

(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2005-175257
(P2005-175257A)

(43) 公開日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/20	HO 1 L 21/20	2HO92
GO 2 F 1/1368	GO 2 F 1/1368	5FO52
HO 1 L 21/336	HO 1 L 29/78 627G	5F110
HO 1 L 29/786	HO 1 L 29/78 626C	

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2003-414613 (P2003-414613)	(71) 出願人	000005049 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(22) 出願日	平成15年12月12日 (2003.12.12)	(74) 代理人	100101683 弁理士 奥田 誠司
		(72) 発明者	金子 俊博 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
		(72) 発明者	梅中 靖之 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
		(72) 発明者	水木 敏雄 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

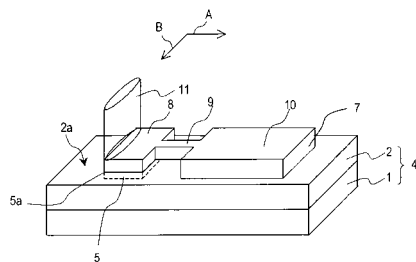
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結晶性膜の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 結晶性が高く、優れた特性を備えた結晶性膜の製造方法を提供する。

【解決手段】 第1の方向Aに向かって熱伝導率が小さくなっている表面領域5aを含む主面2aを備えた支持基板41を用意する工程(a)と、第1の方向Aにそって、結晶核形成領域8、くびれ領域9および素子形成領域10をこの順で含む非単結晶層7を表面領域5aが結晶核形成領域8と重なるように支持基板41の主面上2aに形成する工程(b)と、エネルギービーム11を結晶核形成領域8に照射して非単結晶層を構成する物質を融解させ、エネルギービームを第1の方向に移動させることにより、結晶核形成領域8に物質の結晶粒を成長させる工程(c)と、エネルギービームをさらに第1の方向に移動させることにより、結晶粒をくびれ領域9を介して素子形成領域10で成長させる工程(d)とを包含する結晶性膜の製造方法。



【選択図】 図5

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の方向に沿った位置に応じて熱伝導率が変化している表面領域を含む主面を備えた支持基板を用意する工程 (a) と、

前記第 1 の方向に伸びており、前記第 1 の方向を横切るように狭くなったくびれ領域と、前記くびれ領域によって分断された結晶核形成領域および素子形成領域とを含む非単結晶層を前記支持基板の主面上に形成する工程であって、前記表面領域が前記結晶核形成領域と重なり、前記結晶核形成領域、前記くびれ領域および前記素子形成領域をこの順で第 1 の方向に向かって配列させる工程 (b) と、

エネルギービームを前記結晶核形成領域に照射して前記非単結晶層を構成する物質を融解させ、前記エネルギービームを前記第 1 の方向に移動させることにより、前記エネルギービームの移動にともなって溶融した物質を冷却し、前記結晶核形成領域に前記物質の結晶粒を成長させる工程 (c) と、

前記エネルギービームをさらに前記第 1 の方向に移動させることにより、前記くびれ領域および前記素子結晶領域の前記物質を順に融解し、前記結晶粒を前記くびれ領域を介して前記素子形成領域で成長させる工程 (d) と、
を包含する結晶性膜の製造方法。

10

【請求項 2】

前記表面領域は前記第 1 の方向に向かって熱伝導率が小さくなっている請求項 1 に記載の結晶性膜の製造方法。

20

【請求項 3】

前記工程 (a) は、

前記第 1 の主面を有する絶縁膜が設けられた前記支持基板を用意する工程 (a 1) と、前記絶縁膜の所定の領域に不純物を選択的に導入して前記表面領域を前記第 1 の主面に形成する工程 (a 2) と、
を含む請求項 1 に記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 4】

前記工程 (a 2) において、前記第 1 の方向に沿って前記表面領域の熱伝導率が小さくなるように、前記第 1 の方向に濃度勾配を設けて前記不純物を前記絶縁膜に導入する請求項 3 に記載の結晶性膜の製造方法。

30

【請求項 5】

前記絶縁膜中の前記不純物の濃度は 10 at % から 80 at % の範囲の値であり、前記範囲内で前記不純物濃度が前記第 1 の方向に向かって減少している請求項 4 に記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 6】

前記工程 (a 2) において、前記不純物は、イオン注入法またはイオンドーピング法によって導入される請求項 3 から 5 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 7】

前記不純物は、炭素、窒素、酸素、フッ素、シリコンおよびアルミニウムからなる群から選択される少なくとも一つを含む請求項 3 から 6 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。

40

【請求項 8】

前記絶縁膜は、酸化シリコン化合物、窒化シリコン化合物、窒化酸化シリコン化合物、酸化アルミニウム化合物、窒化アルミニウム化合物、フッ化酸化シリコン化合物、フッ化酸化窒化シリコン化合物および酸化炭化シリコン化合物からなる群から選択される少なくとも一つを含む請求項 3 から 7 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 9】

前記表面領域における熱伝導率は、 $5 \text{ W / m} \cdot \text{K}$ 以下の範囲で第 1 の方向に沿って変化している請求項 1 から 8 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 10】

50

前記工程 (b) は、

前記第 1 の主面上に非単結晶膜を形成する工程 (b 1) と、

前記非単結晶膜をパターニングして、前記結晶核形成領域、前記くびれ領域、および前記素子形成領域を有する非単結晶層を形成する工程 (b 2) と、
を含む請求項 1 に記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 1 1】

前記素子形成領域および前記くびれ領域は、前記第 1 の主面の前記表面領域以外の領域上に位置している請求項 1 から 1 0 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 1 2】

前記くびれ領域の前記第 1 の方向に垂直な方向の幅は、 $1 \mu\text{m}$ 以上 $50 \mu\text{m}$ 以下である請求項 1 から 1 1 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。 10

【請求項 1 3】

前記素子形成領域の面積は 1m^2 以下である請求項 1 から 1 2 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 1 4】

前記絶縁膜の厚さは、 50nm 以上である請求項 1 から 1 3 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 1 5】

前記非単結晶層の厚さは、 10nm 以上 200nm 以下である請求項 1 から 1 4 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。 20

【請求項 1 6】

前記非単結晶層を構成する物質が半導体である請求項 1 から 1 5 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 1 7】

前記半導体はシリコンである請求項 1 6 に記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 1 8】

前記エネルギービームは、波長 400nm 以下のレーザービームである請求項 1 から 1 7 のいずれかに記載の結晶性膜の製造方法。

【請求項 1 9】

前記エネルギービームは、エネルギー密度が $250 \text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上 $500 \text{mJ}/\text{cm}^2$ 以下のパルスレーザーである請求項 1 8 に記載の結晶性膜の製造方法。 30

【請求項 2 0】

請求項 1 6 により特定される結晶性膜の製造方法によって製造された結晶性膜からなる活性層を備えた半導体装置。

【請求項 2 1】

前記半導体装置は薄膜トランジスタである請求項 2 0 に記載の半導体装置。

【請求項 2 2】

マトリクス状に配置された複数の画素電極および前記画素電極にそれぞれ接続された請求項 2 1 により特定される複数の半導体装置を有するアクティブマトリクス基板と、

対向電極を有し、前記対向電極が前記画素電極と対向するように前記アクティブマトリクス基板に対して所定の間隔を隔てて保持された対向基板と、
前記アクティブマトリクス基板と対向基板との間設けられた表示媒体と、
を備えた表示装置。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板上に形成された非単結晶膜にエネルギービームを照射することにより、結晶性膜を製造する方法に関し、特に、結晶性半導体膜を製造する方法およびその結晶性半導体膜を用いた半導体装置および表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のCRTを用いた表示装置に換えて、液晶表示装置や有機EL表示装置など、厚み（奥行き）の小さいフラットパネルディスプレイの需要が近年高まってきている。こうしたフラットパネルディスプレイでは、薄膜トランジスタ（TFT）に代表される薄膜半導体素子がスイッチング素子として用いられる。たとえば、アクティブマトリクス型の液晶表示装置では、マトリクス状に配置された数十万以上の画素電極のそれぞれに1つ以上のTFTを設け、画素電極に供給する電荷をTFTによって制御している。

【0003】

TFTは、CVD法などにより形成される厚さ数十nm～数百nmの半導体薄膜を備えている。非晶質シリコン膜は、TFTに用いることのできる薄膜半導体の1つであり、形成が容易であるという利点を備える。しかし、非晶質シリコン膜の半導体特性は十分ではなく、非晶質シリコン膜を用いて形成されるTFTのトランジスタ特性は低いという問題があった。

10

【0004】

TFTのトランジスタ特性を向上させるためには、非晶質シリコン膜に換えて、結晶性を有するシリコン薄膜を用いればよいことが知られている。ここで結晶性を有するシリコン薄膜（以下結晶性シリコン膜と称する）は、単結晶シリコン、多結晶シリコンおよび微結晶シリコンからなる薄膜を意味している。また、種々の物質の結晶性薄膜を得るためには、非晶質あるいは結晶性の低い薄膜（以下、低結晶性薄膜と称する）を基板上に形成し、薄膜にエネルギーを加えることによりその物質を溶融し、その後結晶化させ、結晶性を高める方法が知られている。

20

【0005】

たとえば、低結晶性薄膜をレーザービームの照射によって溶融・結晶化させる方法は、薄膜が設けられる基板の温度を大きく上昇させることなく、低結晶性薄膜にのみ高いエネルギーを与えることができる。このため、安価なガラス基板上に結晶性半導体薄膜を形成することができる。また、ライン状（線状）のレーザービームを用い、レーザービームの長手方向に垂直な方向にビームを走査させることによって、広い面積にレーザービームを効率よく照射することができ、量産性にも優れている。したがって、このようなレーザービームを用いて結晶性を高める方法が主流になっており、各機関で盛んに研究されている。

【0006】

例えば、ライン状のレーザービームを断続的に照射しつつ、ビームの長手方向と直交する方向にレーザービームを走査することによって、半導体の溶融・結晶化を基板の所定領域毎に繰り返し、結晶半導体薄膜を形成する方法が開発されている。この方法によれば、広い面積にわたって効率よく結晶性半導体薄膜を形成することができる。

30

【0007】

しかしながら、通常、この方法で製造される結晶性半導体薄膜は、1 μ m以下の大きさの多数の結晶粒からなる。このような結晶性半導体薄膜を用いてTFTを製造した場合、チャネル領域に多数の結晶粒界が含まれ、電気的特性の低下、特性のばらつき等の原因となる。このように結晶粒が小さくなる原因の一つは、レーザービームの照射によって溶融した半導体の冷却時間が短いことにある。

40

【0008】

パルスレーザーでは、1パルス当りのレーザービームの照射時間が通常数十ns程度と短い。このような短い時間では基板が十分に加熱されないため、結晶化する半導体と基板との間に大きな温度差が生じる。その結果、溶融した半導体が急速に冷却され、結晶化されることにより、得られる結晶粒径が小さくなって結晶粒界密度が大きくなると共に、結晶粒と結晶粒との間において多くの結晶欠陥が発生する。

【0009】

この問題を解決するために、特許文献1には、半導体薄膜と基板との間に保温層を形成し、半導体薄膜上にも保温層を形成することによって、レーザービームの照射時に、溶融した半導体を緩やかに冷却し、結晶成長時間を長くすることにより、結晶粒を大きくするこ

50

とを開示している。

【0010】

また、特許文献2は、絶縁性基板上にSi膜を形成し、このSi膜を幅が狭小な狭小領域と、それに続く縁部がある角度をもって拡大する形状をなす領域とにパターンニングして、これらの領域に熱エネルギーを照射する方法を開示している。これにより、その狭小領域に種結晶を導入し、半導体を単結晶化することができること記載されている。また、この狭小領域の種結晶としては、狭小領域にFe、Co、Ni、Ge、Pd、Auおよびこれらを含む化合物のうち少なくとも一種類を導入し、その導入部で発生する結晶核を種として横方向に結晶が成長すると記載している。

【特許文献1】特開2002-26331号公報

10

【特許文献2】特開2001-176796号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

特許文献1に開示されている方法では、基板全体にわたって保温層を形成しているために、基板全体にわたって結晶粒の粒径を大きくすることはできない。しかし、結晶核が領域内の任意の位置において複数発生し、生成する結晶粒の配向などを制御することが困難であるという問題が生じる。

【0012】

また、特許文献2に示されている方法では、Fe、Co、Ni、Ge、Pd、Auおよびこれらを含む化合物のうち少なくとも一種類を導入して発生した結晶核を横方向に結晶成長させるため、結晶中に金属原子が残留してしまう。このため、残留した金属原子により、半導体の特性が劣化したり、このようにして形成した半導体薄膜を用いた半導体素子は正常に動作しないものの割合が高くなるという問題がある。

20

【0013】

本発明は、このような問題を解決するためになされたものであって、その目的は、特性、信頼性および安定性に優れた結晶性膜を製造方法およびその結晶性膜を用いた半導体装置および表示装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の結晶性膜の製造方法は、第1の方向に沿った位置に応じて熱伝導率が変化している表面領域を含む主面を備えた支持基板を用意する工程(a)と、前記くびれ領域によって分断された結晶核形成領域および素子形成領域とを含む非単結晶層を前記支持基板の主面上に形成する工程であって、前記表面領域が前記結晶核形成領域と重なり、前記結晶核形成領域、前記くびれ領域および前記素子形成領域をこの順で第1の方向に向かって配列させる工程(b)と、エネルギービームを前記結晶核形成領域に照射して前記非単結晶層を構成する物質を融解させ、前記エネルギービームを前記第1の方向に移動させることにより、前記エネルギービームの移動にともなって溶解した物質を冷却し、前記結晶核形成領域に前記物質の結晶粒を成長させる工程(c)と、前記エネルギービームをさらに前記第1の方向に移動させることにより、前記くびれ領域および前記素子結晶領域の前記物質を順に融解し、前記結晶粒を前記くびれ領域を介して前記素子形成領域で成長させる工程(d)とを包含する。

30

40

【0015】

ある好ましい実施形態において、前記表面領域は前記第1の方向に向かって熱伝導率が小さくなっている。

【0016】

ある好ましい実施形態において、前記工程(a)は、前記第1の主面を有する絶縁膜が設けられた前記支持基板を用意する工程(a1)と、前記絶縁膜の所定の領域に不純物を選択的に導入して前記表面領域を前記第1の主面に形成する工程(a2)とを含む。

【0017】

50

ある好ましい実施形態において、前記工程 (a 2) において、前記第 1 の方向に沿って前記表面領域の熱伝導率が小さくなるように、前記第 1 の方向に濃度勾配を設けて前記不純物を前記絶縁膜に導入する。

【 0 0 1 8 】

ある好ましい実施形態において、前記絶縁膜中の前記不純物の濃度は 1 0 a t % から 8 0 a t % の範囲の値であり、前記範囲内で前記不純物濃度が前記第 1 の方向に向かって減少している。

【 0 0 1 9 】

ある好ましい実施形態において、前記工程 (a 2) において、前記不純物は、イオン注入法またはイオンドーピング法によって導入される。

10

【 0 0 2 0 】

ある好ましい実施形態において、前記不純物は、炭素、窒素、酸素、フッ素、シリコンおよびアルミニウムからなる群から選択される少なくとも一つを含む。

【 0 0 2 1 】

ある好ましい実施形態において、前記絶縁膜は、酸化シリコン化合物、窒化シリコン化合物、窒化酸化シリコン化合物、酸化アルミニウム化合物、窒化アルミニウム化合物、フッ化酸化シリコン化合物、フッ化酸化窒化シリコン化合物および酸化炭化シリコン化合物からなる群から選択される少なくとも一つを含む。

【 0 0 2 2 】

ある好ましい実施形態において、前記表面領域における熱伝導率は、 $5 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 以下の範囲で第 1 の方向に沿って変化している。

20

【 0 0 2 3 】

ある好ましい実施形態において、前記工程 (b) は、前記第 1 の主面上に非単結晶膜を形成する工程 (b 1) と、前記非単結晶膜をパターンニングして、前記結晶核形成領域、前記くびれ領域、および前記素子形成領域を有する非単結晶層を形成する工程 (b 2) と、を含む。

【 0 0 2 4 】

ある好ましい実施形態において、前記素子形成領域および前記くびれ領域は、前記第 1 の主面の前記表面領域以外の領域上に位置している。

【 0 0 2 5 】

ある好ましい実施形態において、前記くびれ領域の前記第 1 の方向に垂直な方向の幅は、 $1 \mu \text{m}$ 以上 $50 \mu \text{m}$ 以下である。

30

【 0 0 2 6 】

ある好ましい実施形態において、前記素子形成領域の面積は 1 m m^2 以下である。

【 0 0 2 7 】

ある好ましい実施形態において、前記絶縁膜の厚さは、 50 n m 以上である。

【 0 0 2 8 】

ある好ましい実施形態において、前記非単結晶層の厚さは、 10 n m 以上 200 n m 以下である。

【 0 0 2 9 】

ある好ましい実施形態において、前記非単結晶層を構成する物質が半導体である。

40

【 0 0 3 0 】

ある好ましい実施形態において、前記半導体はシリコンである。

【 0 0 3 1 】

ある好ましい実施形態において、前記エネルギービームは、波長 400 n m 以下のレーザービームである。

【 0 0 3 2 】

ある好ましい実施形態において、前記エネルギービームは、エネルギー密度が $250 \text{ m J} / \text{c m}^2$ 以上 $500 \text{ m J} / \text{c m}^2$ 以下のパルスレーザーである。

【 0 0 3 3 】

50

また、本発明の半導体装置は、上記いずれかによって特定される結晶性膜の製造方法によって製造された結晶性膜からなる活性層を備えている。

【0034】

ある好ましい実施形態において、前記半導体装置は薄膜トランジスタである。

また、本発明の表示装置は、マトリクス状に配置された複数の画素電極および前記画素電極にそれぞれ接続された請求項21により特定される複数の半導体装置を有するアクティブマトリクス基板と、対向電極を有し、前記対向電極が前記画素電極と対向するように前記アクティブマトリクス基板に対して所定の間隔を隔てて保持された対向基板と、前記アクティブマトリクス基板と対向基板との間設けられた表示媒体とを備えた。

【発明の効果】

10

【0035】

本発明によれば、結晶核を生成する領域に接する絶縁膜の熱伝導率が、エネルギービームが走査する方向に向かって変化しており、非単結晶層の結晶核を生成する領域をエネルギービームによって溶融させると、溶融した部分において、走査する方向に向かって緩やかに単調に増加する温度勾配を形成することができる。このため、遅い結晶化速度で結晶成長を行うことができ、結晶核を生成する領域に大きい結晶粒の結晶核を成長させることができる。さらに、生成した結晶核を用い、優れた特性の結晶性膜を容易に形成することができる。

【0036】

また、結晶核形成領域と素子形成領域との間に狭い幅のくびれ領域を設けることによって、結晶核形成領域から素子形成領域へ向って成長する結晶粒がくびれ領域において1つに選択される。このため、素子形成領域に成長する結晶性膜は単結晶構造を備える。

20

【0037】

このようにして製造された結晶性膜を活性層として備える半導体素子は優れた特性を備え、また、特性のばらつきが少ない。したがって、優れた特性および信頼性を備えた半導体装置および表示装置を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

(第1の実施形態)

以下、本発明による結晶性薄膜の製造方法の実施形態を説明する。本実施形態では、結晶性薄膜として、結晶性シリコン膜を例にあげて説明するが、本発明はSiGe、GaAs、GaP、InPなどの半導体からなる結晶性薄膜に適用できる。また、明細書中で用いる「非単結晶」という用語は、単結晶以外の、非晶質、微結晶または多結晶構造を有する膜や層を意味している。本発明は、これらの非単結晶構造を有する膜からより結晶性の高い膜を形成する方法を提供する。

30

【0039】

まず、図1に示すように、基板1上に絶縁膜2を形成する。基板1には、ガラス基板、石英基板等の絶縁性表面を有する基板、あるいは、シリコンウエハ等の半導体基板を用いることができる。以下で詳細に説明する工程において、エネルギービームが基板1上に形成される非単結晶層に照射されるので、基板1はエネルギービームによる熱によって変形しないことが好ましい。

40

【0040】

絶縁膜2には、二酸化シリコン化合物、窒化シリコン化合物、窒化酸化シリコン化合物、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、フッ化酸化シリコン化合物、フッ化酸化窒化シリコン化合物、酸化炭化シリコン化合物などからなる膜を用いることができる。本実施形態では、TEOS(テトラエトキシシラン)ガスとO₃ガスとを用いたプラズマCVD法によって、厚さ200nmの二酸化シリコンからなる絶縁膜2を形成する。形成した絶縁膜2の主面2aにおける熱伝導率は、全体にわたってほぼ均一であり、約1.4W/m・Kになっている。基板1および絶縁膜2は結晶性薄膜を形成するための支持基板41となる。

50

【0041】

絶縁膜2の厚さは、50nm以上であることが好ましい。絶縁膜2が50nmよりも薄いと、エネルギービームが照射された際に、十分緩やかな温度勾配を形成することができないからである。絶縁膜の厚さが50nm以上であれば、以下で説明する不純物元素の濃度勾配によって、結晶性薄膜と接する表面における熱伝導率を所望のプロファイルに調節することが可能となり、これにより、エネルギービームが照射された場合の照射領域の温度勾配を緩やかにして結晶化速度を小さくし、結晶粒が大きい結晶性層を得ることができる。

【0042】

次に、図2に示すように、レジスト塗布、露光および現像を含むフォトリソグラフ工程を絶縁膜2に施し、窓4wを有するレジストパターン4を絶縁膜2上に形成する。そしてレジストパターン4を用いて、絶縁膜2に不純物3を選択的に導入し、窓4wの開口に対応する表面領域5aを有し、不純物3を含む所定の領域5を絶縁膜2中に形成する。不純物元素には、窒素、炭素、酸素、フッ素、シリコン、アルミニウムなど、絶縁膜2よりも熱伝導率の大きくなる元素を用いることができる。これらの元素は2つ以上用いてもよく、単体元素を用いてもよいし、これらの元素を含む化合物であってもよい。また、不純物3の導入にはイオンドーピング法またはイオン注入法などを用いることができる。

【0043】

不純物3は、絶縁膜2の表面領域5aにおける熱伝導率が矢印で示す第1の方向Aに沿った位置に応じて、変化するように領域5に導入される。具体的には、第1の方向Aに向かって表面領域5aの熱伝導率が小さくなるように、導入する不純物3の量が第1の方向に沿う位置に応じて調整されている。図3(a)は、領域5の表面領域5aからの所定の深さにおける第1の方向Aに沿った不純物濃度の分布を示している。図3(a)において、d1およびd2は第1の方向Aにおける表面領域5aの両端の位置を示している。絶縁膜2中の不純物濃度が10at%から80at%の範囲の値となるように不純物3が絶縁膜2に導入される。また、第1の方向Aに向かって、絶縁膜2中の不純物濃度が上記範囲内で減少する濃度勾配を絶縁膜2が有するよう、第1の方向に沿って導入する不純物の量が調整される。たとえば図3(a)に示すように、位置d1では80at%の不純物濃度となり、第1の方向に向かって不純物濃度が減少し、位置d2では40at%の不純物濃度となるように不純物3が絶縁膜2に導入される。

【0044】

不純物元素を絶縁膜2に導入することによって、熱伝導率は不純物元素を含まない場合に比べて増大する。熱伝導率は、不純物濃度が高いほど大きくなるため、図3(a)に示す分布で不純物元素を導入した場合、図3(b)に示すように、第1の方向に向かって熱伝導率は単調に減少する。

【0045】

表面領域5aにおける熱伝導率は、5W/m・K以下となるよう、領域5に注入する不純物の量を調整することが好ましい。熱伝導率が5W/m・Kよりも大きくなると、エネルギービームによって与えられた熱が直ちに基板に拡散し、熔融状態をとる時間が短くなるため、大きな結晶粒が成長しにくい。

【0046】

不純物元素の導入後、レジストパターン4を除去する。これにより、第1の方向に沿った位置に応じて熱伝導率が変化しており、特に第1の方向に向かって熱伝導率が単調に減少した表面領域5aを含む主面2aを備えた支持基板41が得られる。

【0047】

次に、図4に示すように、絶縁膜2上の全面に非単結晶膜6を形成する。非単結晶膜の厚さは10nm以上200nm以下の範囲にあることが好ましい。非単結晶膜の膜厚が10nm以上200nm以下の範囲であれば、以下の工程において照射するエネルギービームによって非単結晶膜を安定して熔融させることができ、非単結晶膜の熔融した領域に緩やかな温度勾配を形成させることができる。非単結晶膜6が10nmよりも薄い場合、射

10

20

30

40

50

するエネルギービームが非単結晶膜 6 に充分吸収されず、非単結晶膜 6 を熔融させることが困難となる。また、非単結晶膜 6 が 200 nm よりも厚いと、非単結晶膜 6 を熔融させるために、過大なエネルギーを有するビームを用いることが必要となる。このため、非単結晶膜 6 を安定して熔融させることができず、熔融領域に緩やかな温度勾配を形成させることが困難になる。

【0048】

非単結晶膜 6 には、上述した半導体等の種々の物質からなり、非晶質、微結晶あるいは多結晶構造を備えた薄膜を用いることができる。本実施形態では、 Si_2H_6 ガスを用いた減圧 CVD 法によって、50 nm の厚さを有する非晶シリコン膜を形成し、非単結晶膜 6 として用いる。

10

【0049】

次に、レジスト塗布、露光および現像を含むフォトリソグラフ工程を非単結晶膜 6 に施し、レジストパターンを形成する。レジストパターンをマスクとして、非単結晶膜 6 をエッチングすることにより、図 5 に示すように、パターンングされた非単結晶層 7 が絶縁膜 2 の主面 2 a 上に形成される。非単結晶層 7 は、第 1 の方向 A に向かって伸びており、第 1 の方向 A を横切るようにくびれて細くなっただくびれ領域 9 と、くびれ領域 9 によって分断された結晶核形成領域 8 と素子形成領域 10 とを含んでいる。結晶核形成領域 8、くびれ領域 9 および素子形成領域 10 はこの順で第 1 の方向に向かって配列されている。結晶核形成領域 8 は、主面 2 a の表面領域 5 a と重なるように形成されており、表面領域 5 a 内に結晶核形成領域 8 が位置していることが好ましい。

20

【0050】

結晶核形成領域 8 はエネルギービームによって最初に熔融され、素子形成領域において結晶を成長させるための結晶核を生成する。

【0051】

くびれ領域 9 は、結晶核形成領域 8 で生成した複数の結晶核から素子形成領域 10 へ延びる結晶核を 1 つ選択し、素子形成領域 10 で成長する結晶に結晶面を提供する。このため、くびれ領域 9 のサイズは、第 1 の方向に直行する第 2 の方向 B に $1 \mu m \sim 50 \mu m$ であることが好ましい。くびれ領域 9 の幅となる第 2 の方向 B のサイズが $1 \mu m$ より小さいと、結晶核形成領域 8 で生成した結晶核が成長し、素子形成領域 10 へ達することが困難となる。また、 $50 \mu m$ より大きいと、複数の結晶がくびれ領域 9 において成長する可能性があり、素子形成領域 10 内に単一の結晶を成長させることが難しくなる。

30

【0052】

素子形成領域 10 は本発明により作製する結晶性薄膜となる領域である。素子形成領域 10 の面積が $1 mm^2$ よりも大きいと素子形成領域 10 の結晶化が急激に進行しなくなり、また、単一の結晶を成長させることが難しくなる。したがって、素子形成領域 10 の面積は $1 mm^2$ 以下であることが好ましい。

【0053】

次に、図 5 に示すように、非単結晶層 7 に対して、エネルギービーム 11 を第 1 の方向 A に走査し、非単結晶層 7 を熔融および固化させて結晶化する。エネルギービーム 11 としては、パルス状エキシマレーザー光や、他のパルス状レーザー光、パルス光、パルス状荷電粒子ビームなどを用いることができる。また、一度の走査によって素子形成領域 10 の全体が走査できるよう、エネルギービーム 11 の第 2 の方向 B の長さは素子形成領域 10 の第 2 の方向 B の長さよりも大きいほうが好ましい。

40

【0054】

エネルギービーム 11 のエネルギー密度は $250 mJ/cm^2$ 以上 $500 mJ/cm^2$ 以下であることが好ましい。この範囲のエネルギービーム 11 を用いることにより、安定して非単結晶層 7 を熔融および固化させることができる。エネルギー密度が $250 mJ/cm^2$ より小さい場合、非単結晶層 7 を十分に熔融できない可能性がある。また、エネルギー密度が $500 mJ/cm^2$ より大きい場合、エネルギーが大きすぎるため、非単結晶層 7 の一部が飛散する可能性がある。

50

【 0 0 5 5 】

本実施形態では、第2の方向に2 μm の長さを有し、400 mJ/cm^2 のエネルギー密度を有するエキシマレーザー光を用いる。また、第1の方向Aに1 μm 移動する毎にオンオフを繰り返すように照射する。

【 0 0 5 6 】

レーザービーム11を結晶核形成領域8の端部d1の位置から第1の方向に向かって走査し、非単結晶層7に照射すると、非単結晶層7のみにエネルギーが与えられて、非単結晶層7のレーザービームが照射された領域は溶融する。結晶核形成領域8が接している絶縁膜2の表面領域5aでは上述したように、第1の方向に向かって熱伝導率が単調に減少している。このため、非単結晶層7の溶融した領域は、レーザービームの移動により溶融した領域が移動しても、つねに、素子形成領域10に近い側ほど熱伝導率が小さい物質と接触することになる。その結果、溶融した領域において、素子形成領域10に近い側ほど熱拡散が小さく、素子形成領域10から遠い側ほど熱拡散が大きくなる。図6(a)は、非単結晶層7の溶融した領域の第1の方向における温度分布を示している。図に示すように、第1の方向に向かって熱拡散が小さくなるため、溶融した領域は高温に保たれる。つまり、第1の方向Aであるエネルギービーム11の走査方向において、先端部分では溶融した領域の温度が高く、終端部分では低くなっている。また、溶融した領域の両端における温度差は、比較的小さく、緩やかな温度勾配が生じている。

10

【 0 0 5 7 】

エネルギービーム11の移動にともなって溶融した領域も移動するが、溶融した物質は緩やかな温度勾配により、広い領域で溶融状態を保つ。このため、結晶が成長する領域を広げることができ、結晶核形成領域8において、大粒径の結晶核が成長する。また、溶融した領域が広がるため、エネルギービームのショット数を低減することができる。

20

【 0 0 5 8 】

図6(b)は、絶縁膜2に不純物元素を導入しないことを除いて同様の方法により、非単結晶層7にレーザービーム11を照射した場合の非単結晶層7の溶融した領域の第1の方向における温度分布を示している。図から明らかなように、溶融した領域に接している絶縁膜の表面は均一な熱伝導率を備えているため、ビームの両端における熱の散逸が顕著となり、溶融した領域の両端において温度が低く、中央部分において、温度が高くなっている。また、中央部と両端部との温度差が大きく、温度勾配が急激になっている。このため、溶融した領域の両端から急激に結晶が析出し始め、結晶は溶融した領域の中央に向かって成長する。したがって、形成する結晶の粒径は小さくなり、また、多くの結晶が析出するため、大きな結晶に成長しにくい。

30

【 0 0 5 9 】

レーザービーム11の走査をさらに進め、レーザービーム11がくびれ領域9に達すると、結晶核形成領域8内で形成された大粒径の結晶粒のうち、くびれ領域9に最も速く到達した1つの結晶粒がくびれ領域9を占有し、くびれ領域9において成長する。そして、非晶質シリコン膜7のくびれ領域9へのレーザービーム照射に引き続いて、レーザービーム11が素子形成領域10に達すると、くびれ領域9を占有した結晶粒がさらに成長を続ける。このため、素子形成領域10の非単結晶層7は、くびれ領域9を占有した結晶粒で構成される単結晶あるいは、非単結晶層7よりも大きな粒径からなる結晶性層となる。

40

【 0 0 6 0 】

このようにして形成された結晶性層は、単結晶構造あるいは大粒径の多結晶構造を備えている。本実施形態のように非単結晶層7を半導体で構成する場合には、薄膜トランジスタ等の半導体素子の活性層として使用することにより、優れた半導体特性を発揮する。このため、液晶表示装置のドライバー、半導体メモリー、半導体論理回路等の半導体装置に好適に使用することができる。

【 0 0 6 1 】

このように、本実施形態によれば、結晶核を生成する領域に接する絶縁膜の熱伝導率をエネルギービームを走査する方向に変化させ、溶融した領域を広く、かつ、領域内の温度

50

勾配を緩やかにすることができるため、低い結晶が速度で結晶核を成長させることができ、結晶粒の大きな結晶核が生成する。このため、生成した結晶核から優れた特性の結晶性膜を成長させることが可能となる。

【0062】

なお、本実施形態ではエネルギービーム11によって1つの結晶核形成領域8から結晶核を成長させたが、図5に示す構造を第2の方向Bに複数配置するとともに、エネルギービーム11の第2の方向Bの長さを大きくし、複数の素子形成領域10を同時に照射するようにしてもよい。これにより一度に多くの結晶性層からなる素子形成領域10を作製することができる。

【0063】

(第2の実施形態)

以下、第1の実施形態で作製した結晶性層が用いられた薄膜トランジスタ(以下TF Tと略す)の実施形態を説明する。

【0064】

図7は、図8に示すアクティブマトリクス基板31に用いられるTF T33の断面構造を模式的に示している。TF T33は、絶縁膜2を有する基板1上に形成された活性層12を備えている。基板1および絶縁膜2はそれぞれガラスおよびSiO₂からなる。活性層12は、第1の実施形態により作製された結晶性シリコン層をパターンングしたものである。

【0065】

活性層12は、チャンネル領域12aおよびチャンネル領域12aを挟むように位置するソース領域12bおよびドレイン領域12cを含む。チャンネル領域12a上には、ゲート絶縁膜13を介してゲート電極14が設けられており、ゲート絶縁膜13およびゲート電極14を覆うように絶縁膜15が設けられている。ゲート絶縁膜13および絶縁膜15には、ソース領域12bおよびドレイン領域12cに達するようにコンタクトホールが設けられている。ソース電極16bおよびドレイン電極16cは、コンタクトホールを介してソース領域12bおよびドレイン領域12cにそれぞれ接続されている。

【0066】

絶縁膜15と、ソース電極16bおよびドレイン電極16cとを覆うように、絶縁膜17が設けられ、絶縁膜17には、ソース電極16bおよびドレイン電極16cの一部が露出するようにスルーホール18がそれぞれ形成されている。

【0067】

このようなTF T33の活性層12は、電子移動度が大きく、結晶成長のための不純物を含まない。このため、ON電流が大きく、OFF電流の小さいTF T33が実現する。このTF T33は、これらの特徴を生かし、液晶表示装置の画素電極を駆動するトランジスタや、走査線および信号線を駆動するための駆動回路を構成するトランジスタとして好適に用いられる。また、半導体メモリーや半導体論理回路等の半導体装置としても好適に使用することができる。半導体メモリーや半導体論理回路等の半導体装置として使用される場合には、基板上に、抵抗、キャパシタ等の他の受動素子も設けられる。

【0068】

(第3の実施形態)

以下、第2の実施形態のTF Tを用いたアクティブマトリクス基板および液晶表示装置の実施形態を説明する。

【0069】

図8は、本実施形態によるアクティブマトリクス基板31の断面構造を模式的に示している。アクティブマトリクス基板31はマトリクス状に配列された画素を含み、図8は1つの画素の主要部のみを示している。アクティブマトリクス基板31は、ガラスからなる基板1と、SiO₂からなる絶縁膜2を介して基板1上に形成されたTF T33とを備える。TF T33は第2の実施形態で説明したTF Tと同じ構造を備えている。TF T33の絶縁膜17上には、スルーホール18を介してドレイン電極16cと接続された画素電

10

20

30

40

50

極 19 が形成されている。絶縁膜 17 および画素電極 19 を覆うように保護膜 20 が設けられている。また、保護膜 20 を覆うように配向膜 21 が設けられている。アクティブマトリクス基板 31 がカラー表示装置に用いられる場合には、TFT 33 は一画素あたり、たとえば 3 つの TFT 33 を含み、図 8 に示す構造が所定の間隔でマトリクス状に形成される。

【0070】

図 7 に示すアクティブマトリクス基板 31 は、次のようにして製造される。まず、第 1 の実施形態で説明した方法により、基板 1 の絶縁膜 2 上に結晶性シリコン膜を形成する。第 1 の実施形態で説明したように、素子形成領域 10 の面積は 1 mm^2 以下であることが好ましいので、画素ピッチにも依存するが、1 つの素子形成領域 10 から作製できる TFT 33 は、数個程度となる。このため、結晶性シリコン膜を形成するための素子形成領域 10 は一枚の基板 1 上に複数設けられる。この結晶性シリコン膜を、 CF_4 ガスと O_2 ガスとを用いた RIE 法によって、パターニングし、各画素電極 19 に対応する TFT 33 の活性層 12 をそれぞれ形成する。

10

【0071】

その後、通常の TFT の製造工程と同様に、 TEOS ガスと O_3 ガスとを用いたプラズマ CVD 法によって、 SiO_2 からなるゲート絶縁膜 13 を、活性層 12 および絶縁膜 2 を覆うように形成する。スパッタリング法によって、 WSi_2 / 多結晶 Si 膜を形成した後、 CF_4 ガスと O_2 ガスとを用いた RIE 法によってパターニングすることによって、活性層 12 のチャンネル領域 12a 上にゲート電極 14 をそれぞれ形成する。

20

【0072】

次いで、ゲート電極 14 をマスクとして、ソース領域 12b およびドレイン領域 12c にイオンドーピング法によって P (リン) および B (ホウ素) を注入する。その後、 TEOS ガスと O_3 ガスとを用いたプラズマ CVD 法によって SiO_2 からなる絶縁膜 15 を、ゲート電極 14 およびゲート絶縁膜 13 を覆うように形成する。形成した絶縁膜 15 に、 CF_4 ガスと CHF_3 ガスとを用いた RIE 法によるエッチングを施し、活性層 12 のソース領域 12b およびドレイン領域 12c が露出するように、コンタクトホールをそれぞれ形成する。

【0073】

次に、スパッタリング法によって、絶縁膜 15 上および各コンタクトホール内に Al 膜を形成し、 BCl_3 ガスと Cl_2 ガスとを用いた RIE 法によって Al 膜をパターニングすることによって、ソース電極 16b およびドレイン電極 16c を形成する。 SiH_4 ガスと NH_3 ガスと N_2 ガスとを用いたプラズマ CVD 法によって、 SiN からなる絶縁性の保護膜 17 を、絶縁膜 15、ソース電極 16b およびドレイン電極 16c を覆うように形成する。その後、 CF_4 ガスと CHF_3 ガスとを用いた RIE 法によって保護膜 17 のエッチングを行い、配線 16 の一部が露出するように開口する。これにより、TFT 33 が形成される。

30

【0074】

その後、 TEOS ガスと O_3 ガスとを用いたプラズマ CVD 法によって、 SiO_2 からなる絶縁層 17 を形成し、 CF_4 ガスと CHF_3 ガスとを用いた RIE 法によってエッチングすることにより、絶縁層 17 にスルーホール 18 を形成する。

40

【0075】

スパッタリング法によって、絶縁層 17 およびスルーホール 18 内に ITO 膜を形成し、 HCl と FeCl_3 とを用いてパターニングすることにより、スルーホール 18 を介してドレイン電極 16c に接続された画素電極 19 を形成する。その後、 SiH_4 ガスと NH_3 ガスと N_2 ガスとを用いたプラズマ CVD 法によって、 SiN からなる絶縁性の保護膜 20 を、絶縁層 17 および各画素電極 19 を覆うように形成する。保護膜 20 の上にポリイミドからなる配向膜 21 をオフセット印刷法によって形成し、ラビング処理を行う。これにより、図 8 に示すアクティブマトリクス基板 31 が形成される。

【0076】

50

図 9 は、液晶表示装置を構成する対向基板 3 2 の断面構造を示している。対向基板 3 2 は、絶縁性基板であるガラス基板 2 2 上に、カラーフィルター 2 3、対向電極 2 4、保護膜 2 5 および配向膜 2 6 が設けられている。

【 0 0 7 7 】

対向基板 3 2 はたとえば、以下の方法によって製造される。まず、絶縁性基板 2 2 に、赤、緑、青の各色の感光性樹脂薄膜が設けられたフィルムを熱圧着により転写する。転写されたフィルムをフォトリソグラフィ工程によってパターンニングし、さらに、赤、緑および青の各着色部の間のスペースにブラックマトリクス部を同様に形成することによって、カラーフィルター 2 3 を形成する。その後、カラーフィルター 2 3 の上に、スパッタリング法によって I T O 膜からなる対向電極 2 4 を形成し、対向電極 2 4 上に、ポリイミドからなる配向膜 2 6 をオフセット印刷法によって形成して、ラビング処理を行う。これにより、図 8 に示す対向基板 3 2 が完成する。

10

【 0 0 7 8 】

このようにして作製されたアクティブマトリクス基板 3 1 と対向基板 3 2 とを、画素電極 1 9 および対向電極 2 4 が向かい合うよう、所定の間隔を開けて対向配置して、相互に対向する周縁部同士を、シール樹脂で貼り合わせる。この場合、アクティブマトリクス基板 3 1 および対向基板 3 2 間に一定のスペースが形成されるように、真球状の微細なシリカを均一に散布しておく。このような状態で、アクティブマトリクス基板 3 1 および対向基板 3 2 の間に液晶を注入して液晶層を形成した後に、アクティブマトリクス基板 3 1 のガラス基板 1 および対向基板 3 2 のガラス基板 2 2 に、偏光板をそれぞれ貼り付け、さら

20

には、アクティブマトリクス基板 3 1 の周辺部にドライバー I C 等を実装することによって、液晶表示装置が製造される。

【 0 0 7 9 】

このようにして製造された液晶表示装置は、各画素電極 1 9 にそれぞれ接続された T F T の活性層 1 2 が、大きな結晶粒の結晶性半導体薄膜によって構成されている。このため、各 T F T 3 3 は良好なトランジスタ特性を備え、しかも、各 T F T 3 3 の特性のばらつきも小さくなっている。その結果、表示領域の全体にわたって良好な表示特性を示す液晶表示装置が得られる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 8 0 】

本発明は、単結晶あるいは大きな粒径を有する多結晶構造を備える半導体薄膜、絶縁膜、金属膜などの製造に好適に採用することができる。また、本発明を用いて作製された半導体薄膜は T F T など種々の半導体素子に適用可能であり、さらにこれらの半導体素子を用いて、表示装置などの半導体素子を複数備える種々の装置に利用することができる。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 1 】

【 図 1 】 本発明による結晶性薄膜の製造方法の実施形態を説明するための斜視図である。

【 図 2 】 本発明による結晶性薄膜の製造方法の実施形態を説明するための斜視図である。

【 図 3 】 (a) および (b) は、絶縁膜の所定の領域における不純物濃度および熱伝導率と結晶化方向における位置との関係を示すグラフである。

40

【 図 4 】 本発明による結晶性薄膜の製造方法の実施形態を説明するための斜視図である。

【 図 5 】 本発明による結晶性薄膜の製造方法の実施形態を説明するための斜視図である。

【 図 6 】 (a) は、本発明による溶融領域の温度分布を示すグラフであり、(b) は従来技術による溶融領域の温度分布を示すグラフである。

【 図 7 】 本発明による薄膜トランジスタを示す断面図である。

【 図 8 】 本発明による液晶表示装置に用いられるアクティブマトリクス基板を示す断面図である。

【 図 9 】 本発明による液晶表示装置に用いられる対向基板を示す断面図である。

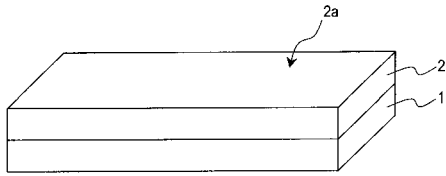
【 符号の説明 】

【 0 0 8 2 】

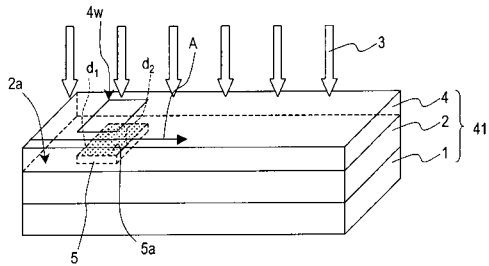
50

1	基板	
2	絶縁膜	
3	不純物	
4	レジストパターン	
5	領域	
6	非晶質膜	
7	非晶質層	
8	結晶核形成領域	
9	くびれ領域	
10	素子形成領域	10
11	レーザビーム	
12	活性層	
13	ゲート絶縁膜	
14	ゲート電極	
15	絶縁層	
16 b	ソース電極	
16 c	ドレイン電極	
17	絶縁層	
18	スルーホール	
19	画素電極	20
20	保護膜	
21	配向膜	
22	ガラス基板	
23	カラーフィルター	
24	対向電極	
25	保護膜	
26	配向膜	
31	アクティブマトリクス	
32	対向基板	
33	薄膜トランジスタ	30

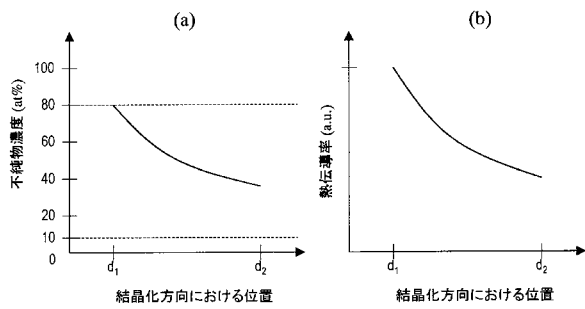
【 図 1 】



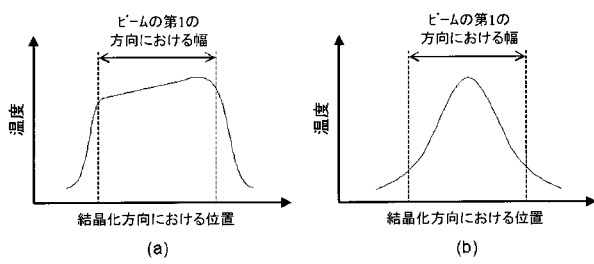
【 図 2 】



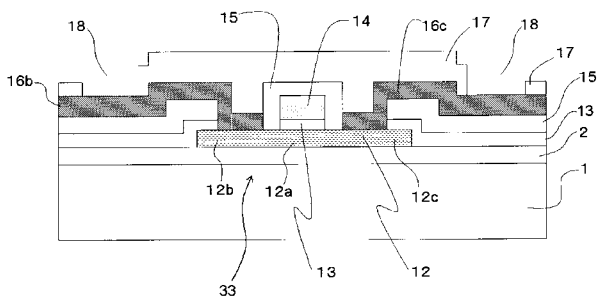
【 図 3 】



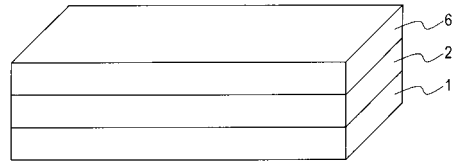
【 図 6 】



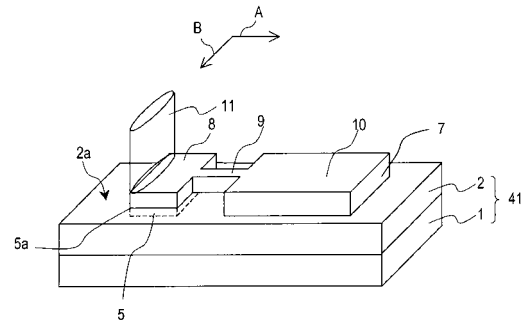
【 図 7 】



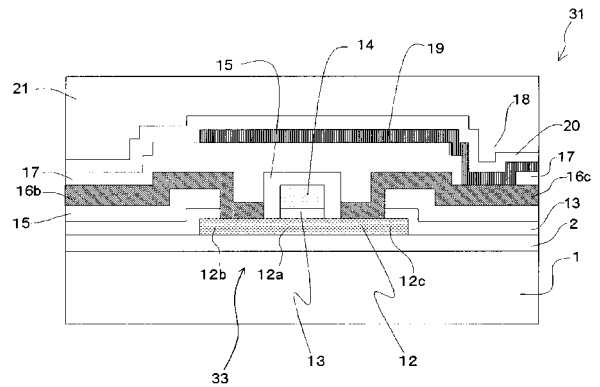
【 図 4 】



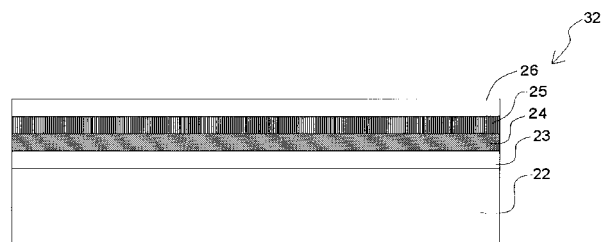
【 図 5 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H092 GA29 JA25 JA46 JB42 KA04 KA05 KA10 KB24 KB25 MA05
MA06 MA07 MA08 MA13 MA17 MA27 MA30 MA37 NA11 NA22
PA01
5F052 AA02 BA04 BA07 BB07 CA04 DA01 DA02 DA04 DB02 EA11
EA15 FA02 FA03 JA01
5F110 AA01 AA14 AA26 BB02 BB03 BB05 CC02 DD02 DD03 DD05
DD12 DD13 DD14 DD15 DD25 EE05 EE09 EE14 EE44 FF02
FF30 GG01 GG02 GG04 GG13 GG25 GG47 HJ01 HJ12 HL03
HL23 NN02 NN03 NN23 NN24 NN35 NN71 NN72 PP03 PP05
PP23 PP40 QQ11