

(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2004-158845  
(P2004-158845A)

(43) 公開日 平成16年6月3日(2004. 6. 3)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/20	H O 1 L 21/20	3 K O O 7
H O 1 L 21/322	H O 1 L 21/322 P	5 F O 5 2
H O 1 L 21/336	H O 5 B 33/10	5 F 1 1 O
H O 1 L 29/786	H O 5 B 33/14 A	
H O 5 B 33/10	H O 1 L 29/78 6 2 7 G	
審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2003-355837 (P2003-355837)	(71) 出願人 000153878
(22) 出願日 平成15年10月16日 (2003. 10. 16)	株式会社半導体エネルギー研究所
(31) 優先権主張番号 特願2002-303659 (P2002-303659)	神奈川県厚木市長谷398番地
(32) 優先日 平成14年10月17日 (2002. 10. 17)	(72) 発明者 前川 慎志
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
	Fターム(参考) 3K007 AB06 AB17 BA06 DB03 FA00 GA00
	5F052 AA02 AA11 BA04 BA07 BA20 BB02 BB05 BB07 DA02 DA03 DB03 EA15 EA16 FA06 FA19 HA01 JA01 JA04 JA06 JA07 JA10
	最終頁に続く

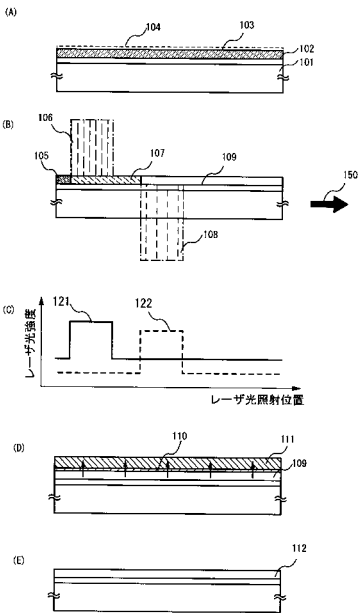
(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【課題】金属元素を用いて結晶化された半導体膜を有する半導体装置に対し、半導体膜の結晶欠陥を低減する技術、また、不純物金属元素を効果的に除去して結晶性の高い半導体膜を形成する技術を目的とする。

【解決手段】透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、金属元素を用いて該非晶質半導体膜を結晶化し、第1のレーザ光を基板表面から照射して結晶性半導体膜を部分的に熔融させ結晶化させた後、基板の裏面から結晶性半導体膜に第2のレーザ光を照射する。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 2】

透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を溶融し結晶化した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を溶融し再結晶化させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

## 【請求項 3】

透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を溶融し結晶化した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜の欠陥を低減することを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 4】

透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱して結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面に第 1 のレーザ光を照射した後、前記基板を透過する第 2 のレーザ光を照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

20

## 【請求項 5】

透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱して結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面に第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を溶融し結晶化した後、前記基板を透過する第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を溶融し結晶化させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 6】

透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱して結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を溶融し結晶化した後、前記基板を透過する第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜の欠陥を低減することを特徴とする半導体装置の作製方法。

30

## 【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、前記第 1 のレーザ光はパルス発振で波長域が可視から真空紫外であるレーザ光であり、かつ前記第 2 のレーザ光はパルス発振または連続発振で波長域が可視から真空紫外であるレーザ光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項において、前記第 1 のレーザ光は、気体レーザ、固体レーザ又は金属レーザから照射されるレーザ光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

40

## 【請求項 9】

請求項 8 において、前記気体レーザは、エキシマレーザであり、前記固体レーザは、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、又は Ti : サファイヤレーザであり、前記金属レーザは、銅蒸気レーザ、または金蒸気レーザであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 10】

請求項 8 において、前記固体レーザから照射されるレーザ光は、YAG レーザ、YVO<sub>4</sub> レーザ、又は YLF レーザの第 2 高調波～第 4 高調波であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

50

## 【請求項 1 1】

請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれか一項において、前記第 2 のレーザ光は、気体、固体又は金属のレーザから照射されるレーザ光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 1 2】

請求項 1 1 において、前記気体レーザは、エキシマレーザ、A r レーザ、又は H e - N e レーザであり、前記固体レーザは、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、又は T i : サファイヤレーザであり、前記金属レーザは、ヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、または金蒸気レーザであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 1 3】

請求項 1 1 において、前記固体レーザから照射されるレーザ光は、Y A G レーザ、Y V O<sub>4</sub> レーザ、又は Y L F レーザの第 2 高調波～第 4 高調波であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 1 4】

請求項 9 又は請求項 1 2 において、前記エキシマレーザは、X e C l レーザ、K r C l レーザ、A r F レーザ、K r F レーザ、又は X e F レーザであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0 0 0 1】

本発明は、透光性を有する基板上に半導体膜を形成して成る半導体素子を備えた半導体装置の作製方法に関し、結晶構造を有する半導体膜、代表的にはシリコン膜を有する半導体装置の作製方法に適用し有効な技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0 0 0 2】

近年、絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜（厚さ数～数百 n m 程度）を用いて薄膜トランジスタ（T F T）を構成し、この T F T で形成した大面積集積回路を有する半導体装置の開発が進んでいる。

## 【0 0 0 3】

従来の T F T の作製工程として、非晶質半導体膜に金属元素を添加して低温（6 0 0 度以下）且つ短時間（1～1 2 時間）で、結晶構造を有する半導体膜を形成する方法（以下、金属元素を用いた固相成長法と示す。）がある。（特許文献 1）。

## 【0 0 0 4】

また、金属元素を用いた固相成長法の後、レーザ光を照射して（以下、レーザアニール法と示す。）結晶構造を有する半導体膜を作製する方法もある。（特許文献 2）。特許文献 2 の技術により、半導体膜の結晶性が向上し、該半導体膜を有する薄膜トランジスタの電気特性が向上している。

【特許文献 1】特開平 7 - 1 3 0 6 5 2 号公報（第 5～7 頁、第 6 図）

【特許文献 2】特開平 7 - 1 6 1 6 3 4 号公報（第 7～8 頁、第 3 図）

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0 0 0 5】

特許文献 1 の技術を用いて作製した結晶性半導体膜と、特許文献 2 の技術を用いて作製した結晶性半導体膜とでは、半導体膜中の金属元素の濃度が異なることが分かっている。

## 【0 0 0 6】

図 6 は、全反射蛍光 X 線分光（T X R F ; Total Reflection X-ray Fluorescence Spectroscopy）によって、結晶性シリコン膜中のニッケル元素を除去した後のシリコン元素濃度に対するニッケル元素濃度の比を表したものである。試料 A は、特許文献 1 の技術（

10

20

30

40

50

金属元素を用いた固相成長法)により作製した結晶性シリコン膜、試料Bは、特許文献2の技術(金属元素を用いた固相成長法及びレーザアニール法)により作製した結晶性シリコン膜の測定結果を示す。図6から、特許文献2の技術で作製した結晶性シリコン膜(試料B)は、膜中のニッケル元素の濃度、即ち金属元素の濃度が低下していることから、該技術により低温且つ短時間の処理工程により、オフ電流を低下し、かつ低消費電力のTFTを作製することを可能とした。

【0007】

一方、本発明者らにより、特許文献2の技術を用いて作製した結晶性半導体膜、即ち非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱した後、レーザ光を照射して作製した結晶性半導体膜は、基板、又は基板からの不純物をブロッキングするための絶縁膜付近に、歪、すなわち結晶欠陥が生じていることが分かった。 10

【0008】

図5(A)は、エキシマレーザ光を照射して得た結晶性半導体膜の断面のTEM図である。一方、図5(B)は、この模式図である。図5(A)および図5(B)において、領域\*1は結晶性半導体膜を、領域\*3はブロッキング膜である窒化酸化シリコン膜を、領域\*1の上層(図5(B)の領域\*4)は、保護膜である非晶質シリコン膜を、領域\*2及び、領域\*2aは、それぞれ結晶性シリコン膜の欠陥部分を示している。

【0009】

エキシマレーザ光を用いたレーザアニール法では、半導体膜、代表的にはシリコン膜全体が完全に溶融しないため、このような結晶欠陥が生じると考える。この欠陥部分を有する半導体膜をTFTに用いた場合、TFTの電気特性に影響を及ぼす。すなわち、結晶欠陥などに起因する結晶粒界におけるポテンシャル準位の影響により、キャリアの移動が低下する原因となる。このため、半導体膜中の結晶欠陥を低減すれば、特許文献2の技術で作製したTFTのオン電流の向上、移動度の向上、S値低減することができ、この結果TFTの電気特性をさらに改善することが可能と考える。 20

【0010】

また、金属元素は、結晶質部分よりも非晶質部分において、固溶度が高いことが知られている。結晶欠陥部分は、結晶性が低いので、結晶欠陥部分において、金属元素が偏析しやすいと予想される。このことから、半導体膜の結晶欠陥を低減し、該欠陥部分に偏析する残留金属元素の濃度を低減することにより、同様にTFTの電気特性を改善することができると考える。 30

【0011】

本発明は、上記問題点を鑑みなされたものであり、半導体膜を有する半導体装置に対し、半導体膜の結晶欠陥を低減する技術、また、金属元素を効果的に除去して、結晶性の高い半導体膜を形成する技術、並びにそれを用いて高性能を実現する半導体素子(薄膜トランジスタ、薄膜ダイオード、光電変換素子、又は抵抗素子)を作製することを目的とする。さらには、優れた半導体膜を用いたTFTを構成素子とする大面積集積回路を有する半導体装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の要旨は、透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、該半導体膜に金属元素を添加し加熱した後、レーザ光を照射して結晶性半導体膜を有する薄膜素子を作製する工程において、第1のレーザ光を照射した側と反対側から、第2のレーザ光を照射するものである。なお、第1のレーザ光は、基板の表面側、すなわち半導体膜が形成されている側から照射するものであり、第2のレーザ光は基板の裏面側、すなわち、基板側から基板を介して半導体膜にレーザ光を照射するものである。 40

【0013】

本発明の要旨は、透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、該半導体膜に金属元素を添加し加熱した後、レーザ光を照射して結晶性半導体膜を有する薄膜素子を作製する工程において、第1のレーザ光を照射して半導体膜を部分的に溶融させ結晶化させた後 50

、基板の裏面から、半導体膜に第2のレーザー光を照射するものである。

【0014】

金属元素を用いた固相成長法及びレーザーアニール法によって形成される結晶性半導体膜には、半導体膜とブロッキング膜の間、即ち基板側の半導体膜に結晶欠陥が形成される。第2のレーザー光を基板裏面より照射することにより、結晶欠部分域にダイレクトにレーザー光を照射することができる。このため、効率よく結晶欠陥部分にレーザー光を照射することができ、結晶欠陥の少ない結晶性半導体膜を形成することができる。

【0015】

すなわち、欠陥を有する結晶性半導体膜に、基板の裏側から第2のレーザー光を照射することにより、欠陥を有する結晶性半導体膜の部分を溶融させた後、結晶化させるため、結晶欠陥を低減させることができる。

10

【0016】

さらに、結晶欠陥部分に偏析した金属元素を効率よく除去することができ、従来の方法で作製していたTFETにもまして、電気特性を向上させることができる。

【0017】

本発明に用いる基板には、透光性を有するものであり、代表的には、ガラス基板、石英基板などを用いることができる。前記ガラス基板として、バリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板が挙げられる。

【0018】

本発明に用いる第1のレーザー光には、気体レーザー、固体レーザーまたは金属レーザーから照射されたパルス発振のレーザー光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザー光を用いる。気体レーザー、固体レーザーまたは金属レーザーから照射され、かつ波長域が可視から真空紫外であるパルス発振のレーザー光の代表例は、XeCl、KrCl、ArF、KrF、XeFなどのエキシマレーザーから照射されるレーザー光、YAGレーザー、YVO<sub>4</sub>レーザー、YLFレーザーなど固体レーザーの第2高調波～第4高調波、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライトレーザー、Ti：サファイヤレーザー等の固体レーザーから照射されるレーザー光、銅蒸気レーザー、金蒸気レーザー等の金属レーザーから照射されるレーザー光を用いる。また、第1のレーザー光は、当該レーザーを光源とするレーザー光を光学系にて線状、楕円状、又は面状に集光して照射する。

20

【0019】

本発明に用いる第2のレーザー光には、気体レーザー、固体のレーザー又は金属レーザーから照射されたパルス発振又は連続発振のレーザー光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザー光を用いる。気体レーザー、固体レーザーまたは金属レーザーから照射され、かつ波長域が可視から真空紫外であるパルス発振のレーザー光又は連続発振のレーザー光の代表例は、パルス発振のXeCl、KrCl、ArF、KrF、XeFなどのエキシマレーザーから照射されるレーザー光、連続発振のArレーザー、Krレーザーなどの気体レーザーから照射されるレーザー光、パルス発振又は連続発振のYAGレーザー、YVO<sub>4</sub>レーザー、YLFレーザーなど固体レーザーの第2高調波～第4高調波、或いはガラスレーザー（パルス）、ルビーレーザー（パルス）、アレキサンドライトレーザー、Ti：サファイヤレーザー等の固体レーザーから照射される連続発振のレーザー光、ヘリウムカドミウムレーザーから照射される連続発振のレーザー光、銅蒸気レーザー、金蒸気レーザー等の金属レーザーから照射されるパルス発振のレーザー光を用いる。また、第2のレーザー光は、当該レーザー発振器を光源とするレーザー光を光学系にて線状、楕円状、又は面状に集光して照射する。

30

40

【0020】

なお、第2のレーザー光において、波長域が紫外～真空紫外のレーザー光、代表的には、パルス発振のXeCl、KrCl、ArF、KrF、XeFなどのエキシマレーザーから照射されるレーザー光、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライトレーザー、Ti：サファイヤレーザー等の固体レーザーから照射されるパルス発振のレーザー光、銅蒸気レーザー、金蒸気レーザー等の金属レーザーから照射されるパルス発振のレーザー光、またはパルス発振又は連続発振のYAGレーザー、YVO<sub>4</sub>レーザー、YLFレーザーなど固体レーザーの第3高調波又は

50

第 4 高調波は、透光性を有する基板を透過する過程でエネルギー密度が減衰するが、第 1 絶縁膜と結晶性半導体膜との界面で形成された欠陥を熔融させ、再結晶させるには十分なエネルギー密度を有している。

【 0 0 2 1 】

このような本発明の要旨に基づく本発明の半導体装置の作製方法は、以下に示す構成を包含することができる。

【 0 0 2 2 】

本発明は、透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

10

【 0 0 2 3 】

また、本発明は、透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を熔融し結晶化した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を熔融し再結晶化させることを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【 0 0 2 4 】

また、本発明は、透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を熔融し結晶化した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜の欠陥を低減することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

20

【 0 0 2 5 】

また、本発明は、透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱して結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面に第 1 のレーザ光を照射した後、前記基板を透過する第 2 のレーザ光を照射することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【 0 0 2 6 】

また、本発明は、透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱して結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面に第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を熔融し結晶化した後、前記基板を透過する第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を熔融し結晶化させることを特徴とする半導体装置の作製方法である。

30

【 0 0 2 7 】

また、本発明は、透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱して結晶性半導体膜を形成した後、前記半結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を熔融し結晶化した後、前記基板を透過する第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜の欠陥を低減することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【 0 0 2 8 】

前記第 1 のレーザ光はパルス発振で波長域が可視から真空紫外であるレーザ光であり、かつ前記第 2 のレーザ光はパルス発振または連続発振で波長域が可視から真空紫外であるレーザ光である。

40

【 0 0 2 9 】

また、前記第 1 のレーザ光は、気体レーザ、固体レーザ又は金属レーザから照射されるレーザ光であり、前記気体レーザは、エキシマレーザであり、前記固体レーザは、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、又は Ti : サファイヤレーザであり、前記金属レーザは、銅蒸気レーザ、または金蒸気レーザである。また、前記固体レーザから照射されるレーザ光としては、YAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、又は YLFレーザの第 2 高調波～第 4 高調波が挙げられる。

前記第 2 のレーザ光は、気体、固体又は金属のレーザから照射されるレーザ光である。前記気体レーザは、エキシマレーザ、Arレーザ、又は He - Neレーザであり、前記固体

50

レーザは、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、又はTi：サファイヤレーザであり、前記金属レーザは、ヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、または金蒸気レーザである。また、前記固体レーザから照射されるレーザ光としては、YAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、又はYLFレーザの第2高調波～第4高調波が挙げられる。

【0030】

なお、前記エキシマレーザは、XeClレーザ、KrClレーザ、ArFレーザ、KrFレーザ、又はXeFレーザである。

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、金属元素を用いた固相成長法により形成した結晶性半導体膜の表面から第1のレーザ光、代表的には、気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射されたパルス発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を照射した後、半導体膜の裏面から第2のレーザ光、代表的には、気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射されたパルス発振のレーザ光または連続発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を照射することで、半導体膜中の欠陥及び金属元素濃度を低減することができる。

【0032】

本発明により、結晶性半導体膜の欠陥を低減することができるため、半導体膜のS値が低減され、低電圧においても高速動作が可能なTFTを作製することができる。また、残留金属元素を低減することができるため、オフ電流を低減することが可能であり、低消費電力のTFTを作製することができる。すなわち、従来の技術で作製したTFTの電気特性を更に改善することが可能である。

【0033】

更に、本発明により作製したアクティブマトリクス基板を有する液晶モジュールまたはELモジュールを電子機器の表示部に用いることにより高精細な表示が可能な電子機器を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

上記本発明に係る結晶性半導体膜の作製方法を用いたTFTの作製方法について、以下に図面を用いて詳細に説明する。

(第1実施形態)

透光性を有する基板上に形成した非晶質シリコン膜に、第1のレーザ光を照射して結晶性シリコン膜を形成した後、第2のレーザ光を基板の裏面から照射し、結晶性半導体膜を作製する形態について図1を用いて説明する。

【0035】

まず、図1(A)で示すように、ガラス基板101上に酸化シリコン膜、窒化シリコン膜又は酸窒化シリコン膜(SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>)等の絶縁膜からなる第1絶縁層102を形成する

次に、第1絶縁層102上に、300度に加熱したプラズマCVD法で非晶質シリコン膜103を形成する。このときの膜厚は、20～60nmである。この膜の厚さの上限はTFTのチャネル形成領域において完全空乏型として動作させるための上限値であり、この膜厚の下限値はプロセス上の制約であり、結晶性シリコン膜のエッチング工程において選択加工する場合に必要な最小値として決めている。一方、部分空乏型として動作させるには、非晶質シリコン膜は60nm以上の厚さ(好ましくは100～200nm)で形成する。また、非晶質シリコン膜に換えて、非晶質シリコンゲルマニウム(Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub>; x=0.001～0.05)膜を適用しても良い。こののち、非晶質シリコン膜上に、金属元素を含む溶液、代表的には、ニッケル、コバルト、白金、パラジウム等非晶質シリコンの結晶化を促進させる金属元素を含む溶液104を塗布し、500～650度で1～12時間加熱して、結晶性シリコン膜を形成する。

【0036】

次に、図1(B)に示すように、基板を150の方向に移動して、結晶性シリコン膜1

10

20

30

40

50

05に、第1のレーザ光106を照射して結晶性シリコン膜105の結晶性を高める。結晶性が高められた結晶性シリコン膜107は、結晶性シリコン膜と第1絶縁膜との界面で欠陥が生じているので、第2のレーザ光108を基板の裏面から照射し、欠陥を低減した結晶性シリコン膜109を形成する。

#### 【0037】

第1のレーザ光には、気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射されたパルス発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を用いる。気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射され、かつ波長域が可視から真空紫外であるパルス発振のレーザ光の代表例は、XeCl, KrCl, ArF、KrF、XeFなどのエキシマレーザから照射されるレーザ光、YAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、YLFレーザなど固体レーザの第2高調波～第4高調波、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、Ti:サファイヤレーザ等の固体レーザから照射されるレーザ光、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等の金属レーザから照射されるレーザ光を用いる。また、第1のレーザ光は、当該レーザを光源とするレーザ光を光学系にて線状、楕円状、又は面状に集光して照射する。本実施の形態では、基板を150の方向に移動して、レーザ光を照射しているが、基板を固定して150と反対方向へレーザ光を移動してもよい。

#### 【0038】

第2のレーザ光には、気体レーザ、固体レーザ又は金属レーザから照射されたパルス発振又は連続発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を用いる。気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射され、かつ波長域が可視から真空紫外であるパルス発振のレーザ光又は連続発振のレーザ光の代表例は、パルス発振のXeCl, KrCl, ArF、KrF、XeFなどのエキシマレーザから照射されるレーザ光、連続発振のArレーザ、Krレーザなどの気体レーザから照射されるレーザ光、パルス発振又は連続発振のYAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、YLFレーザなど固体レーザの第2高調波～第4高調波、或いはガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、Ti:サファイヤレーザ等の固体レーザから照射されるレーザ光、ヘリウムカドミウムレーザから照射される連続発振のレーザ光、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等の金属レーザから照射されるパルス発振のレーザ光を用いる。また、第2のレーザ光は、当該レーザ発振器を光源とするレーザ光を光学系にて線状、楕円状、又は面状に集光して照射する。

#### 【0039】

なお、第2のレーザ光において、波長域が紫外～真空紫外のレーザ光、代表的には、パルス発振のXeCl, KrCl, ArF、KrF、XeFなどのエキシマレーザから照射されるレーザ光、或いはパルス発振又は連続発振のYAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、YLFレーザなど固体レーザの第3高調波又は第4高調波は、透光性を有する基板を透過する過程でエネルギー密度が減衰するが、第1絶縁膜と結晶性半導体膜との界面で形成された欠陥を溶融させ、再結晶させるには十分なエネルギー密度を有している。

#### 【0040】

このときの第1のレーザ光及び第2のレーザ光のレーザ光照射位置を図1(C)に示す。本実施の形態では、第1のレーザ光の照射位置121と第2のレーザ光の照射位置122とが重なっていないが、レーザ光のエネルギー密度により、第1のレーザ光が照射されている部分において欠陥が生じている領域に対しては、第2のレーザ光を第1のレーザ光に重ねて照射してもよい。

#### 【0041】

次に、本実施の形態に用いるレーザアニール装置を図2に用いて説明する。移動台201に設置した基板202に、第1のレーザ発振器203を発振源とする第1のレーザ光204を照射する。なお、第1のレーザ光204は、第1の光学系205にて線状、楕円状、又は面状に集光されたものである。また、図2では、第1ミラー206を用いて基板に第1のレーザ光を照射しているが、この第1のミラーを用いなくともよい。

#### 【0042】

基板を移動方向250に移動し、第2のレーザ発振器207を発振源とする第2のレー

10

20

30

40

50



ザ光 208 を基板に照射する。第 2 のレーザ光 208 は、第 2 の光学系 209 にて線状、楕円状、又は面状に集光されたものである。なお、図 2 では、第 2 ミラー 210 を用いて基板にレーザ光を照射しているが、この第 2 のミラーを用いなくともよい。

【0043】

また、移動台は、第 1 のレーザ光の照射位置から第 2 のレーザ光の照射位置の方向 250 に対して垂直な方向 251、252 へ移動することにより、基板 202 の全面または所望の領域を効率良くアニールすることができる。

【0044】

さらに、移動台 201 は、裏面から照射される第 2 のレーザ光の高い透過率を得るために、例えば BK7 や石英など、透光性を有する部材を用いることが好ましい。

10

【0045】

次に、図 1 (D) に示すように、結晶性シリコン膜中に含まれる金属元素などの不純物を除去するためゲッタリングを行う。結晶化の工程で意図的に添加した金属元素を  $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  以下 (SIMS (二次イオン分析法) 測定限界以下) の濃度にまで低減する。結晶性シリコン膜 109 上にバリア層 110 を介在させて、ゲッタリング用の非晶質シリコン膜 111 を形成してゲッタリングサイトとする。バリア層には、酸化珪素を用いる。ゲッタリング用の非晶質シリコン膜 111 には、リンやボロンなどの不純物元素、又は Ar、Kr、Xe などの希ガス元素、酸素、窒素などを  $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  以上含ませて金属元素の固溶度を高める。この後、加熱処理を行って、金属元素をゲッタリング用の非晶質シリコン膜へ移動させる。加熱処理には、ランプを光源とする RTA、又は加熱された気体を用いる RTA (ガス RTA) で加熱処理を行う。或いは、ファーンেসアニール炉を用いて熱処理を行う。この熱処理により金属元素が、ゲッタリング用の非晶質シリコン膜側に偏析して、結果的に結晶性シリコン膜の高純度化をすることができる。熱処理後、ゲッタリング用の非晶質シリコン膜は  $\text{NF}_3$  や  $\text{CF}_4$  を用いたドライエッチング、 $\text{ClF}_3$  によるプラズマを用いないドライエッチング、或いはヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムハイドロオキサイド (化学式  $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ ) を含む水溶液などアルカリ溶液によるウェットエッチング等でゲッタリング用の非晶質シリコン膜を除去する。さらに、バリア層をフッ酸でエッチング除去することにより、金属元素濃度及び結晶欠陥を低減した結晶性シリコン膜 112 を形成する。

20

【0046】

なお、ゲッタリング工程は上記の手法に限定させるものではなく、公知の手法を用いることができる。

30

【0047】

こののち、公知の方法により結晶性シリコン膜を用いて、半導体素子 (薄膜トランジスタ、薄膜ダイオード、光電変換素子、又は抵抗素子等) を作製する。

【0048】

図 6 は、実施の形態 1 の工程により形成した結晶性シリコン膜中のニッケルとシリコンの濃度比を全反射蛍光 X 線分光 (TXRF; Total Reflection X-ray Fluorescence Spectroscopy) で測定した結果である。A (白丸印 ( )) は、金属元素を用いた固相成長のみで形成された結晶性シリコン膜のゲッタリング後のニッケルとシリコンの濃度比を示す。

40

【0049】

B (黒丸印 ( )) は、金属元素を用いた固相成長で形成した結晶性シリコン膜に第 1 のレーザ光である XeClエキシマレーザ光 (レーザ光の照射エネルギー:  $485 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ ) のみを照射した結晶性シリコン膜の、ゲッタリング後のニッケルとシリコンの濃度比を示す。

【0050】

C (四角印 ( ))、D (菱形印 ( ))、E (三角印 ( ))、F (逆三角印 ( )) は、それぞれ金属元素を用いた固相成長により形成した結晶性シリコン膜に、第 1 のレーザ光である XeClエキシマレーザ光 (第 1 のレーザ光の照射エネルギー:  $485 \text{ mJ} /$

50

cm<sup>2</sup>)を照射した後、裏面より第2のレーザ光であるYAGレーザ光(Cの第2のレーザ光の照射エネルギー: 100 mJ/cm<sup>2</sup>、Dの第2のレーザ光の照射エネルギー: 125 mJ/cm<sup>2</sup>、Eの第2のレーザ光の照射エネルギー: 150 mJ/cm<sup>2</sup>、Fの第2のレーザ光の照射エネルギー: 200 mJ/cm<sup>2</sup>)を照射して形成した結晶性シリコン膜の、ゲッタリング後のニッケルとシリコンの濃度比を示す。

#### 【0051】

第1のレーザ及び裏面からの第2のレーザ光の照射により形成された結晶性シリコン膜(図11の四角印( )、菱形印( )、三角印( )、逆三角印( ))のほうが、Ni/Si比のバラツキが低下しており、かつゲッタリング効率が向上していることが分かる。

10

#### 【0052】

次に、実施の形態1の工程により作製したTFTのS値を図7に示す。図7(A)は、nチャネル型TFTのS値を、図7(B)は、pチャネル型TFTのS値をそれぞれ示している。丸印( )のプロットは、基板表面から第1のレーザ光であるXeClエキシマレーザ(エネルギー密度485 mJ/cm<sup>2</sup>)光のみを照射して形成した結晶性シリコン膜を有するTFTのS値を示している。一方、四角印( )のプロットは、基板表面から、第1のレーザ光であるXeClエキシマレーザ光(エネルギー密度485 mJ/cm<sup>2</sup>)を照射した後、第2のレーザ光であるYAGレーザ光(エネルギー密度150 mJ/cm<sup>2</sup>)を基板裏面から照射して形成した結晶性シリコン膜を有するTFTのS値である。nチャネルTFT及びpチャネルTFTともに、S値が低減していることから、結晶性シリコン膜中の欠陥が減少して、結晶性が高まっていることが分かる。

20

#### 【0053】

このように、本発明により、金属元素を添加して形成した結晶性シリコン膜を用いて、欠陥が少なく、結晶性シリコン膜中の残留金属元素濃度も少ない結晶性シリコン膜を作製することができる。該結晶性シリコン膜を活性層に用いたTFTは、従来技術で作製したTFTより、更にオフ電流を低減させることができ、消費電力を抑えることができる。また、S値が低いので低電圧で高速動作が可能である。

#### (第2実施形態)

本実施の形態では、基板の表面全面に第1のレーザ光を照射した後、基板の裏面全面に第2のレーザ光を照射する工程を、図3を用いて示す。

30

#### 【0054】

図3(A)に示すように、第1の実施の形態と同様に、透光性を有する基板301上に結晶性シリコン膜302を形成し、350の方向に基板を移動しながら第1のレーザ光303を基板全面に照射して、結晶性シリコン膜304を形成する。なお、第1のレーザ光を照射した領域は、一部において欠陥が形成されている結晶性シリコン膜304である。

#### 【0055】

次に、図3(B)に示すように、351の方向に基板を移動しながら基板の裏面から第2のレーザ光305を照射して、欠陥を低減した結晶性シリコン膜306を形成する。なお、図3(B)は、第1のレーザ光を照射した後基板を裏返しして、第1のレーザ光と同じ側から第2のレーザ光を照射しているが、基板を裏返しせず、第1のレーザ光と反対側から第2のレーザ光を照射してもよい。

40

#### 【0056】

こののち、公知の方法により結晶性シリコン膜を、所望の形状にエッチングした後、ゲート絶縁膜、ゲート電極、ソース領域、ドレイン領域、チャネル形成領域を形成してTFTを作製する。

#### 【0057】

このように、本発明により、欠陥が少ない結晶性シリコン膜を活性層として有するTFTを作製することができる。すなわち、立ち上がり時間が短く、高速動作が可能なTFTを作製することが可能である。

50

## 【実施例 1】

## 【0058】

本発明の実施例を図 1 及び図 4 を用いて説明する。ここでは、本発明を用いて基板上に TFT を作製する方法について詳細に説明する。

## 【0059】

図 1 (A) に示すように、透光性を有するガラス基板 101 上に、第 1 絶縁膜 102 を形成する。第 1 絶縁膜は、単層でも積層でもよい。本実施例では、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、及び  $\text{N}_2\text{O}$  を反応ガスとしてプラズマ CVD により 400 度の基板加熱温度で成膜され窒素含有量が酸素含有量よりも多い又は同程度の第 1 酸化シリコン膜と、 $\text{SiH}_4$ 、及び  $\text{N}_2\text{O}$  を反応ガスとしてプラズマ CVD により 400 度の基板加熱温度で成膜され酸素含有量が窒素含有量よりも多い第 2 酸化シリコン膜を積層形成する。

次に、第 1 絶縁層 102 上に、300 度に加熱したプラズマ CVD 法で非晶質シリコン膜 103 を形成する。このときの膜厚は、20 ~ 60 nm である。次に、オゾン水により非晶質シリコン膜の表面に酸化膜 (図示しない) を形成する。次いで、非晶質シリコン膜上に、非晶質シリコン膜の結晶化を促進させるためにニッケルを含む溶液 (5 ppm) をスピコートして薄い金属元素膜 104 を形成し、500 度で 1 時間加熱して水素だしを行った後、500 度で 4 時間加熱し、結晶性シリコン膜を形成する。

## 【0060】

次に、図 1 (B) に示すように、結晶性シリコン膜 105 に第 1 のレーザ光 106 を照射して、結晶性シリコン膜の結晶性を向上させる。このときの、第 1 のレーザ光は、パルス発振周波数 30Hz、レーザエネルギー密度が 300 ~ 500  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  のエキシマレーザ光を用いることができる。本実施例では、485  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  のエキシマレーザ光を用いる。このとき、エキシマレーザ光を光学系にて線状に集光して照射する。

## 【0061】

次に、基板裏面から第 2 のレーザ光 108 を照射し、第 1 絶縁膜と結晶性シリコン膜との界面に形成された欠陥を有する結晶性シリコン膜 107 の欠陥を低減し、結晶性の高い結晶性シリコン膜 109 を形成する。このときの第 2 のレーザ光は、パルス発振周波数 30Hz、レーザエネルギー密度が 100 ~ 200  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  の YAG レーザ光を用いることができる。本実施例では、150  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  の YAG レーザ光を、光学系にて線状に集光して照射する。

## 【0062】

なお、レーザ光を照射したときの結晶性シリコン膜の溶融時間は 100 nsec 程度なので、第 2 のレーザ光と第 1 のレーザ光との照射間隔を 100 nsec 以上とする。このようにすることで、第 1 のレーザ光の照射により形成された欠陥を第 2 のレーザ光を照射することで低減することができる。

## 【0063】

次に、図 1 (D) に示すように、結晶性シリコン膜中に含まれる金属元素などの不純物を除去するためゲッタリングを行う。結晶化の工程で意図的に添加した金属元素を  $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$  以下 (SIMS (二次イオン分析法) 測定限界以下) の濃度にまで低減する。結晶性シリコン膜 109 上にバリア層 110 を介在させて、ゲッタリング用の非晶質シリコン膜 111 を形成してゲッタリングサイトとする。バリア層 110 には、酸化珪素を用いる。ゲッタリング用の非晶質シリコン膜 111 には、Ar を  $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$  以上含ませて金属元素の固溶度を高めた非晶質シリコン膜を用いる。この後、ファーネスアニール炉を用いて 550 度にて 4 時間の熱処理を行う。この熱処理により金属元素が、ゲッタリング用の非晶質シリコン膜側に偏析して、結果的に結晶性シリコン膜の高純度化をすることができる。熱処理後、ヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムハイドロオキシド (化学式  $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ ) を含む水溶液などアルカリ溶液によるウエットエッチングで、ゲッタリング用の非晶質シリコン膜を除去する。さらに、バリア層をフッ酸でエッチング除去する。

## 【0064】

こうして、図 1 ( E ) に示すように結晶性シリコン膜 1 1 2 を形成する。パルスレーザー光を照射した場合には、表面の平坦性が損なわれる場合がある。表面に形成された多数の凸状部をなくして平滑性を高めるため、オゾン水含有水溶液による酸化処理と、フッ酸含有水溶液による酸化膜除去処理を 1 回、好ましくは複数回繰り返す。このとき、結晶性シリコン膜の表面の凹凸形状の最大値を 1 0 nm 以下好ましくは 5 nm 以下にする。

#### 【 0 0 6 5 】

こののち、図 4 に示すように、所望の形状に結晶性シリコン膜をエッチングし、活性層 4 1 3 を形成する。次に、活性層 4 1 3 の表面をフッ酸を含むエッチャントで洗浄した後、ゲート絶縁膜 4 1 4 となるシリコンを主成分とする絶縁膜を形成する。

#### 【 0 0 6 6 】

次いで、ゲート絶縁膜表面を洗浄した後、ゲート電極 4 1 5 を形成する。本実施例では、ゲート電極は積層構造をしており、ゲート絶縁膜に接する第 1 導電膜 4 1 5 a 及び該第 1 導電膜に接する第 2 導電膜 4 1 5 b からなる。第 1 導電膜は窒化タンタル膜からなり、第 2 の導電膜は、タングステン膜からなる。ただし、ゲート電極の材料は、これに限られるものではなく、いずれもタンタル ( T a )、タングステン ( W )、チタン ( T i )、モリブデン ( M o )、アルミニウム ( A l )、銅 ( C u )、クロム ( C r )、ネオジム ( N d ) から選ばれた元素、またはこれらの元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、銀 銅 パラジウム合金 ( A g P d C u 合金 ) を用いてもよい。さらに、本実施例では、ゲート電極を積層構造としたが、これに限られるものではなく単層構造でも多層構造でもよい。なお、第 1 導電膜及び第 2 導電膜の作製工程に関しては、特開 2 0 0 1 - 3 4 5 4 5 3 号公報に開示された工程を適応すればよい。

10

20

#### 【 0 0 6 7 】

次に、半導体に n 型を付与する不純物元素 ( P、A s 等 )、ここではリンを適宜添加して、ソース領域 4 1 6、ドレイン領域 4 1 7、及び L D D 領域 4 1 8 ~ 4 2 1 を形成する。なお、L D D 領域の形成工程に関しては、特開 2 0 0 1 - 3 4 5 4 5 3 号公報に開示された工程を適応すればよい。

#### 【 0 0 6 8 】

次に、ゲート電極及びゲート絶縁膜上に第 2 絶縁膜 4 2 2 を形成した後、添加した不純物元素を活性化するために加熱処理、強光の照射、またはレーザー光の照射を行う。また、活性化と同時にゲート絶縁膜へのプラズマダメージやゲート絶縁膜と半導体膜との界面へのプラズマダメージを回復することができる。

30

#### 【 0 0 6 9 】

次に、第 1 の層間絶縁膜 4 2 3 を形成し、水素化を行って、ソース領域、ドレイン領域に達するコンタクトホールを形成し、ソース電極 4 2 4、ドレイン電極 4 2 5 を形成して T F T を完成させる。本実施例において、ソース電極 4 2 4 及びドレイン電極 4 2 5 は、膜厚 1 0 0 nm のチタン膜、膜厚 3 5 0 nm の合金膜 ( 代表的には、アルミニウムとシリコンとの合金膜 ) 及び膜厚 1 0 0 nm のチタン膜との積層膜をエッチングして形成する。なお、配線の材料としては、T i、A l と S i との合金に限らず、他の低抵抗材料を用いても良い。

#### 【 0 0 7 0 】

本実施例では、チャネル形成領域と、高濃度に不純物元素を添加して形成するソース領域またはドレイン領域との間に低濃度に不純物元素を添加した領域 ( L D D ) 4 1 8 ~ 4 2 1 を設けたものであり、かつ、ゲート絶縁膜を介して L D D 領域をゲート電極と重ねて配置させた領域 4 1 9、4 2 0 も有している。

40

#### 【 0 0 7 1 】

なお、本発明は図 4 ( E ) の構造に限定されず、L D D 領域を有さずチャネル形成領域、ドレイン領域及びソース領域からなる半導体膜としてもよい。

#### 【 0 0 7 2 】

また、ここでは n チャネル型 T F T を用いて説明したが、n 型不純物元素に代えて p 型不純物元素を用いることによって p チャネル型 T F T を形成することができることは言う

50

までもない。

【実施例 2】

【0073】

ここでは、駆動回路領域及び画素領域を有する液晶表示装置用のアクティブマトリクス基板を作製する方法について図 8 を用いて説明する。

【0074】

実施例 1 の工程を用いて、同一基板上に駆動回路領域 550 及び画素領域 551 において TFT を形成する。なお、駆動回路領域 550 は、p チャンネル型 TFT 501 及び n チャンネル型 TFT 502 からなり、画素領域 551 は、n チャンネル型 TFT 503、504 からなる。

10

【0075】

実施例 1 の工程に沿ってソース電極 505、507、509、511 及びドレイン電極 506、508、510、512 を形成した後、第 2 の層間絶縁膜 517 を形成する。こののち、第 2 の層間絶縁膜をエッチングして画素領域の n チャンネル型 TFT のドレイン電極に接続可能なコンタクトホールを開孔する。この後、導電膜を形成して、ドレイン電極に接続する画素電極 513、514 を形成する。

【0076】

なお、画素電極材料は、反射型の液晶表示装置に用いるアクティブマトリクス基板を作製する場合は、画素電極として光反射率の高い金属膜、代表的にはアルミニウムまたは銀を主成分とする膜、またはそれらの積層膜等を用いればよい。また、透過型の液晶表示装置に用いるアクティブマトリクス基板を作製する場合は、透光性を有する導電膜、代表的には、ITO（酸化インジウム酸化スズ合金）、酸化インジウム酸化亜鉛合金（ $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ ）、酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）等を用いればよい。

20

【0077】

以上により、液晶表示装置用のアクティブマトリクス基板を作製することができる。

【0078】

なお、本実施例の結晶性半導体膜の形成方法には、実施の形態 1 に記載された方法を適応したが、これに限られるものではなく、実施の形態 2 に記載された方法を適応することもできる。

【0079】

30

本発明を用いて作製したアクティブマトリクス基板を液晶表示装置に適応することで、欠陥が少ない結晶性シリコン膜を活性層として有する液晶表示装置を作製することができる。すなわち、低電圧で高速動作が可能な液晶表示装置を作製することが可能である。

【0080】

また、結晶性シリコン膜中の不純物金属元素濃度の低下を促進させることができる。すなわち、オフ電流を低減させることができ、消費電力を抑えた液晶表示装置を作製することができる。

【実施例 3】

【0081】

ここでは、駆動回路領域及び画素領域を有する EL（エレクトロルミネッセンス）表示装置用のアクティブマトリクス基板を作製する方法について図 9 を用いて説明する。

40

【0082】

以下にアクティブマトリクス基板の作製例を示す。

【0083】

実施例 1 の工程を用いて、同一基板上に駆動回路領域 650 及び画素領域 651 において TFT を形成する。なお、駆動回路領域 650 は、n チャンネル型 TFT 640 及び p チャンネル型 TFT 641 からなる。一方、画素領域 651 は、ひとつの画素においてスイッチング機能を有する n チャンネル型 TFT 643 及び電流制御に用いられる p チャンネル型 TFT 642 を有する。

【0084】

50

第2絶縁膜611上に形成する第1の層間絶縁膜612には、無機絶縁膜又は有機材料樹脂を用いることができる。なお、有機樹脂を用いる場合は、感光性樹脂及び非感光性樹脂を用いることができる。感光性有機樹脂を用いた場合、フォトリソグラフィ工程による露光処理を行い、感光性有機樹脂をエッチングすると曲率を有する第1の開口部を形成することができる。このように曲率を有する開口部を形成することは、後に形成する電極の被覆率（カバレッジ）が高くなるという効果がある。本実施例では、第1の層間絶縁膜に、厚さ1.05 μmの感光性アクリル樹脂膜を形成する。この後、第1の層間絶縁膜のパターニング及びエッチングを行い、なだらかな内壁を有する第1の開口部を形成する。

#### 【0085】

なお、ポジ型の感光性樹脂は茶色に着色しているため、第1の層間絶縁膜612にポジ型の感光性有機樹脂を用いる場合、エッチング後に感光性有機樹脂の脱色処理を行う必要がある。

#### 【0086】

次に、第1の開口部及び第1の層間絶縁膜612を覆うように窒化絶縁膜（代表的には、窒化珪素膜又は窒化酸化珪素膜）からなる第3絶縁膜613を形成する。本実施例では、第3の層間絶縁膜に窒化珪素膜を用いる。窒化絶縁膜からなる第3絶縁膜を形成することにより、第1の層間絶縁膜から発生する脱ガスを抑制することができる。

#### 【0087】

次に、フォトリソグラフィ工程による露光処理を行った後、第3絶縁膜613、第2絶縁膜611、及びゲート絶縁膜610を順次エッチングし、第2の開口部を形成する。このときの、エッチング処理は、ドライエッチング処理でもウエットエッチング処理でもよい。本実施例では、ドライエッチングにより第2の開口部を形成する。

#### 【0088】

次に、第2の開口部を形成した後、第3絶縁膜上及び第2の開口部に金属膜を形成し、フォトリソグラフィ工程による露光の後、金属膜をエッチングしてソース電極及びドレイン電極615～621を形成する。金属膜は、アルミニウム（Al）、チタン（Ti）、モリブデン（Mo）、タングステン（W）もしくはシリコン（Si）の元素からなる膜又はこれらの元素を用いた合金膜を用いる。本実施例では、チタン膜/アルミニウム-シリコン合金膜/チタン膜（Ti/Al-Si/Ti）をそれぞれ100/350/100 nmに積層したのち、所望の形状にパターニング及びエッチングしてソース電極ドレイン電極615～621を形成する。

#### 【0089】

その後、陽極として機能する第1の画素電極622を形成した後、第2の層間絶縁膜623を形成し、第3の開口部を形成する。第2の層間絶縁膜623には、無機絶縁膜又は有機材料樹脂を用いることができる。本実施例では、第2の層間絶縁膜に、感光性アクリル樹脂膜を用い、パターニング及びウエットエッチングを行い、なだらかな内壁を有する第3の開口部を形成する。

#### 【0090】

その後、第4の絶縁膜を形成してもよい。この場合、第4の絶縁膜をエッチングして、第1の画素電極を露出するように第4の開口部を形成する。第2の層間絶縁膜に有機材料樹脂を用いた場合、第4の絶縁膜は、該有機材料樹脂から発生するガスや基板全体から発生する水分をブロックする効果があるため、第4の絶縁膜を形成することにより、発光物質を含む層の劣化を抑制することができる。

#### 【0091】

第1の画素電極622及び第2の層間絶縁膜623の上には発光物質を含む層624、陰極として機能する第2電極625及びパッシベーション膜（図示せず）を設ける。第1電極622、発光物質を含む層624、第2電極625が重畳する部位が実質的に発光素子（EL素子）となる。

#### 【0092】

この発光物質を含む層624の構成は公知の構成を用いることができる。第1電極62

10

20

30

40

50

2と第2電極625との間に配設する発光物質を含む層には、発光層、正孔注入層、電子注入層、正孔輸送層、電子輸送層等が含まれ、これらの層が積層された形態又はこれらの層を形成する材料の一部又は全部が混合された形態をとることができる。基本的にEL素子は、陽極/発光層/陰極が順に積層された構造を有しており、この構造に加えて、陽極/正孔注入層/発光層/陰極や、陽極/正孔注入層/発光層/電子輸送層/陰極等の順に積層した構造を有していても良い。

#### 【0093】

発光層は典型的には有機化合物を用いて形成されている。代表的には、その分子数から区分された低分子系有機化合物、中分子系有機化合物、高分子系有機化合物から選ばれた一種又は複数種の層を有する。また、電子注入輸送性又は正孔注入輸送性を有する無機化合物から形成される電子注入輸送層又は正孔注入輸送層を組み合わせ形成しても良い。なお、中分子とは、昇華性や溶解性を有しない有機化合物の凝集体（好ましくは、重合度10以下）又は連鎖する分子の長さが5μm以下（好ましくは50nm以下）の有機化合物のことをいう。

10

#### 【0094】

発光層の主体となる発光材料を以下にまとめる。低分子系有機化合物としては、トリス-8-キノリノラトアルミニウム錯体やビス（ベンゾキノリノラト）ベリリウム錯体等の金属錯体をはじめとし、フェニルアントラセン誘導体、テトラアリールジアミン誘導体、ジスチリルベンゼン誘導体等が適用可能である。また、これらの材料をホストとし、クマリン誘導体、DCM、キナクリドン、ルブレン等をドーパントとして添加することで、量子効率を上げ、高輝度化、高効率化を図ることができる。

20

#### 【0095】

高分子系有機化合物としては、ポリパラフェニレンビニレン系、ポリパラフェニレン系、ポリチオフェン系、ポリフルオレン系等があり、ポリ（パラフェニレンビニレン）（poly(p-phenylene vinylene)）：（PPV）、ポリ（2,5-ジアルコキシ-1,4-フェニレンビニレン）（poly(2,5-dialkoxy-1,4-phenylene vinylene)）：（RO-PPV）、ポリ（2-（2'-エチル-ヘキソキシ）-5-メトキシ-1,4-フェニレンビニレン）（poly[2-(2'-ethylhexoxy)-5-methoxy-1,4-phenylene vinylene]）：（MEH-PPV）、ポリ（2-（ジアルコキシフェニル）-1,4-フェニレンビニレン）（poly[2-(dialkoxyphenyl)-1,4-phenylene vinylene]）：（ROPh-PPV）、ポリパラフェニレン（poly[p-phenylene]）：（PPP）、ポリ（2,5-ジアルコキシ-1,4-フェニレン）（poly(2,5-dialkoxy-1,4-phenylene)）：（RO-PPP）、ポリ（2,5-ジヘキソキシ-1,4-フェニレン）（poly(2,5-dihexoxy-1,4-phenylene)）、ポリチオフェン（polythiophene）：（PT）、ポリ（3-アルキルチオフェン）（poly(3-alkylthiophene)）：（PAT）、ポリ（3-ヘキシルチオフェン）（poly(3-hexylthiophene)）：（PHT）、ポリ（3-シクロヘキシルチオフェン）（poly(3-cyclohexylthiophene)）：（PCHT）、ポリ（3-シクロヘキシル-4-メチルチオフェン）（poly(3-cyclohexyl-4-methylthiophene)）：（PCHMT）、ポリ（3,4-ジシクロヘキシルチオフェン）（poly(3,4-dicyclohexylthiophene)）：（PDCHT）、ポリ[3-（4-オクチルフェニル）-チオフェン]（poly[3-(4-octylphenyl)-thiophene]）：（POPT）、ポリ[3-（4-オクチルフェニル）-2,2-ビチオフェン]（poly[3-(4-octylphenyl)-2,2-bithiophene]）：（PTOPT）、ポリフルオレン（polyfluorene）：（PF）、ポリ（9,9-ジアルキルフルオレン）（poly(9,9-dialkylfluorene)）：（PDAF）、ポリ（9,9-ジオクチルフルオレン）（poly(9,9-dioctylfluorene)）：（PD OF）等が挙げられる。

30

40

#### 【0096】

電子注入輸送層又は正孔注入輸送層として用いることができる無機化合物には、ダイヤモンドカーボン（DLC）、Si、Ge、CN、及びこれらの酸化物又は窒化物の他、これらにP、B、N等が適宜ドーピングされたものがある。また、アルカリ金属又はアルカリ土類金属の、酸化物、窒化物又はフッ化物をも、用いることができる。さらには、当該金属とZn、Sn、V、Ru、Sm、またはInとの化合物もしくは合金であっても良

50

い。

【0097】

また、これらの各層を混合した混合接合構造を形成しても良い。

【0098】

なお、EL素子の発光は、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（蛍光）と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（リン光）とがある。本発明に係るEL素子は、いずれか一方の発光を用いていても良く、又は両方の発光を用いていても良い。

【0099】

第2電極625としては、金属成分とアルカリ金属又はアルカリ土類金属、若しくはその両者を含む成分とからなる多成分の合金若しくは化合物を用いる。金属成分としては、Al、Au、Fe、V、Pd等が挙げられる。一方、アルカリ金属又はアルカリ土類金属の具体例としては、Li（リチウム）、Na（ナトリウム）、K（カリウム）、Rb（ルビジウム）、Cs（セシウム）、Mg（マグネシウム）、Ca（カルシウム）、Sr（ストロンチウム）、Ba（バリウム）等が挙げられる。その他、これら以外にもYb（イッテルビウム）、Lu（ルテチウム）、Nd（ネオジウム）、Tm（ツリウム）等を適用しても良い。第2電極は、上記金属成分にアルカリ金属又はアルカリ土類金属のうち仕事関数が3eV以下のものを0.01～10重量%含ませた合金若しくは化合物とする。陰極として機能させる目的において、第2電極の厚さは適宜設定すれば良いが、概ね0.01～1μmの範囲内として、電子ビーム蒸着法で形成すれば良い。

【0100】

また、パッシベーション膜（図示しない）としては、窒化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、ダイヤモンドライクカーボン膜その他の水分や酸素に高いブロッキング性を示す絶縁膜を用いることができる。

【0101】

以上の様にして、nチャネル型TFT640とpチャネル型TFT641からなる駆動回路650、pチャネル型TFTからなる電流制御用TFT642、nチャネル型TFTからなるスイッチングTFT643を有する画素領域651とを同一基板上に形成するEL（エレクトロルミネッセンス）表示装置用のアクティブマトリクス基板を得ることができる。

【0102】

なお、本実施例の結晶性シリコン膜の形成方法には、実施の形態1に記載された方法を適応したが、これに限られるものではなく、実施の形態2に記載された方法を適応することもできる。

【0103】

このように、本発明を用いて作製したアクティブマトリクス基板をEL表示装置に適用することで、欠陥が少ない結晶性シリコン膜を活性層として有するEL表示装置を作製することができる。すなわち低電圧で高速動作が可能なEL表示装置を作製することが可能である。

【実施例4】

【0104】

本実施例は、実施例1において、結晶性シリコン膜の作製方法の一実施例を図10を用いて説明する。

【0105】

図10（A）に示すように、実施例1と同様にガラス基板711上にブロッキング層作用を示す第1絶縁膜712、非晶質珪素膜713を形成する。その上にマスク絶縁膜714として100nmの酸化珪素膜をプラズマCVD法で形成し、開口部715を設ける。その後、非晶質シリコン膜の結晶化を促進させるための金属元素、本実施例ではニッケル元素を添加するため、5ppmの酢酸ニッケル塩の水溶液716をスピンドット塗布する。ニッケル元素は開口部715で非晶珪素膜と接する。

【0106】



その後、図 10 (B) で示すように 500 度 1 時間の加熱処理により水素だしを行った後、580 度、4 時間の加熱処理により非晶質珪素膜を結晶化させる。結晶化は金属元素の作用により、開口部 715 から基板表面と平行な方向に成長する。こうして形成された結晶性シリコン膜 717 は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的にはある特定の方向性をもって成長しているため、結晶の成長方向が揃っている。また、特定方位の配向率が高いという特徴がある。

#### 【0107】

加熱処理が終了したらマスク絶縁膜 714 をエッチング除去することにより図 10 (C) で示すような結晶性珪素膜 717 を得ることができる。その後、基板の表面から、第 1 のレーザ光、代表的にはパルス発振のエキシマレーザ光を照射した後、基板の裏側から第 2 のレーザ光、代表的にはパルス発振の YAG レーザ光を照射することで、結晶の成長方向がそろっており、かつ欠陥の少ない結晶性シリコン膜を形成することができる。また、本実施例により作製した結晶性シリコン膜を実施例 1 乃至実施例 3 に適用することができる。

10

#### 【実施例 5】

#### 【0108】

本発明を実施して形成された TFT 及びアクティブマトリクス基板は、様々なモジュール（アクティブマトリクス型液晶モジュール、アクティブマトリクス型 EL モジュール）に用いることができる。即ち、それらを表示部に組み込んだ電子機器全てに本発明を実施できる。

20

#### 【0109】

その一例は、携帯情報端末（電子手帳、モバイルコンピュータ、携帯電話等）、ビデオカメラ、デジタルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ受像器、携帯電話、プロジェクター等が挙げられる。これらの一例として、アクティブマトリクス型液晶モジュールを表示部に組み込んだプロジェクターを図 11 に示す。

図 11 (A) はフロント型プロジェクターであり、投射装置 2601、スクリーン 2602 等を含む。

#### 【0110】

図 11 (B) はリア型プロジェクターであり、本体 2701、投射装置 2702、ミラー 2703、スクリーン 2704 等を含む。

30

#### 【0111】

なお、図 11 (C) は、図 11 (A) 及び図 11 (B) 中における投射装置 2601、2702 の構造の一例を示した図である。投射装置 2601、2702 は、光源光学系 2801、ミラー 2802、2804 ~ 2806、ダイクロイックミラー 2803、プリズム 2807、液晶表示装置 2808、位相差板 2809、投射光学系 2810 で構成される。投射光学系 2810 は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図 11 (C) 中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

#### 【0112】

40

また、図 11 (D) は、図 11 (C) 中における光源光学系 2801 の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系 2801 は、リフレクター 2811、光源 2812、レンズアレイ 2813、2814、偏光変換素子 2815、集光レンズ 2816 で構成される。なお、図 11 (D) に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

#### 【0113】

なお、図 11 に示したプロジェクターにおいては、透過型のアクティブマトリクス型液晶モジュールを用いた場合を示しており、反射型のアクティブマトリクス型液晶モジュールでの適用例は図示していないが、反射型のアクティブマトリクス型液晶モジュールを適

50

応することもある。

【0114】

従来のプロジェクターにおいて、金属元素を用いて結晶化された結晶性シリコン層を有するTFTを用いた場合、金属元素のゲッタリングが不十分なことでオフ電流を抑制できないことが原因の一つと考えられる、輝点（画素TFTのスイッチングがスムーズに行なわれず、光りつづける画素）が生じるという問題があった。この輝点により、表示ムラが生じていたが、実施例2で示したアクティブマトリクス型液晶モジュールを、本実施例で示したようなプロジェクターに適用することにより、輝点を低減することが可能となる。このことにより、高精細な表示が可能なプロジェクターを作製することができる。さらに、本発明により、結晶性シリコン膜の欠陥が低減されたTFTを有するアクティブマトリクス型液晶モジュールを作製することが可能なため、高速動作が可能なプロジェクターを作製することができる。

10

【0115】

尚、ここで示す装置はごく一例であり、これらの用途に限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0116】

【図1】本発明の結晶性シリコン膜の作製方法を示す図。

【図2】本発明のレーザ照射装置を示す図。

【図3】本発明のレーザ照射方法を示す図。

【図4】本発明により作製した半導体装置を示す図。

20

【図5】本発明により作製した結晶性シリコン膜の断面を示す図。

【図6】本発明により形成された結晶性シリコン膜中のニッケル濃度を示す図。

【図7】本発明により形成された結晶性シリコン膜のS値を示す図。

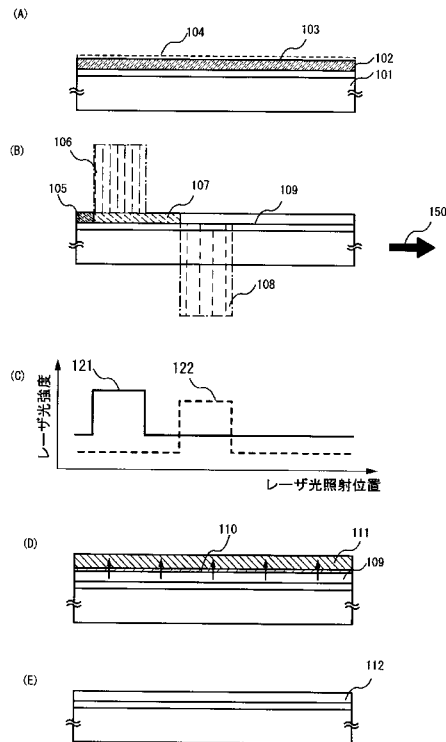
【図8】本発明の液晶表示装置用のアクティブマトリクス基板の概略図を示す図。

【図9】本発明の発光装置用のアクティブマトリクス基板の概略図を示す図。

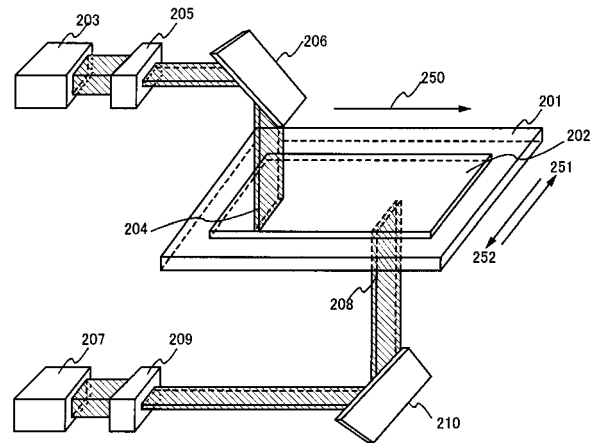
【図10】本発明の結晶性シリコン膜の作製工程を示す図。

【図11】本発明を用いて作製する電子機器の例を示す図。

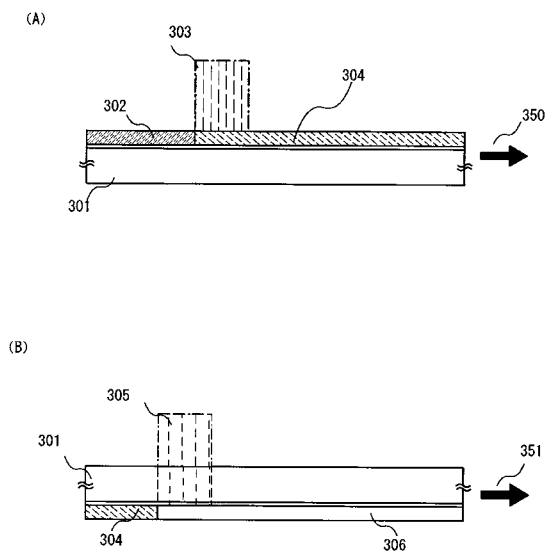
【 図 1 】



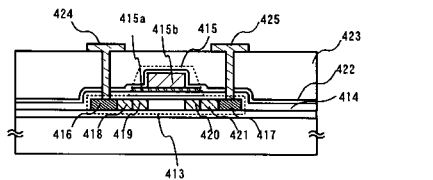
【 図 2 】



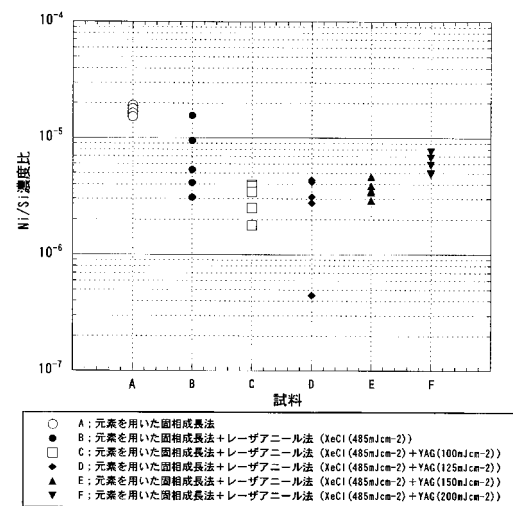
【圖 3】



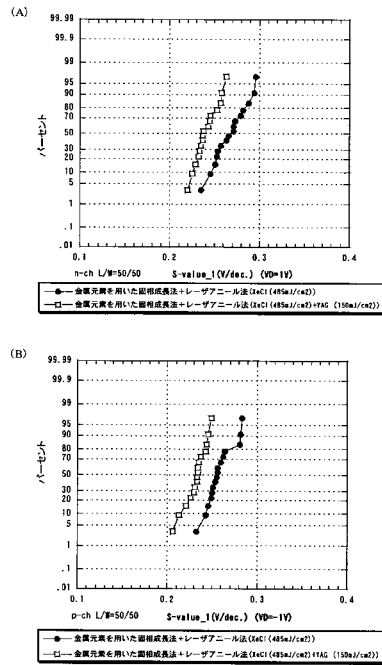
【 図 4 】



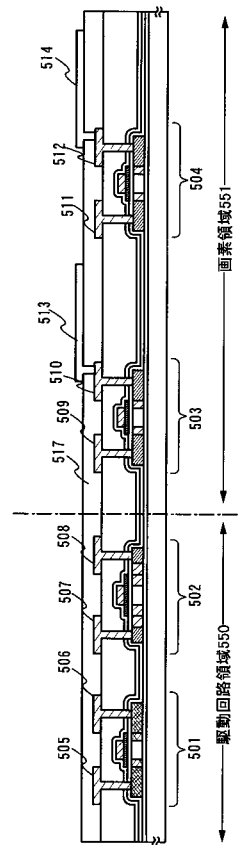
【 図 6 】



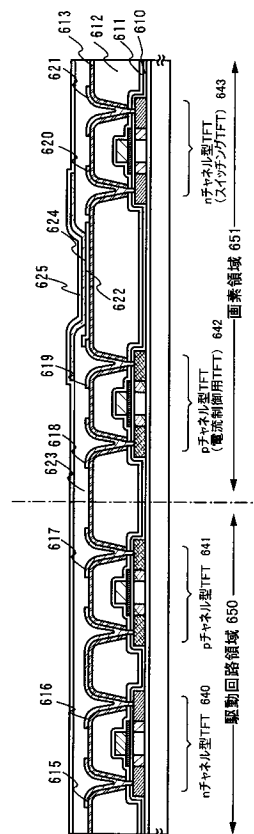
【図 7】



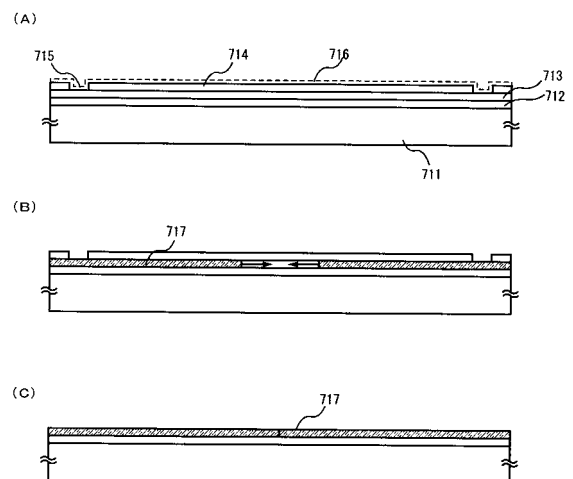
【図 8】



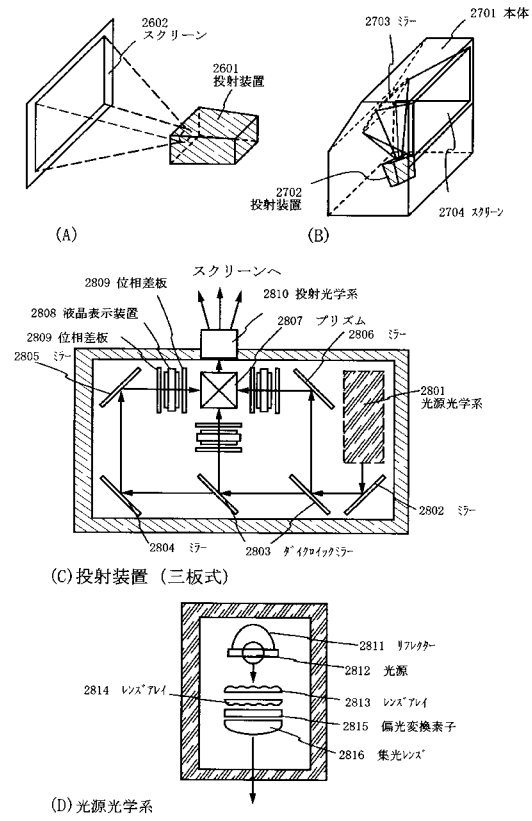
【図 9】



【図 10】

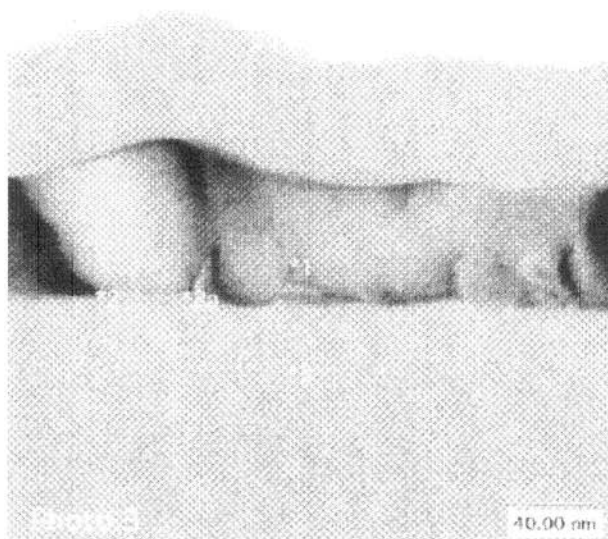


【図 11】

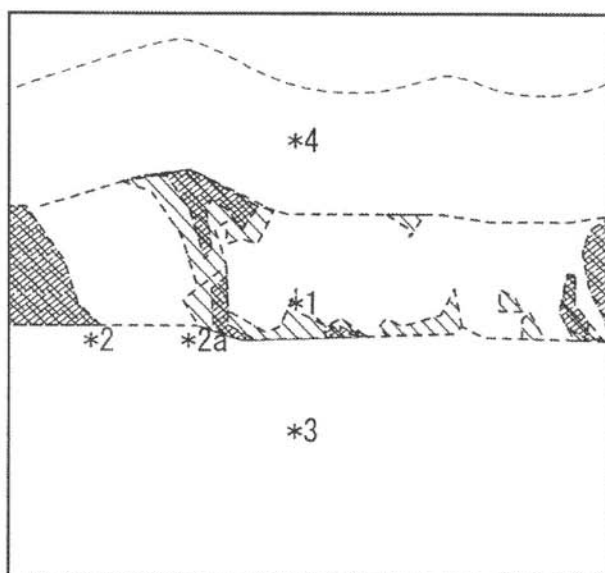


【 図 5 】

(A)



(B)



---

フロントページの続き(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード(参考)

H 0 5 B 33/14

F ターム(参考) 5F110 AA01 AA06 AA09 AA26 BB02 BB04 CC02 DD02 DD13 DD14  
DD15 DD17 EE01 EE02 EE03 EE04 EE06 EE14 GG01 GG02  
GG13 GG25 GG45 HJ01 HJ23 HL04 HL06 HL12 HM15 PP01  
PP03 PP05 PP06 PP10 PP29 PP34 PP35 QQ11 QQ23 QQ28