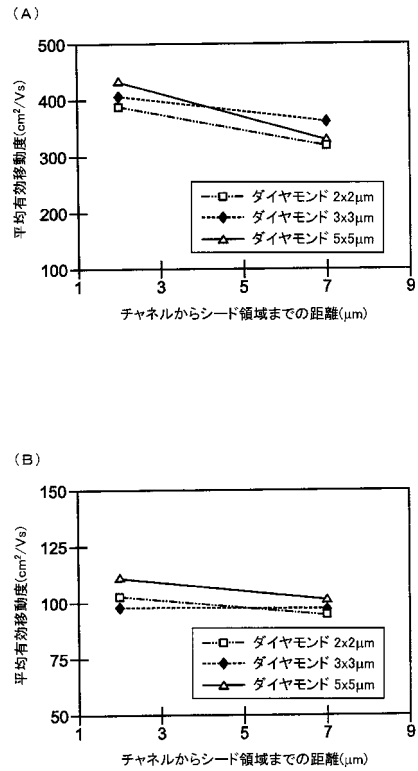
【図7】



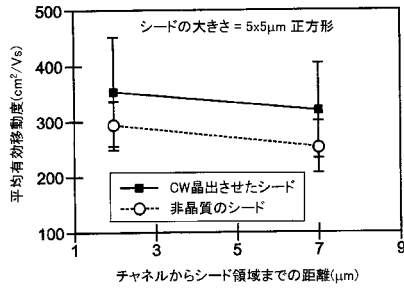
【図8】



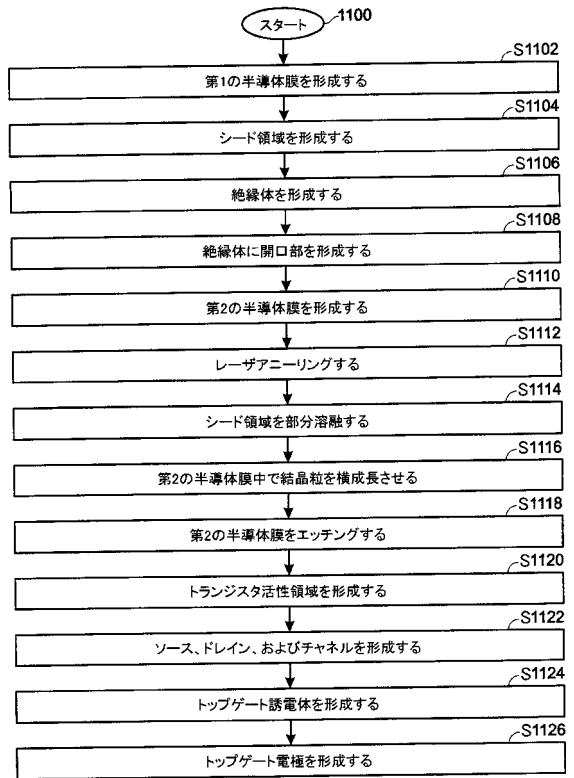
【図9】



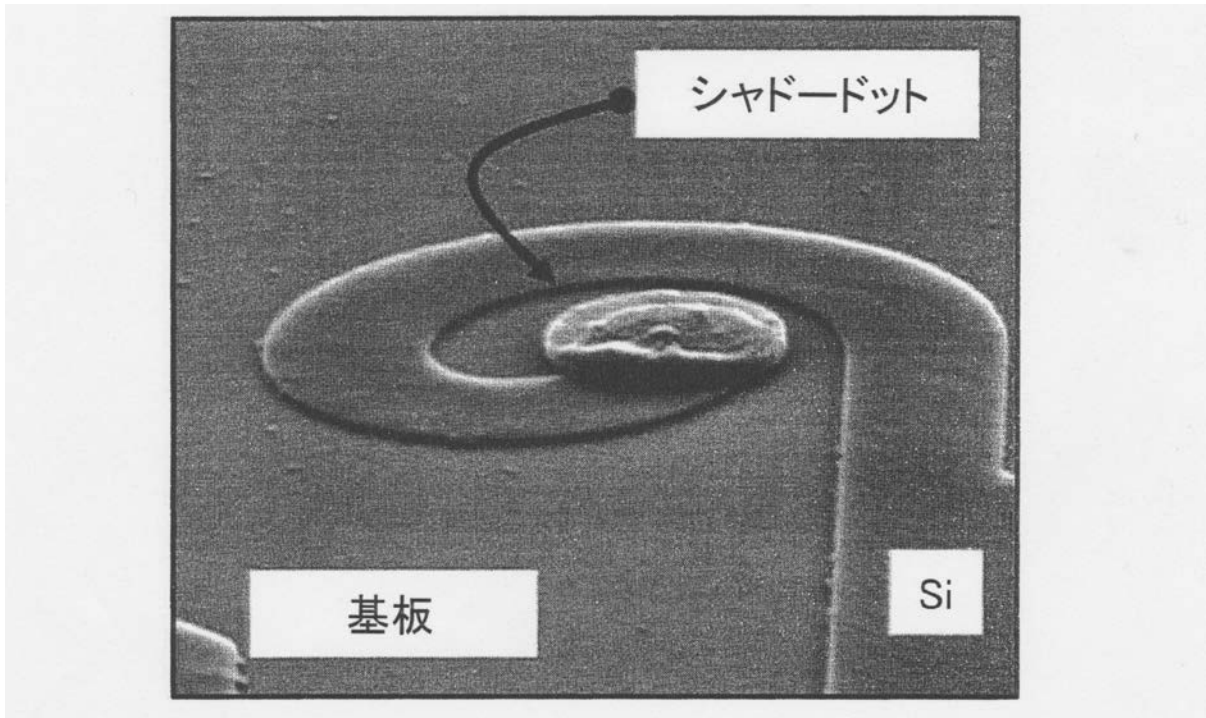
【図10】



【図11】



【図1】



---

フロントページの続き

(72)発明者 アポストロス ティー・ヴォートサス  
アメリカ合衆国 オレゴン州 97229, ポートランド, エヌ・ダブリュ・ヘイゼルタイン ス  
トリート 8033

審査官 李 哲次

(56)参考文献 特開昭64-000721(JP, A)  
特開平08-293607(JP, A)  
特開平01-276617(JP, A)  
特開平01-214110(JP, A)  
特開2005-150743(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/20  
H01L 21/336  
H01L 29/786