(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2005-12003
(P2005-12003A)
(43)公開日　平成17年1月13日(2005.1.13)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
H01L 21/20	H01L 21/20		5F052
H01L 21/336	H01L 29/78	627G	5F110
H01L 29/786	H01L 29/78	626C	

審査請求 未請求　請求項の数 22　OL　（全 16 頁）

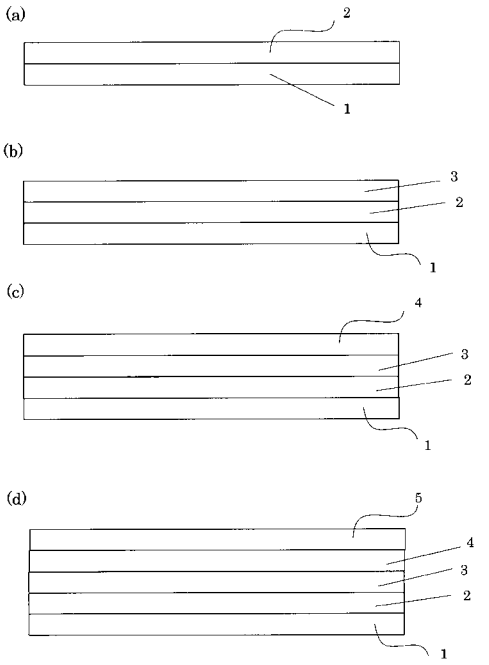
(21)出願番号　特願2003-174707(P2003-174707)
(22)出願日　平成15年6月19日(2003.6.19)

(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
(74)代理人　100101683
弁理士　奥田　誠司
(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　宮嶋　利明
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　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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】結晶質半導体膜およびその製造方法

(57)【要約】
【課題】従来よりも結晶粒の大きい結晶質半導体膜、およびその製造方法を提供する。
【解決手段】結晶質半導体膜の製造方法は、（ａ）熱伝導率Ｗ０を有する材料から形成された基板、または、熱伝導率Ｗ０を有する下地絶縁膜を表面に有する基板を用意する工程と、（ｂ）基板上に、Ｗ１＞Ｗ０の関係式を満たす熱伝導率Ｗ１を有する第１絶縁膜を形成する工程と、（ｃ）第１絶縁膜上に、非晶質状態にある半導体膜を形成する工程と、（ｄ）半導体膜上に、Ｗ２＞Ｗ０の関係式を満たす熱伝導率Ｗ２を有する第２絶縁膜を形成する工程と、（ｅ）第２絶縁膜を介して半導体膜の所定の領域にエネルギーを付与し、所定の領域を結晶化する結晶化工程とを包含する。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
（ａ）熱伝導率Ｗ０を有する材料から形成された基板、または、熱伝導率Ｗ０を有する下地絶縁膜を表面に有する基板を用意する工程と、
（ｂ）前記基板上に、Ｗ１＞Ｗ０の関係式を満たす熱伝導率Ｗ１を有する第１絶縁膜を形成する工程と、
（ｃ）前記第１絶縁膜上に、非晶質状態にある半導体膜を形成する工程と、
（ｄ）前記半導体膜上に、Ｗ２＞Ｗ０の関係式を満たす熱伝導率Ｗ２を有する第２絶縁膜を形成する工程と、
（ｅ）前記第２絶縁膜を介して前記半導体膜の所定の領域にエネルギーを付与し、前記所定の領域を結晶化する結晶化工程とを包含する、結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項２】
前記熱伝導率Ｗ２は１０Ｗ／ｍ・Ｋ以上である、請求項１に記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項３】
前記熱伝導率Ｗ１は１０Ｗ／ｍ・Ｋ以上である、請求項１または２に記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項４】
前記熱伝導率Ｗ０は５Ｗ／ｍ・Ｋ以下である、請求項１から３のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項５】
前記熱伝導率Ｗ０を有する材料から形成された前記基板と、前記第１絶縁膜との間に、熱伝導率Ｗ３を有する第３絶縁膜がさらに配置されており、Ｗ３≦Ｗ１の関係式を満たす、請求項１から４のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項６】
前記熱伝導率Ｗ３は、Ｗ３≦Ｗ２の関係式を満たす、請求項５に記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項７】
前記第３絶縁膜は、酸化珪素化合物を含む、請求項５または６に記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項８】
前記第１絶縁膜と前記半導体膜との間に、第４絶縁膜がさらに配置されており、
前記第４絶縁膜と前記半導体膜との間の界面準位密度は、前記第１絶縁膜と前記半導体膜との間の界面準位密度よりも小さい、請求項１から７のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項９】
前記第１絶縁膜は、窒化珪素化合物、窒化酸化珪素化合物、酸化アルミニウム化合物および窒化アルミニウム化合物のうち、少なくともいずれか一つを含む、請求項１から８のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１０】
前記第２絶縁膜は、窒化珪素化合物、窒化酸化珪素化合物、酸化アルミニウム化合物及び窒化アルミニウム化合物のうち、少なくともいずれか一つを含む請求項１から９のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１１】
前記半導体膜はシリコンを含む、請求項１から１０のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１２】
前記第１絶縁膜の膜厚は５０ｎｍ以上である、請求項１から１１のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１３】

前記第２絶縁膜の膜厚は５０ｎｍ以上である、請求項１から１２のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１４】
前記半導体薄膜の膜厚は１０ｎｍ以上２００ｎｍ以下である、請求項１から１３のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１５】
前記下地絶縁膜の膜厚は１００ｎｍ以上である、請求項１から１４のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１６】
前記エネルギーの付与は、波長４００ｎｍ以下のレーザ光の照射によって行われる、請求項１から１５のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１７】
前記エネルギーの付与は、エネルギー密度が２５０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上５００ｍＪ／ｃｍ^{2}以下のパルスレーザ光の照射によって行われる、請求項１から１６のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１８】
前記結晶化工程は、横方向成長工程を包含する、請求項１から１７のいずれかに記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項１９】
前記エネルギー付与は、パルスレーザビームを横方向にステップ走査することによって実行される、請求項１８に記載の結晶質半導体膜の製造方法。
【請求項２０】
請求項１から請求項１９のいずれかに記載の製造方法によって製造される結晶質半導体膜。
【請求項２１】
請求項２０に記載の結晶質半導体膜を用いた半導体装置。
【請求項２２】
請求項２１に記載の半導体装置を備える表示装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、結晶質半導体膜及びその製造方法、並びにそれを用いた半導体装置およびその半導体装置を用いた表示装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
近年、薄膜トランジスタ（以下、「ＴＦＴ」という）やダイオード等に代表される薄膜半導体素子が広く利用されている。
【０００３】
ＴＦＴの一つである電界効果型薄膜トランジスタは、例えば絶縁基板上にＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｖａｐｏｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ：化学気相成長）法等を用いて形成された、厚さ数十ｎｍ～数百ｎｍの半導体薄膜を活性層として用いる。ＴＦＴの応用分野としては、アクティブマトリクス型の液晶表示装置がある。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が配置されており、画素電極に供給する電荷がＴＦＴによって制御される。
【０００４】
ＴＦＴに利用される半導体膜として、非晶質状態（アモルファス）の半導体膜を用いることは簡便であるが、キャリアの移動度が小さく、高速動作が要求されるＴＦＴに利用できないという問題がある。高いＴＦＴ特性を得るには、結晶質半導体膜を利用すればよい。
【０００５】
結晶質半導体膜の１つに多結晶半導体膜がある。多結晶半導体膜を形成する方法として、

非晶質半導体膜を６００℃前後で熱処理することによって結晶成長させる方法（固相成長法）、または、非晶質半導体膜をエキシマレーザ照射することによって溶融（再）結晶化させる方法（エキシマレーザアニール法）が知られている。エキシマレーザアニール法による多結晶半導体膜の形成は、基板の温度を大きく上昇させずに、非晶質半導体膜のみに高いエネルギーを与えることができるため、ガラス基板を使用できる。そのため、大面積基板による低温プロセスの多結晶シリコンＴＦＴの製造に実用化されている。

【０００６】

近年、線状レーザビームによる結晶化方法が広く利用されている。この方法では、ビームの幅方向に少しずつ照射位置をずらして基板全面の結晶化処理を行う。すなわち、非晶質半導体膜は、複数回のレーザ照射が行われる。

【０００７】

例えば特許文献１は、線状レーザビームによる結晶化方法を用いて、結晶粒のサイズを大きくする方法を開示している。特許文献１では、非晶質半導体膜の両面に保温層を形成し、レーザ照射することによって結晶質半導体膜を形成する。保温層の熱伝導率は、０．３Ｗ／ｍ・Ｋ以下であることが好ましいとされており、基板（石英基板の場合１．４Ｗ／ｍ・Ｋ）の熱伝導率に比べて極めて低い。特許文献１では、上記保温層を設けて半導体膜の冷却速度を遅くすることにより、結晶質半導体膜に生成される結晶核の数を少なくし、結果的に大きな結晶粒を形成するとしている。

【０００８】

【特許文献１】

特開２００２－２６３３１号公報

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

結晶粒のサイズが十分でない結晶質半導体膜を用いてＴＦＴを作製すると、チャネル領域に多数の結晶粒界が入り込むため、ＴＦＴの電気的特性の低下や特性のバラツキの原因となる。より高性能な半導体装置を作製するためには、結晶粒の大きい結晶質半導体膜を得ることが求められるが、特許文献１に開示されている方法を用いても、結晶粒のサイズの十分に大きい結晶質半導体膜を得ることができない。

【００１０】

本発明は、従来よりも結晶粒の大きい結晶質半導体膜、およびその製造方法等を提供することを目的とする。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

本発明の結晶質半導体膜の製造方法は、（ａ）熱伝導率Ｗ０を有する材料から形成された基板、または、熱伝導率Ｗ０を有する下地絶縁膜を表面に有する基板を用意する工程と、（ｂ）前記基板上に、Ｗ１＞Ｗ０の関係式を満たす熱伝導率Ｗ１を有する第１絶縁膜を形成する工程と、（ｃ）前記第１絶縁膜上に、非晶質状態にある半導体膜を形成する工程と、（ｄ）前記半導体膜上に、Ｗ２＞Ｗ０の関係式を満たす熱伝導率Ｗ２を有する第２絶縁膜を形成する工程と、（ｅ）前記第２絶縁膜を介して前記半導体膜の所定の領域にエネルギーを付与し、前記所定の領域を結晶化する結晶化工程とを包含し、これにより上記の課題が解決される。

【００１２】

例えば、前記熱伝導率Ｗ２は１０Ｗ／ｍ・Ｋ以上である。

【００１３】

例えば、前記熱伝導率Ｗ１は１０Ｗ／ｍ・Ｋ以上である。

【００１４】

例えば、前記熱伝導率Ｗ０は５Ｗ／ｍ・Ｋ以下である。

【００１５】

ある実施形態では、前記熱伝導率Ｗ０を有する材料から形成された前記基板と、前記第１絶縁膜との間に、熱伝導率Ｗ３を有する第３絶縁膜がさらに配置されており、Ｗ３≦Ｗ１

の関係式を満たす。
【００１６】
前記熱伝導率Ｗ３は、さらにＷ３≦Ｗ２の関係式を満たす。
【００１７】
前記第３絶縁膜は、酸化珪素化合物を含んでもよい。
【００１８】
前記第１絶縁膜と前記半導体膜との間に、第４絶縁膜がさらに配置されており、前記第４絶縁膜と前記半導体膜との間の界面準位密度は、前記第１絶縁膜と前記半導体膜との間の界面準位密度よりも小さくてもよい。
【００１９】
前記第１絶縁膜は、窒化珪素化合物、窒化酸化珪素化合物、酸化アルミニウム化合物および窒化アルミニウム化合物のうち、少なくともいずれか一つを含んでもよい。
【００２０】
前記第２絶縁膜は、窒化珪素化合物、窒化酸化珪素化合物、酸化アルミニウム化合物及び窒化アルミニウム化合物のうち、少なくともいずれか一つを含んでもよい。
【００２１】
前記半導体膜はシリコンを含んでもよい。
【００２２】
前記第１絶縁膜の膜厚は５０ｎｍ以上であってもよい。
【００２３】
前記第２絶縁膜の膜厚は５０ｎｍ以上であってもよい。
【００２４】
前記半導体薄膜の膜厚は１０ｎｍ以上２００ｎｍ以下であってもよい。
【００２５】
前記下地絶縁膜の膜厚は１００ｎｍ以上であってもよい。
【００２６】
前記エネルギーの付与は、波長４００ｎｍ以下のレーザ光の照射によって行われることが好ましい。
【００２７】
前記エネルギーの付与は、エネルギー密度が２５０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上５００ｍＪ／ｃｍ^{2}以下のパルスレーザ光の照射によって行われることが好ましい。
【００２８】
前記結晶化工程は、横方向成長工程を包含することが好ましい。
【００２９】
前記エネルギー付与は、パルスレーザビームを横方向にステップ走査することによって実行されることが好ましい。
【００３０】
本発明の結晶質半導体膜は、上記に記載の製造方法によって製造され、これにより、上記の課題が解決される。
【００３１】
本発明の半導体装置は、上記に記載の結晶質半導体膜を用いて構成され、これにより、上記の課題が解決される。
【００３２】
本発明の表示装置は、上記に記載の半導体装置を備え、これにより、上記の課題が解決される。
【００３３】
【発明の実施の形態】
本発明は、特許文献１の結晶質半導体膜の製造方法を用いた場合に結晶粒のサイズを十分に大きくできないのは、半導体膜の面内温度分布が無視されていることに起因するという知見に基づいている。すなわち、特許文献１の結晶質半導体膜の製造方法では、半導体膜

の両側に熱伝導率の極めて低い保温層が形成されているために、半導体膜の面内に大きな温度勾配が形成されてしまい、結果として結晶粒のサイズを十分に大きくできない。本発明者らは、半導体膜の面内における温度勾配に注目して、結晶粒のサイズを大きくすることを検討した。

【００３４】

本発明の結晶質半導体膜の製造方法は、（ａ）熱伝導率Ｗ０を有する材料から形成された基板、または、熱伝導率Ｗ０を有する下地絶縁膜を表面に有する基板を用意する工程と、（ｂ）基板上に、Ｗ１＞Ｗ０を満たす熱伝導率Ｗ１を有する第１絶縁膜を形成する工程と、（ｃ）第１絶縁膜上に、非晶質状態にある半導体膜を形成する工程と、（ｄ）半導体膜上に、Ｗ２＞Ｗ０を満たす熱伝導率Ｗ２を有する第２絶縁膜を形成する工程と、（ｅ）第２絶縁膜を介して半導体膜の所定の領域にエネルギーを付与し、上記所定の領域を結晶化する結晶化工程とを包含する。

【００３５】

本発明の結晶質半導体膜の製造方法では、熱伝導率Ｗ０を有する基板（または熱伝導率Ｗ０を有する下地絶縁膜を表面に有する基板）の上に、Ｗ０よりも大きい熱伝導率を有する第１絶縁膜と第２絶縁膜とによって両面が挟まれた非晶質状態の半導体膜を配置し、第２絶縁膜を介して半導体膜の所定の領域にエネルギーを付与することを主な特徴としている。

【００３６】

特許文献１の製造方法では、半導体膜の両面に、基板の熱伝導率よりも極めて低い（例えば石英基板の約１／５の熱伝導率を有する）保温層が形成されているため、半導体膜にレーザビームを照射すると、半導体膜において、レーザビームの照射領域に接する非照射領域の部分と、照射領域の中央部とでは、温度差が極めて大きく、半導体膜の面内に大きな温度勾配が形成される。

【００３７】

これに対して本発明の結晶質半導体膜の製造方法では、半導体膜の両面にそれぞれ、基板または基板表面の下地絶縁膜の熱伝導率Ｗ０よりも高い熱伝導率を有する第１および第２絶縁膜が設けられているため、半導体膜にエネルギーを付与した場合に、半導体膜の上面および下面からそれぞれ、第２絶縁膜および第１絶縁膜に効果的に熱が拡散する。結果として、半導体膜面内の温度勾配を特許文献１の製造方法よりも緩やかにし、溶融領域を拡げることができる。従って、特許文献１の製造方法を用いる場合に比べて、結晶成長距離をより大きくし、結晶粒の大きい結晶質半導体膜が得られる。

【００３８】

熱伝導率Ｗ１およびＷ２は例えば１０Ｗ／ｍ・Ｋ以上であり、Ｗ０は例えば５Ｗ／ｍ・Ｋ以下である。基板には、例えばガラス基板（１Ｗ／ｍ・Ｋ）や石英基板（１．４Ｗ／ｍ・Ｋ）などが利用可能である。シリコンウェハなどの極めて熱伝導率の高いものを基板に利用する場合には、基板の表面に、例えば熱伝導率が５Ｗ／ｍ・Ｋ以下の下地絶縁膜を形成すればよく、下地絶縁膜の厚さは、例えば１００ｎｍ以上であることが好ましい。

【００３９】

第１絶縁膜および第２絶縁膜の厚さは、例えば５０ｎｍ以上であることが好ましく、絶縁膜の厚さが上記の範囲にある場合、半導体膜の面内の温度勾配を十分に緩やかにすることができる。

【００４０】

非晶質半導体膜の厚さは、例えば１０ｎｍ以上２００ｎｍ以下であることが好ましい。非晶質半導体膜の厚さが上記の範囲内にあれば、結晶化工程で半導体膜にエネルギー付与を行う際に、半導体膜にエネルギーが十分に吸収されて、容易に溶融する。また、半導体膜を溶融するために、過大なエネルギーが必要とされることがないため、安定して溶融可能であり、また、半導体膜面内に緩やかな温度勾配を容易に形成できる。

【００４１】

本発明の結晶質半導体膜の製造方法で、半導体膜に対するエネルギー付与は、例えばパル

ス状のレーザビームを照射することによって行われる。レーザビームには、例えば波長４００ｎｍ以下、エネルギー密度が２５０ｍＪ／ｃｍ^2 以上５００ｍＪ／ｃｍ^2 以下のパルスレーザ光が好適に利用される。レーザビームのエネルギー密度が上記の範囲内である場合、半導体膜を十分に溶融でき、半導体膜の一部に飛散が生じることもない。

【００４２】

以下の説明では、パルスレーザビームを用いて半導体膜にエネルギーを付与する例を示すが、これに限られず、他の光源（例えば紫外線ランプ）や荷電粒子ビーム（例えば電子線）などを用いることもできる。

【００４３】

結晶化工程（ｂ）は、横方向成長工程を包含することが好ましい。横方向成長工程において、半導体膜に対するエネルギーを付与は、パルスレーザビームを所定の方向にステップ走査することによって実行されることが好ましい。以下、図２（ｂ）～（ｄ）を参照しながら、横方向成長工程を具体的に説明する。図２（ｂ）～（ｄ）は、第１および第２絶縁膜、ならびに非晶質状態にある半導体膜が形成された基板の上面図であり、横方向成長工程を説明するための模式図である。

【００４４】

横方向成長工程は、例えば、下記の第１～第３結晶化工程を包含する。

【００４５】

まず、図２（ｂ）に示すように第１結晶化工程で、半導体膜３の第１領域５０Ａにエネルギーを付与することによって、第１領域５０Ａに結晶粒を形成する。

【００４６】

第１結晶化工程の後、第２結晶化工程で図２（ｃ）に示すように、第１領域５０Ａから所定の方向６に第１の距離Ｐだけ離間した第２領域５０Ｂにエネルギーを付与することによって、上記結晶粒を所定の方向に成長させる。ここで、第１の距離Ｐ（第１領域５０Ａと第１領域５０ｂとの離間距離。以下、走査ピッチと称する場合がある。）は、第１結晶化工程によって形成された結晶粒の上記所定の方向６の長さよりも短くなるように設定される。

【００４７】

第２結晶化工程の後、第３結晶化工程で、第２領域５０Ｂから上記所定の方向６に向かって第２の距離（例えば第１の距離と等しいＰ）だけ離間した複数の領域５０Ｃ、５０Ｄ、５０Ｅ・・・のそれぞれに、第２領域５０Ｂから所定の方向６に向かって順次、エネルギーを付与することによって、上記結晶粒を上記所定の方向６にさらに成長させる。

【００４８】

以上説明した第１～第３結晶化工程が横方向成長工程に含まれる。

【００４９】

本発明の製造方法では一回のレーザ照射による結晶成長距離を特許文献１よりも大きくできるので、特許文献１の結晶化工程に横方向成長を適用した場合よりも走査ピッチを拡大し、レーザショット数を低減できるという効果が得られる。

【００５０】

なお、結晶化工程は、横方向成長工程を含むものに限定されることはない。本発明の製造方法では一回のレーザ照射による結晶成長距離を特許文献１よりも大きくできるので、一回のレーザ照射による結晶成長距離で十分な場合には、結晶質半導体膜を複数回レーザ照射する必要はなく、所望の位置に十分大きな結晶粒を形成できる。

【００５１】

本発明の製造方法では、基板（または基板上に配置された下地絶縁膜）の熱伝導率Ｗ０よりも高い熱伝導率を有する第１および第２絶縁膜によって両面が挟まれた半導体膜が、基板（または基板上に配置された下地絶縁膜）上に配置されていれば、例えば基板と第１絶縁膜との間に、更なる絶縁膜を設けても良い。更なる絶縁膜（第３絶縁膜）は、例えば第１絶縁膜の熱伝導率Ｗ１よりも小さい熱伝導率Ｗ３（Ｗ３＜Ｗ１）を有する。さらに、熱伝導率Ｗ３は、第２絶縁膜の熱伝導率Ｗ２よりも小さい（Ｗ３＜Ｗ２）。第３絶縁膜を設

けることにより、基板への熱拡散を防ぎ、半導体膜の溶融時間をより長くすることができるため、結晶成長距離をより大きくし、結晶粒の大きい結晶質半導体膜を得ることができる。

【００５２】

本発明の結晶質半導体膜を用いて半導体装置を構成すれば、特許文献１の結晶質半導体膜を用いた場合に比べて、キャリアの移動度が高く、しきい値電圧の低い、高性能な半導体装置を得ることができる。従って、例えば本発明の結晶質半導体膜を用いてトランジスタを作製することによって、従来よりも高性能なトランジスタを得ることができる。また、１枚の結晶質半導体膜を用いて、特性のばらつきが抑制された、高性能な半導体素子を高密度で作製することができる。この結晶質半導体膜は、例えば表示装置に好適に利用される。例えば、この結晶質半導体膜は、アクティブマトリクス型液晶表示装置の画素ＴＦＴや、駆動回路のＴＦＴを作製するのに好適に用いられる。

【００５３】

以下、珪素（シリコン）膜を例に本発明の実施形態を説明する。なお、本発明は、珪素膜に限らず、ゲルマニウム、またはガリウムなどを含む様々な半導体膜（例えばＳｉＧｅ膜やＧａＡｓ膜、ＧａＰ膜、ＩｎＰ膜など）に広く適用することができる。

【００５４】

（実施形態１）

以下、図１および図２を参照しながら本実施形態１の結晶質珪素膜の製造方法を説明する。

【００５５】

まず、図１（ａ）に示すように、基板１にＴＥＯＳ（テトラエトキシシラン）ガスおよびO_3ガスを用いたプラズマＣＶＤ法により、厚さ２００ｎｍのSiO_2膜２（熱伝導率１．４Ｗ／ｍ・Ｋ）を形成する。基板１には、例えばガラス基板（熱伝導率１／ｍ・Ｋ以下）または、石英基板（熱伝導率１．４Ｗ／ｍ・Ｋ）などの絶縁性の表面を有する基板が用いられる。あるいは、基板１にシリコンウェハを用いてもよい。

【００５６】

ガラス基板または石英基板は熱伝導率が十分に低いため、基板１にガラス基板または石英基板を用いる場合には、SiO_2膜２を省略してもよい。ただし、基板１にガラス基板を用いる場合にSiO_2膜２を設ければ、ガラス基板の表面から発生する不純物による汚染を抑制できるという効果が得られる。一方、シリコンウェハは、例えばガラス基板または石英基板に比べて熱伝導率が極めて高いため、基板１にシリコンウェハを用いる場合には、シリコンウェハの表面に熱伝導率の低いSiO_2膜２を設けることによって、基板１にガラス基板または石英基板を用いる場合と同様の作用効果が得られる。なお、基板１の表面に形成される絶縁膜はSiO_2膜２に限られず、例えば約５Ｗ／ｍ・Ｋ以下の熱伝導率を有する絶縁膜が好適に用いられる。

【００５７】

SiO_2膜２を形成した後、図１（ｂ）に示すように、プラズマＣＶＤ法により、SiO_2膜２の上に厚さ１００ｎｍのＳｉＮ膜３を形成する。ＳｉＮ膜３の熱伝導率は約２０Ｗ／ｍ・Ｋである。ＳｉＮ膜３を形成した後、図１（ｃ）に示すように、減圧ＣＶＤ法により、ＳｉＮ膜３の上にSi_2H_6ガスを用いて厚さ５０ｎｍの非晶質珪素膜４を形成する。非晶質珪素膜４を形成した後、図１（ｄ）に示すように、プラズマＣＶＤ法により、非晶質珪素膜４を覆うように厚さ１００ｎｍのＳｉＮ膜５を形成する。

【００５８】

以上、図１（ａ）～（ｄ）に示した工程により、SiO_2膜２上（またはSiO_2膜２が省略された場合には基板上）に、SiO_2膜２（または基板）の熱伝導率よりも高い一対の絶縁膜２および４によって両面が覆われた非晶質珪素膜４が設けられる。

【００５９】

なお、本実施形態では、非晶質珪素膜４の両面を覆う絶縁膜２および４としてＳｉＮ膜を用いたが、これに限られず、窒化珪素化合物、窒化酸化珪素化合物、酸化アルミニウム化

合物および窒化アルミニウム化合物のうち、少なくともいずれか一つを含む膜を用いても同様の効果が得られる。

【００６０】

次に、絶縁膜２、３、５および珪素膜４が積層された基板１に、図２（ａ）に示すように、基板１の上側からレーザ照射を行う。本実施形態では、長方形状のビームプロファイルを有するエキシマレーザ（波長：４００ｎｍ、エネルギー密度：４００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いた。上記長方形状のビームプロファイルは、例えばスリットを用いて形成され、短辺の長さは２μｍ、長辺の長さは一般に基板のサイズに応じて設定され、例えば数１００ｍｍのオーダーである。

【００６１】

また本実施形態では、レーザビーム７を、図２（ｂ）～（ｄ）に示すように、第１領域５０Ａから所定の方向６に所定の距離Ｐずつステップ走査した。このステップ走査により、第１領域５０Ａから上記所定の距離Ｐずつ離間した領域５０Ｂ、５０Ｃ、５０Ｄ、１０Ｅ・・・のそれぞれに、順次、レーザビーム７が照射され、横方向（方向６）に結晶粒を成長させた。なお、本実施形態ではピッチＰを１μｍと設定した。

【００６２】

ここで、エキシマレーザの照射によってエネルギーが選択的に非晶質珪素膜４に付与され、溶融する。このとき、非晶質珪素膜４中に、レーザビーム７のエネルギー密度分布９に依存して温度分布が形成される。

【００６３】

図３は、エキシマレーザの有するエネルギー密度分布９（レーザビームの短辺方向に対する）を示す。図４（ａ）は、特許文献１の製造方法を用いてレーザ照射した場合の非晶質珪素膜中の温度分布１１ａ（レーザ照射時）および１１ｂ（レーザ照射からＴ秒後）を示すグラフであり、（ｂ）は、本実施形態１の製造方法を用いてレーザ照射した場合の非晶質珪素膜４中の温度分布１０ａ（レーザ照射時）および１０ｂ（レーザ照射からＴ秒後）を示すグラフである。ただし、図４は原理を説明するための模式図であり、実際には、様々な影響によって滑らかな放物線が得られない場合がある。

【００６４】

本実施形態１の製造方法を用いてレーザ照射した場合、非晶質珪素膜４の両側にSiO_2膜２（または基板１）の熱伝導率よりも高い一対のＳｉＮ膜３および５が設けられているので、珪素膜４の両面からそれぞれ、ＳｉＮ膜３および５に効果的に熱が拡散する。このため珪素膜４は、直接レーザ照射された領域を超えて、レーザ照射された領域の周囲まで溶融される。従って、図４（ｂ）の温度分布のグラフ１０ａに示すように、レーザビーム７の短辺の長さ８（エキシマレーザの移動方向のレーザ幅）を超えた領域で温度上昇が生じる。また、レーザ照射による溶融面積がレーザ照射面積よりも大きいので、図４（ｂ）の温度分布のグラフ１０ｂに示すように、レーザ照射からＴ秒経過後に、レーザ幅の端部（レーザの中心からレーザの幅方向に例えば距離Ｐだけ離れたＡ点）を溶融したままの状態にできる。

【００６５】

これに対して、特許文献１の製造方法を用いてレーザ照射した場合、非晶質珪素膜４の両側に熱伝導率のきわめて小さい保温層が配置されているので、レーザ照射された非晶質珪素膜４の領域は熱拡散しにくく、珪素膜は、直接レーザ照射された領域とほぼ同一の領域のみが溶融される。従って、図４（ａ）の温度分布のグラフ１１ａに示すように、温度上昇が生じる珪素膜面内の領域の横幅は、珪素膜面内における、レーザビーム７の短辺の長さ８以下である。また、レーザ照射による溶融面積がレーザ照射面積と同程度で、実施形態１よりも小さいため、図４（ｂ）の温度分布のグラフ１０ｂに示すように、レーザ照射からＴ秒経過後、レーザ幅の端部（レーザの中心からレーザの幅方向に例えば距離Ｐだけ離れたＡ点）は、既に固化状態になる。

【００６６】

図４（ａ）と図４（ｂ）とを比較して分かるように、本実施形態１の製造方法では、レー

ザ照射による珪素膜４面内の温度勾配を特許文献１の製造方法よりも緩やかにできる。従って、特許文献１の製造方法を用いた場合に比べて、結晶成長距離をより大きくし、結晶粒の大きい半導体薄膜が得られる。また、本実施形態の製造方法では、レーザ照射領域の端部における珪素膜４の溶融時間を特許文献１の製造方法よりも長くすることができるので、レーザビームの走査ピッチを拡大することができ、レーザショット数の低減も可能になる。

【００６７】

（実施形態２）

本実施形態２は、珪素膜４とＳｉＮ膜３との間に、さらなる絶縁膜（SiO_2膜）２０が配置されている点で、実施形態１と異なる。本実施形態２では、上記SiO_2膜２０を配置することにより、珪素膜４とＳｉＮ膜３とを直接接触させる場合に比べて、珪素膜４面上の界面準位密度を低減できる。以下、図５を参照しながら本実施形態２の結晶質珪素膜の製造方法を説明する。なお、実施形態１と同様の工程については、説明を省略する。

【００６８】

実施形態１と同様に、図５（ａ）に示すように、基板１に厚さ２００ｎｍのSiO_2膜２（熱伝導率１．４Ｗ／ｍ・Ｋ）を形成する。基板１には、ガラス基板または、石英基板などの絶縁性の表面を有する基板が用いられる。あるいは、シリコンウェハを用いてもよい。基板１にガラス基板または石英基板を用いる場合には、SiO_2膜２を省略してもよい。

【００６９】

SiO_2膜２を形成した後、実施形態１と同様に図５（ｂ）に示すように、ＳｉＮ膜３を形成する。ＳｉＮ膜３を形成した後、プラズマＣＶＤ法によりSiO_2膜２０を１０ｎｍ形成し、このSiO_2膜２０の上に、図５（ｃ）に示すように厚さ５０ｎｍの非晶質珪素膜４を形成する。

【００７０】

珪素膜４とＳｉＮ膜３との間に、更なる絶縁膜であるSiO_2膜２０を配置することにより、珪素膜４とＳｉＮ膜３とを直接接触させる場合に比べて、珪素膜４面上の界面準位密度を低減できる。SiO_2の熱伝導率（１．４Ｗ／ｍ・Ｋ）は、ＳｉＮの熱伝導率（２０Ｗ／ｍ・Ｋ）に比べて低いが、SiO_2膜２０の膜厚を１０ｎｍ程度にすることにより、珪素膜４の面内の温度勾配に影響を与えることを抑制できる。すなわち、図８を参照して後述するが、SiO_2膜２０を配置した場合であっても実施形態１と同様に、レーザ照射後の珪素膜４の面内の温度勾配を緩やかにすることができる。

【００７１】

次に実施形態１と同様に、図５（ｄ）に示すように厚さ１００ｎｍのＳｉＮ膜５を形成する。

【００７２】

以上、図５（ａ）～（ｄ）に示した工程により、SiO_2膜２上（またはSiO_2膜２が省略された場合には基板上）に、SiO_2膜２（または基板）の熱伝導率よりも高い一対の絶縁膜２および４が上面および下面に配置された非晶質珪素膜４が設けられる。

【００７３】

なお、本実施形態では、珪素膜４の下面にSiO_2膜２０を形成したが、珪素膜４の上面にSiO_2膜２０を形成しても良いし、あるいは、珪素膜４の上面および下面の両方にSiO_2膜２０を形成しても良い。

【００７４】

次に、絶縁膜２、３、５、２０および珪素膜４が積層された基板１に、実施形態１と同様に図５（ａ）に示すように、基板１の上側からレーザ照射を行う。

【００７５】

図７は、エキシマレーザの有するエネルギー密度分布９（レーザの短辺方向に対する）を示す。図８（ａ）は、特許文献１の製造方法を用いてレーザ照射した場合の非晶質珪素膜中の温度分布１１の模式図であり、（ｂ）は、本実施形態２の製造方法を用いてレーザ照

射した場合の非晶質珪素膜４中の温度分布１０の模式図である。

【００７６】

図８（ａ）および（ｂ）に示すように、本実施形態２でも実施形態１と同様に、レーザ照射による珪素膜４面内の温度勾配を特許文献１の製造方法よりも緩やかにできる。本実施形態２では、珪素膜４とＳｉＮ膜３との間にSiO_2膜２０が設けられているが、珪素膜４の面内の温度勾配は実施形態１と同様に緩やかなままである。

【００７７】

実施形態２によっても実施形態１と同様に、特許文献１の製造方法よりも溶融時間をより長くできる。従って、特許文献１の製造方法を用いた場合に比べて、結晶成長距離をより大きくし、結晶粒の大きい半導体薄膜が得られる。また実施形態１と同様に、レーザ照射領域の端部における珪素膜４の溶融時間を特許文献１の製造方法よりも長くすることができるので、レーザビームの走査ピッチを拡大することができ、レーザショット数の低減も可能になる。

【００７８】

（実施形態３）

本実施形態３では、上述した実施形態１または実施形態２の製造方法によって得られた結晶質珪素膜を用いて作製された薄膜トランジスタ等を含む液晶ドライバや半導体メモリ、半導体論理回路等の半導体装置を作製する。図９は、実施形態３による半導体装置の製造方法を示すための断面図である。以下、図９を参照しながら、実施形態３の半導体装置の製造方法を説明する。

【００７９】

まず、例えば実施形態１の方法で結晶質珪素膜を作製し、CF_4ガスおよびCHF_3ガスを用いた反応性イオンエッチンング法（ＲＩＥ法）により、結晶質珪素膜の上層部のＳｉＮ膜５を全面除去する。この後、図９に示すように、結晶質珪素薄膜２４をCF_4ガスおよびO_2ガスを用いたＲＩＥ法でパターニングする。

【００８０】

次に、通常の薄膜トランジスタに公知の製造方法を用いて、ＴＥＯＳガスとO_3ガスを用いたプラズマＣＶＤ法によってゲートSiO_2膜２５を形成し、さらにスパッタリング法によってWSi_2／多結晶Ｓｉゲート電極２６を形成した後、CF_4ガスおよびO_2ガスを用いたＲＩＥ法で所望の形状にパターニングする。さらに、ソース・ドレインにイオンドーピング法でＰ、Ｂの注入を行い、ＴＥＯＳガスとO_3ガスを用いたプラズマＣＶＤ法によってSiO_2膜２７を形成した後、CF_4ガスとCHF_3ガスを用いたＲＩＥ法でコンタクトホールエッチングを行う。これにスパッタリング法でＡｌ配線２８を形成し、BCl_3ガスとCl_2ガスを用いたＲＩＥ法でパターニングする。次に、SiH_4ガスとNH_3ガス及びN_2ガスを用いたプラズマＣＶＤ法でＳｉＮ保護膜２９を形成し、ＳｉＮ保護膜２９の一部をCF_4ガスとCHF_3ガスを用いたＲＩＥ法で所望の形状にパターニングする。

【００８１】

以上により、薄膜トランジスタが作製される。

【００８２】

得られた薄膜トランジスタを、抵抗やキャパシタ等の半導体素子とあわせて用いることにより、液晶ドライバや半導体メモリ、半導体論理回路等の半導体装置を作製することができる。

【００８３】

（実施形態４）

実施形態４では、実施形態３と同様の方法で作製された半導体装置を利用して、液晶表示装置を作製する。図１０（ａ）および（ｂ）は、実施形態４による液晶表示装置の製造方法を説明するための模式図である。以下、図１０（ａ）および（ｂ）を参照しながら本実施形態４を説明する。

【００８４】

図１０（ａ）に示すように、実施形態３の製造方法を用いて、例えばガラス基板１上にＡｌ配線２８まで形成し、ＴＥＯＳガスおよびO_3ガスを用いたプラズマＣＶＤ法によってSiO_2膜３０を形成する。さらに、CF_4ガスとCHF_3ガスを用いたＲＩＥ法により、スルーホールを形成する。

【００８５】

次にスパッタリング法により、画素電極としてＩＴＯ膜３１を形成し、ＨＣｌおよび$FeCl_3$を用いてパターニングした後、SiH_4ガスとNH_3ガス及びN_2ガスを用いたプラズマＣＶＤ法でＳｉＮ保護膜３２を形成する。ＳｉＮ保護膜３２の上に、配向膜としてポリイミド膜３３をオフセット印刷法で形成し、ラビング処理を行う。

【００８６】

一方、図１０（ｂ）に示すように、別のガラス基板等の絶縁基板３４に赤、緑、青の各感光性樹脂薄膜が設けられたフィルムを熱圧着して転写、フォトリソグラフィー工程によるパターニングを行い、さらに赤、緑、青間のスペースにブラックマトリクス部を同様に形成して、カラーフィルタ３５を作製する。この上にスパッタリング法でＩＴＯ膜３６を形成し、さらに配向膜としてポリイミド膜３７をオフセット印刷法で形成した後、ラビング処理を行う。

【００８７】

薄膜トランジスタ等の半導体装置が形成された基板１（図１０（ａ））と、カラーフィルタ３５等が形成された基板３４（図１０（ｂ））とを、シール樹脂で貼り合わせる。貼り合わせの際、２枚の基板間のスペースを一定にするために、２枚の基板間に真球状のシリカを散布しておく。両基板間に液晶材料を注入した後、偏光板を貼り付け、周辺にドライバＩＣ等を実装して液晶表示装置が作製される。

【００８８】

【発明の効果】

本発明により、従来よりも結晶粒の大きい結晶質半導体膜、およびその製造方法が得られる。

【００８９】

本発明の結晶質半導体膜を用いることにより、キャリアの移動度が高く、しきい値電圧の低い、高性能な半導体装置を作製できる。また、本発明の結晶質半導体膜は、アクティブマトリクス型液晶表示装置の画素ＴＦＴや、駆動回路のＴＦＴを作製するのに好適に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【図１】（ａ）～（ｄ）は、実施形態１の半導体膜の製造方法を説明するための断面図である。

【図２】（ａ）～（ｄ）は、実施形態１の半導体薄膜の製造方法を説明するための模式図である。

【図３】エキシマレーザのエネルギー分布を示す模式図である。

【図４】（ａ）は従来の珪素膜中の温度分布を示す模式図であり、（ｂ）は、本実施形態１の珪素膜中の温度分布を示す模式図である。

【図５】（ａ）～（ｄ）は、実施形態２の半導体膜の製造方法を説明するための断面図である。

【図６】実施形態２の半導体薄膜の製造方法を説明するための模式図である。

【図７】エキシマレーザのエネルギー分布を示す模式図である。

【図８】（ａ）は従来の珪素膜中の温度分布を示す模式図であり、（ｂ）は、本実施形態２の珪素膜中の温度分布を示す模式図である。

【図９】実施形態３による半導体装置の製造方法を示すための断面図である。

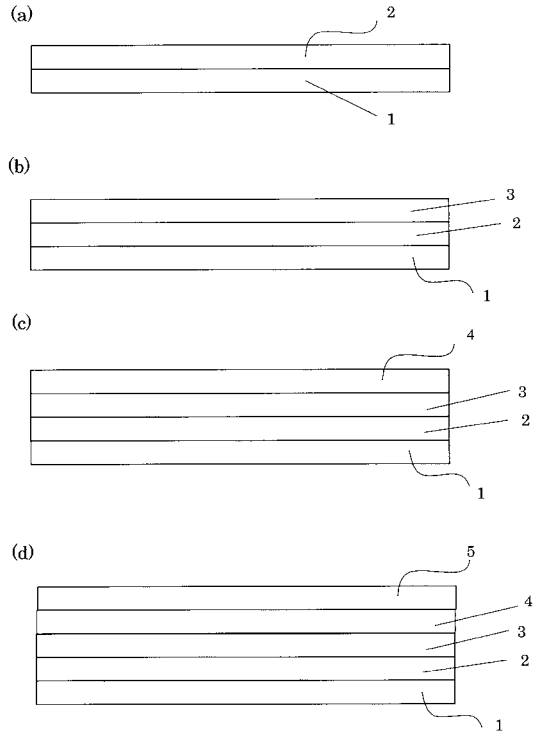
【図１０】（ａ）及び（ｂ）は、実施形態４による液晶表示装置の製造方法を示すための断面図である。

【符号の説明】

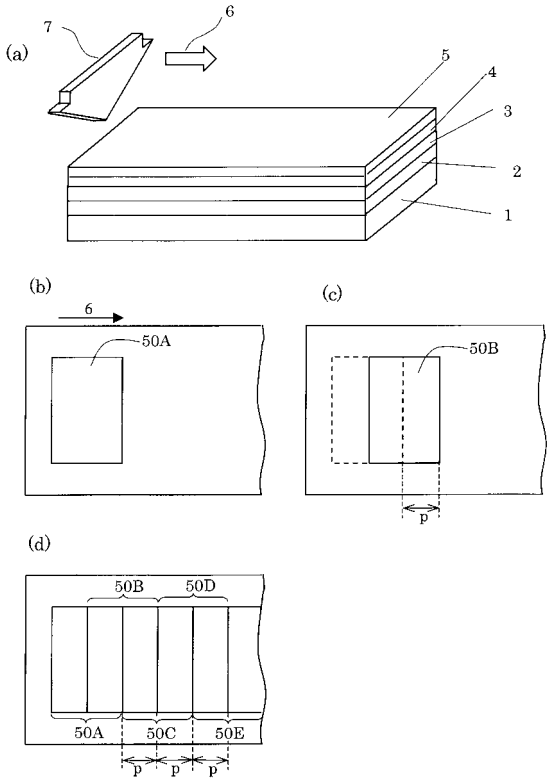
１　基板

２　SiO_2膜
３　ＳｉＮ膜
４　非晶質珪素膜
５　ＳｉＮ膜
６　所定の方向
７　レーザビーム
８　レーザビームの短辺の長さ
９　エキシマレーザのエネルギー密度分布
１０　実施形態の非晶質珪素膜中の温度分布（レーザ照射時）
１０ａ　実施形態の非晶質珪素膜中の温度分布（レーザ照射時）
１０ｂ　実施形態の非晶質珪素膜中の温度分布（レーザ照射Ｔ秒後）
１１　特許文献１の非晶質珪素膜中の温度分布（レーザ照射時）
１１ａ　特許文献１の非晶質珪素膜中の温度分布（レーザ照射時）
１１ｂ　特許文献１の非晶質珪素膜中の温度分布（レーザ照射Ｔ秒後）
２０　SiO_2膜
２４　結晶質珪素膜
２５　ゲートSiO_2膜
２６　ゲート電極
２８　Ａｌ配線
２９　ＳｉＮ保護膜
３１　ＩＴＯ膜
３２　ＳｉＮ保護膜
３３　ポリイミド膜
３５　カラーフィルタ
３６　ＩＴＯ膜
３７　ポリイミド膜

【図１】



【図２】



【図３】

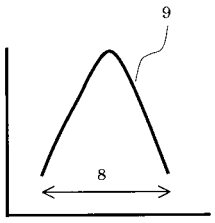
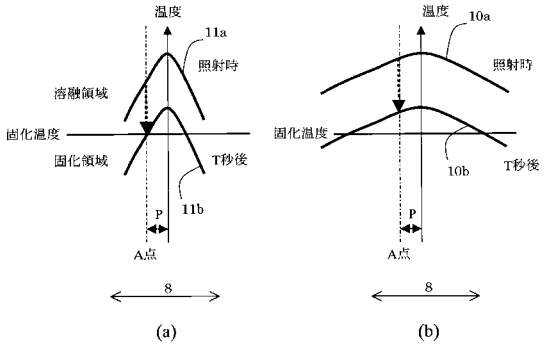
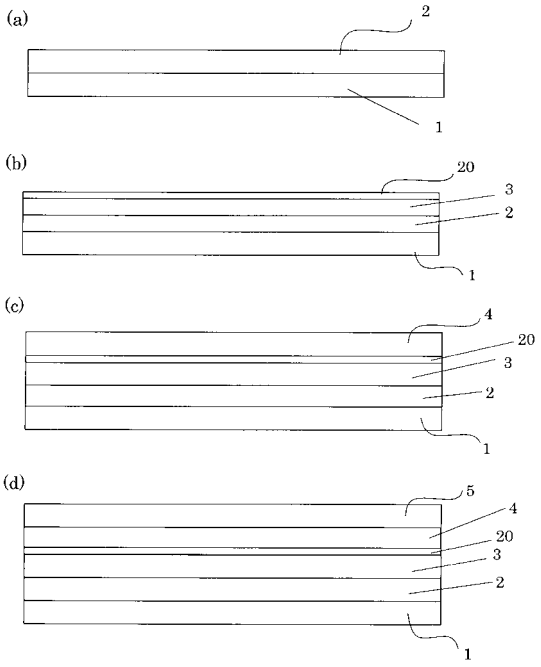


図3

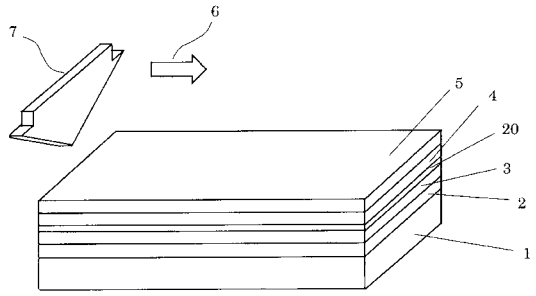
【図４】



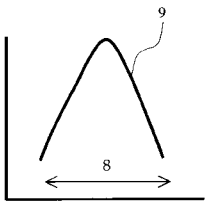
【図５】



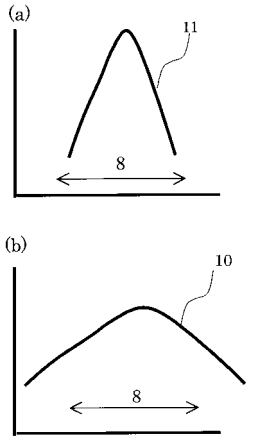
【図６】



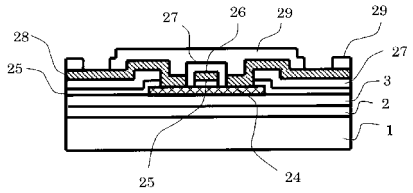
【図７】



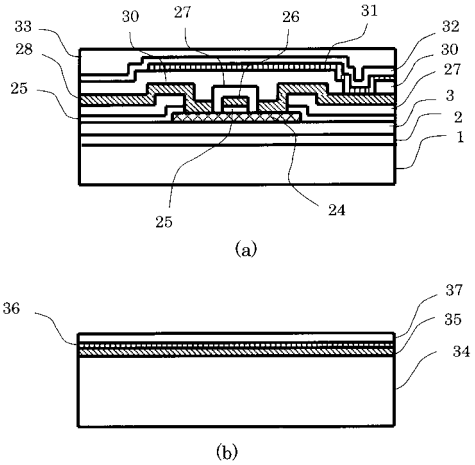
【図８】



【図９】



【図１０】



フロントページの続き

Ｆターム(参考) 5F052 AA02 BA07 BA12 BB07 DA02 DA03 DA04 DA05 DB02 EA02
EA12 FA19 JA01 JA07
5F110 AA01 BB02 BB03 BB05 CC02 DD02 DD03 DD05 DD06 DD12
DD13 DD14 DD15 DD17 EE05 EE09 EE14 EE44 FF02 FF30
GG01 GG02 GG04 GG13 GG25 GG47 HJ01 HJ12 HL03 HL23
NN03 NN23 NN24 NN35 NN72 PP02 PP03 PP04 PP05 PP06
PP08 PP31