

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4932081号
(P4932081)

(45) 発行日 平成24年5月16日(2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日(2012.2.24)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/20	(2006.01) HO 1 L 21/20
HO 1 L 21/322	(2006.01) HO 1 L 21/322 R
HO 1 L 21/336	(2006.01) HO 1 L 21/322 Z
HO 1 L 29/786	(2006.01) HO 1 L 29/78 627 G

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2000-399283 (P2000-399283)
(22) 出願日	平成12年12月27日 (2000.12.27)
(65) 公開番号	特開2002-203788 (P2002-203788A)
(43) 公開日	平成14年7月19日 (2002.7.19)
審査請求日	平成19年12月3日 (2007.12.3)

(73) 特許権者	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地
(72) 発明者	肥塚 純一 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

審査官 太田 一平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非晶質半導体膜に触媒元素を添加し、
 第1加熱処理を行い、前記非晶質半導体膜を結晶質半導体膜とし、
 前記結晶質半導体膜をパターニングして、所望の形状の半導体層を形成し、
 前記半導体層上にゲート絶縁膜を形成し、
 前記ゲート絶縁膜上に第1の導電膜および第2の導電膜を順に積層し、
 前記第1の導電膜および前記第2の導電膜をエッチングして第1のゲート電極を形成し、

前記第1のゲート電極をマスクとして、前記半導体層にゲッタリング作用を有するn型不純物元素を添加してゲッタリング領域となる高濃度のn型不純物領域を形成した後、さらに水素を添加して前記半導体層の結晶を破壊し、

前記第1のゲート電極をエッチングして第2のゲート電極を形成し、

前記第2のゲート電極をマスクとして、前記半導体層にn型不純物元素を添加して低濃度のn型不純物領域を形成し、

第2加熱処理を行い、前記ゲッタリング領域に前記触媒元素をゲッタリングすることと、特定の方向性を持って並んだ結晶構造を有し、且つ、残存する前記触媒元素の濃度が $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である半導体層を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

10

請求項 1 において、

前記第 2 のゲート電極は、前記第 2 の導電膜の幅が前記第 1 の導電膜の幅より狭いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

非晶質半導体膜に触媒元素を添加し、

第 1 加熱処理を行い、前記非晶質半導体膜を結晶質半導体膜とし、

前記結晶質半導体膜をパターニングして、所望の形状の第 1 の半導体層および第 2 の半導体層を形成し、

前記第 1 の半導体層および前記第 2 の半導体層上にゲート絶縁膜を形成し、

前記ゲート絶縁膜上に第 1 の導電膜および第 2 の導電膜を順に積層し、

前記第 1 の導電膜および前記第 2 の導電膜をエッチングして、前記第 1 の半導体層上に第 1 のゲート電極を形成するとともに、前記第 2 の半導体層上に第 2 のゲート電極を形成し、

前記第 1 のゲート電極および前記第 2 のゲート電極をマスクとして、前記第 1 の半導体層および前記第 2 の半導体層にゲッターリング作用を有する n 型不純物元素を添加してゲッターリング領域となる高濃度の n 型不純物領域を形成した後、さらに水素を添加して前記半導体層の結晶を破壊し、

前記第 1 のゲート電極をエッチングして第 3 のゲート電極を形成するとともに、前記第 2 のゲート電極をエッチングして第 4 のゲート電極を形成し、

前記第 3 のゲート電極および前記第 4 のゲート電極をマスクとして、前記第 1 の半導体層および前記第 2 の半導体層に n 型不純物元素を添加して低濃度の n 型不純物領域を形成し、

前記第 1 の半導体層をマスクで覆い、前記第 4 のゲート電極をマスクとして前記第 2 の半導体層に p 型不純物元素を添加して高濃度の p 型不純物領域を形成し、

第 2 の加熱処理により、前記第 1 の半導体層および前記第 2 の半導体層に添加された前記 n 型不純物元素および前記 p 型不純物元素の活性化ならびに前記触媒元素を前記ゲッターリング領域にゲッターリングすることで、特定の方向性を持って並んだ結晶構造を有し、且つ、残存する前記触媒元素の濃度が 1×10^{-7} atm s / cm³ 以下である半導体層を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記第 3 のゲート電極および前記第 4 のゲート電極は、前記第 2 の導電膜の幅が前記第 1 の導電膜の幅より狭いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、

前記水素は、イオンドープ法、プラズマ処理法、熱による拡散法のいずれかの方法を用いて前記半導体層に添加され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】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、絶縁体表面に形成された半導体膜を活性層として作製した半導体装置およびその作製方法に関する。なお、本明細書において、半導体装置とは、トランジスタ、特に電界効果型トランジスタ、代表的には M O S (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタや薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor: 以下、T F T とする) といった装置を指し、該半導体装置を用いて作製された回路を駆動回路や画素部に有する液晶表示装置、該液晶表示装置を表示部に用いた電気器具もその範疇に含まれるものとする。

【0002】

【従来技術】

ノート型パソコン、ディジタルカメラ、カーナビゲーション、テレビに至るまであらゆる製品の表示部に液晶表示装置が用いられるようになっている。液晶表示装置の使用が広が

10

20

30

40

50

るにつれ、大画面化（逆に、携帯性を重視する製品はより小型化を）、高精細化、軽量化が求められ、開発が進められている。

【0003】

その中でも、テレビ画面として液晶表示装置が盛んに用いられるようになってきているが、C R Tと遜色がない表示を行うために求められる性能として、例えば動画の画像がぼけない程度の応答速度（ $300\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度の電界効果移動度）が必要である。研究室レベルでは、移動度 $500\text{ cm}^2/\text{Vs}$ という報告もなされるようになってきたが、低コストでこの移動度を実現するためには、まだまだ製造技術の改良が必要とされている。

【0004】

また、液晶表示装置の用途の拡大によりプラスチックのような耐熱性の低い材料を基板に用いた液晶表示装置の需要も高まっている。そこで、低コスト、かつ低温で結晶質シリコンを形成し、これを活性層に用いたT F Tを作製する技術開発が盛んになっている。

10

【0005】

本出願人は低温のプロセスで電界効果移動度の高い結晶性のよい半導体膜を得るために、触媒元素を用いた結晶化の方法に関して技術開発を続けている。触媒元素を用いる半導体膜の結晶化方法は、結晶化のための加熱処理をそれまでの加熱温度から $50 \sim 100$ $^{\circ}\text{C}$ も引き下げることができる。しかし、触媒元素を半導体層（特にチャネル形成領域）から除去しないと、触媒元素が不規則に、特に結晶粒界に集中して偏析することが確認されており、この偏析が微弱な電流の逃げ道（リークパス）となり、オフ電流（T F Tがオフ状態にある時の電流）の突発的な増加の原因になっていると考えられている。結晶化の工程が終了したら速やかに触媒元素を半導体膜から除去する、または、電気的な影響を及ぼさない程度の濃度にまで低減させる必要がある。この手段として、例えば、ゲッタリング作用を有するリン（P）などの15族元素を高濃度にドーピングしたゲッタリング領域を形成し、加熱処理を行って、触媒元素をゲッタリング領域に移動させてゲッタリングのための加熱処理工程終了後に、このゲッタリング領域を除去する方法や、不純物元素（リン）が添加されたソース領域またはドレイン領域を活性化する工程と同一の工程で、半導体層中の触媒元素をソース領域またはドレイン領域にゲッタリングする方法などが考えられている。

20

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

30

現在、液晶表示装置には、C R Tと同レベルもしくはそれ以上の画質性能、高精細化が求められているが、高精細化という要求には、画素数を増加させて対応している。T F Tの活性層に用いる半導体膜の結晶化工程を触媒元素を用いて行った場合、触媒元素のゲッタリングを行わなければならないが、現在、例えば、対角0.9インチ小型の液晶表示装置で、X G A（ 1024×768 画素）という高精細な表示を実現しようとすると、ひとつひとつの画素サイズは十数 μm サイズとなっておりゲッタリング領域もそれに伴って縮小してしまうため、ゲッタリングの効率が悪くなるという問題が生じる。ゲッタリングの効率が下がれば、作業工程時間が延びる、半導体膜中に触媒元素が残留し偏析することでリーク電流が発生するなど、様々な問題に発展する。

40

【0007】

本発明では、触媒元素を用いる半導体膜の結晶化処理を行う場合に、該触媒元素を効率よく半導体層からゲッタリング（捕獲）する方法を提供することを課題とする。また、結晶性のよい半導体層を活性層として用い、信頼性の高いT F Tおよび該T F Tを用いた液晶表示装置を作製する方法を提供することを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、半導体膜の結晶性と触媒元素のゲッタリング効率との間には、結晶性が高いほどゲッタリング効率が低くなるという関係があるとえた。そこで、悪影響を及ぼさない程度に半導体膜の結晶を破壊してからゲッタリングを行うために、ゲッタリング領域にゲッタリング作用を有する不純物元素に加えて水素を添加することを思いついた。結晶を

50

破壊するためにリンを多量に添加してしまうとシリコン膜中で飽和してしまったり、結晶性を回復できなくなってしまうなどの問題が生じる。本発明者は、加熱処理によって気化させ半導体膜から離脱させることができる水素を添加することを思いついた。図16に、触媒元素を用いた結晶化処理で形成された結晶質シリコン膜にリンを添加したサンプルおよびリンを添加した後、さらに水素を添加したサンプル（水素添加量が異なるサンプル3種類）をラマン分光により測定した結果（リン、水素を添加した後の加熱処理は行っていない）を示す。リンだけを添加したサンプルよりも、リンを添加した後にさらに水素を添加したサンプルの方が、アモルファスシリコンのピークが大きくなっていることが確認できる。

【0009】

10

そこで、本発明の構成は、非晶質半導体膜に触媒元素を添加して、第1加熱処理を行い、結晶質半導体膜を形成した後、前記結晶質半導体膜にゲッタリング作用を有する不純物元素を添加した後、さらに水素を添加してゲッタリング領域を形成する。この後、第2加熱処理を行い、前記ゲッタリング領域に触媒元素をゲッタリングすることにより、効率的に触媒元素を半導体層、特にチャネル形成領域となる領域からゲッタリング領域に移動させることができる。

【0010】

また、他の発明の構成は、非晶質半導体膜に触媒元素を添加して、第1加熱処理を行い結晶質半導体膜を形成した後、前記結晶質半導体膜にレーザー照射を行う。この後、前記結晶質半導体膜にゲッタリング作用を有する不純物元素を添加した後、さらに水素を添加してゲッタリング領域を形成し、第2加熱処理を行い、前記ゲッタリング領域に触媒元素をゲッタリングする。

20

【0011】

なお、水素を半導体膜に注入する方法は、公知のイオン注入装置やプラズマドーピング装置、プラズマによる水素化処理法、熱による拡散法などのいずれかを用いればよい。

【0012】

【発明の実施の形態】

本実施形態においては、ゲッタリング領域に触媒元素をゲッタリングする作用を有する元素としてリンを添加し、さらに前記ゲッタリング領域に水素を添加した場合のゲッタリング効率について実験を行った結果を説明する。

30

【0013】

まず、触媒元素を用いて結晶化を行った結晶質半導体膜（本実施形態では結晶質シリコン膜）から触媒元素をゲッタリング（捕獲）を行うために、ゲッタリング領域を形成した。なお、結晶化のための加熱処理は次のように行う。まず、基板10上に下地絶縁膜11を形成し、下地絶縁膜11上に非晶質シリコン膜12を形成する。次いで、非晶質シリコン膜12上に触媒元素含有層13を形成する（図3（A））。本実施形態では、結晶化を促進する触媒元素としては、ニッケル（Ni）を用いたが、他にも触媒元素として、鉄（Fe）、パラジウム（Pd）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、コバルト（Co）、白金（Pt）、銅（Cu）、金（Au）といった金属元素を使用することができる。また、本実施形態では、触媒元素をスピンドルコート法で塗布しているが、蒸気法やスパッタ法などにより触媒元素を含むごく薄い膜を形成してもよい。

40

【0014】

結晶化の工程に先立ち、非晶質シリコン膜中に含まれる水素を離脱させるための加熱処理を400～500℃で1時間程度行った。次いで、ロータリーポンプおよびメカニカルブースターポンプにより排気を行い、減圧（1.33～26.7Pa）にした窒素雰囲気において、550℃で4時間の加熱処理を行い、結晶質シリコン膜14が形成される（図3（B））。その後、結晶性をさらに向上させるためにレーザー照射を行った。

【0015】

次いで、触媒元素をゲッタリングするためにマスク絶縁膜15を形成して、マスク絶縁膜15の開口部16からゲッタリング作用を有する不純物元素を添加してゲッタリング領域

50

17を形成する。ゲッタリング領域15には、ゲッタリング作用を有する不純物元素として、本実施例ではリンを添加した。その後、さらに水素を添加した(図3(C))。ゲッタリング作用を有する不純物元素としては、本実施例ではリンを用いているが、リン以外にも、ヒ素(A s)、アンチモン(S b)、ビスマス(B i)、ボロン(B)、アルミニウム(A l)等が知られている。

【0016】

本実施例では、ゲッタリング領域にリンのみを添加したサンプル(サンプル1)およびリンと水素を添加したサンプル(サンプル2、3、4)を用意してゲッタリングための加熱処理を行い、ゲッタリング効率の比較を行った。各サンプルの水素の添加量は表1のとおりである。

10

【0017】

【表1】

	サンプル1	サンプル2	サンプル3	サンプル4
リン添加量	(80kV 20W) 1.5×10^{15} ions/cm ²			
水素添加量	0	5.8×10^{14} ions/cm ² (10keV 50W 5min)	3.1×10^{15} ions/cm ² (10keV 50W 15min)	1.2×10^{16} ions/cm ² (10keV 50W 60min)

20

【0018】

ニッケルを結晶化を助長する触媒元素として用いる結晶化方法の場合、結晶化のための加熱処理をすると、結晶化工程後は、半導体膜から捕獲したい触媒元素(N i)が半導体元素(S i)と結合してNi_xSi_{1-x}が生成され、偏析してしまう。そこで、このNi_xSi_{1-x}を選択的に除去することで発生する孔の数でゲッタリングの効率を評価している。

【0019】

Ni_xSi_{1-x}は、酸化シリコン膜をLAL500液にて除去し、HFとH₂O₂をモル比で0.5:0.5に混合した薬液(以下、FPM液という)に40分間、LAL500液に室温にて20分間試料を浸漬することで除去され、孔が発生する。この孔の発生する割合が高いほど高濃度にニッケル(N i)が残留しているといえる。

30

【0020】

Ni_xSi_{1-x}が除去された後の孔は、光学顕微鏡の透過モードで黒点として観察することができる。本明細書において、この黒点のことをエッチピットという。なお、ゲッタリングが十分になされている場合には、Ni_xSi_{1-x}は形成されないため、エッチピットは観察されない。図1、2に、サンプル1～サンプル4のエッチピットを光学顕微鏡の透過モードで観察した様子を示す。なお、サンプル1～サンプル4は、チャネル形成領域となる領域の幅を5、10、15、20、30、50、75μmと7種類設けて、ソース領域またはドレイン領域となる領域の幅を10μmに固定してゲッタリングのための加熱処理を行っている。

40

【0021】

水素添加を加速電圧10kVで60分行ったサンプル4(水素ドーズ量は、 1.2×10^{18} ions/cm²)は、サンプル1と比較するとエッチピットの数がかなり少なくなっていると考えられる。このことから、ゲッタリング領域に水素を添加すると触媒元素の偏析を効果的に減らすことができ、ゲッタリング効率を向上させることができると考えられる。

【0022】

図4には、水素添加量とエッチピット数の関係を示す。水素添加量が多いと、チャネル幅が広くなつても多くの触媒元素をゲッタリングすることができることがわかる。

【0023】

50

以上のように、ゲッタリング領域にゲッタリング作用を有する不純物元素に加えて水素を添加することにより、ゲッタリング効率を向上させることができる。

【0024】

【実施例】

(実施例1)

本実施例においては、本発明を用いて反射型のアクティブマトリクス型液晶表示装置を作製する方法の一例について、図5～8を用いて説明する。

【0025】

基板100上に酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜などの絶縁膜からなる下地絶縁膜101を形成する。ここで、基板100としてはガラス基板、石英基板、セラミックス基板などを用いることができる。また、シリコン基板、金属基板、またはステンレス基板などの表面に絶縁膜を形成したものを用いてもよい。本実施例では、1層目の下地絶縁膜101aとして、窒化酸化シリコン膜を50nm、2層目の下地絶縁膜101bとして、酸化窒化シリコン膜を100nm積層した下地絶縁膜101とした(図5(A))。

10

【0026】

次いで、下地絶縁膜101上に非晶質半導体膜102を形成する。非晶質半導体膜としては、特に材料に限定はないもののシリコン膜もしくはシリコンゲルマニウム(Si_xGe_{1-x} ; $0 < x < 1$ 、代表的には $x=0.001 \sim 0.05$)合金からなる膜などで形成するとよい。本実施例では、非晶質シリコン膜を30～60nmの膜厚で形成した。

20

【0027】

なお、下地絶縁膜101bと非晶質シリコン膜102とは成膜方法が同じであるため、大気解放せずに連続的に成膜することが可能である。そうすることにより汚染を防ぐことが可能となり、この半導体膜を活性層とするTFTの特性のバラツキを低減させることができる(図5(B))。

【0028】

次いで、非晶質シリコン膜102を結晶化する。結晶化のための処理として、非晶質シリコン膜102表面全面に結晶化を促進する作用を有する金属元素(以下、触媒元素とする)を塗布し、触媒元素含有層103を形成する。典型的な触媒元素としては、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、パラジウム(Pd)、スズ(Sn)、鉛(Pb)、コバルト(Co)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)といった元素を用いればよい。本実施例では、重量換算でNiを10ppm含む水溶液(酢酸ニッケル水溶液)をスピンドル法で塗布した。スピンドル法以外にも蒸気法もしくはスパッタ法などにより触媒元素からなるごく薄い膜(触媒元素含有層)を形成してもよい(図5(C))。

30

【0029】

次いで、非晶質シリコン膜102中から水素を離脱させるために、本実施例では500で1時間の加熱処理を行った。この時、含有水素量は5atomic%以下とすることが好ましい。続いて、結晶化のための加熱処理を行う。本実施例では500で4時間の加熱処理を行い、結晶質シリコン膜104を得た。

40

【0030】

さらに加熱処理による結晶化工程の後、得られた結晶質シリコン膜にレーザーを照射して結晶性を高める工程を行ってもよい。ここで、パルス発振型のレーザー、例えばKrFエキシマレーザー(波長248nm)、短波長(紫外線領域)のXeClエキシマレーザー、もしくは長波長のYAGレーザーのいずれかのレーザーを照射すればよい。

【0031】

次いで結晶質シリコン膜104上に酸化シリコン膜からなるマスク絶縁膜105を膜厚130nmで形成する。その後、このマスク絶縁膜105を介して結晶質シリコン膜104に不純物元素を添加する。ここで結晶質シリコン膜104に添加する不純物元素は、p型不純物元素、代表的には周期表の13族に属する元素、典型的にはボロンまたはガリウムを用いる。この工程は、TFTのしきい値電圧を制御するための工程であって、本明細書中で

50

はチャネルドープ工程という。この工程により、 $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (代表的には、 $5 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$) の濃度のボロンが結晶質シリコン膜 104中に添加された。

【0032】

マスク絶縁膜 105を除去した後、結晶質シリコン膜 104を所望の形状にパターニングして半導体層 106～109を形成する。この半導体層は、後の TFT の活性層となる(図 5 (D))。

【0033】

次いで、シリコンを含む絶縁膜からゲート絶縁膜 110を形成する。本実施例では、115nmのゲート絶縁膜 110を形成した。

10

【0034】

次いで、ゲート電極を形成するための導電膜を成膜する。本実施例では、膜厚20～100nmの導電膜 (A) 111および膜厚100～400nmの導電膜 (B) 112を積層で形成した。導電膜 (A) および導電膜 (B) は、Ta、W、Ti、Mo、Al、Si (リンなどの不純物元素をドーピングした多結晶シリコン膜) またはCuから選ばれた元素を主成分とする導電膜から形成する。本実施例では、導電膜 (A) 111としてTaN、導電膜 (B) 112としてWを用いた(図 6 (A))。

【0035】

続いて、レジストからなるマスク 113～117を形成し、ゲート電極および保持容量の電極となる容量配線を形成するための第1のエッチャリング処理を行う。エッチャリング方法は、ICP (Inductively Coupled Plasma: 誘導結合型プラズマ) エッチャリング法を用い、エッチャリングガスにはCF₄、Cl₂およびO₂をそれぞれ流量25/25/10 (sccm) で用い、1.0Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成してエッチャリングを行う。基板側(試料ステージ)にも150WのRF (13.56MHz) 電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。

20

【0036】

この後、レジストからなるマスク 113～117を除去せずに第2のエッチャリング条件に変え、エッチャリング用ガスにCF₄およびCl₂を流量30/30 (sccm) で用い、1.0Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成してエッチャリングを行う。基板側(試料ステージ)にも20WのRF (13.56MHz) 電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。第2のエッチャリング条件により、W膜およびTaN膜が同程度にエッチャリングされて第1の形状のゲート電極、容量配線およびソース線 118～122が形成される

30

【0037】

続いて、レジストからなるマスク 113～117を除去せずに第1の形状のゲート電極および容量配線をマスクにしてn型不純物元素(典型的に、周期表の15族に属する元素)を添加する。本実施例では、リンを $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度になるようにドーピングを行った。これにより、n型不純物領域 (n⁺) 123～126が形成される。さらに、この後で水素を半導体層に添加する。水素の添加方法としては、イオンドープ法、プラズマによる水素化処理法、熱による拡散のいずれを用いてもよい。本実施例では、イオンドープ法により加速電圧を10kVとして、 $1.2 \times 10^{18} \text{ ions/cm}^2$ の水素を添加した(図 6 (B))。

40

【0038】

ゲッタリング領域にゲッタリング作用を有する不純物元素として、リンだけでなく、リンに加えてボロンを添加した後に、水素を添加してもよい。

【0039】

続いて、レジストからなるマスク 113～117を除去せず、エッチャリング処理を行う。エッチャリングガスには、SF₆、Cl₂およびO₂を流量24/12/24 (sccm) で用い、1.3Paの圧力でコイル型の電極に700WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成してエッチャリングを行う。基板側(試料ステージ)にも10WのRF (13.56MHz) 電力を投入し、実質的に

50

負の自己バイアス電圧を印加する。第2のエッティング条件により、W膜およびTaN膜が同程度にエッティングされて第2の形状のゲート電極、容量配線およびソース線127～131が形成される。

【0040】

次いで、第2の形状のゲート電極および容量配線127～130をマスクとして用い半導体層にn型不純物元素を添加する。ここで、n型不純物領域(n^+)よりチャネル形成領域側にn型不純物濃度が $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度のn型不純物領域(n^-)132～135が形成される(図6(C))。

【0041】

次いで、レジストからなるマスク136で後のpチャネル型TFTの活性層となる半導体層を覆い、第3のエッティング処理を行う。エッティング用ガスには、 Cl_2 を流量60(sccm)で用い、1.0Paの圧力でコイル型の電極に350WのRF(13.56MHz)電力を投入してプラズマを生成してエッティングを行う。基板側(試料ステージ)にも20WのRF(13.56MHz)電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。第3のエッティング条件により、W膜およびTaN膜が同程度にエッティングされて第3の形状のゲート電極、容量配線およびソース線137～140が形成される(図7(A))。

【0042】

次いで、ゲート電極および容量配線が形成されていない領域のゲート絶縁膜の残りの膜厚が15～30nm(本実施例では20nm)になるようにエッティング用ガスに CHF_3 を流量35(sc
cm)でエッティングを行う。

【0043】

次いで、レジストからなるマスク141、142で、nチャネル型TFTおよび画素TFTを覆う。続いて、pチャネル型TFTとなる領域にp型不純物元素(周期表の13族に属する元素)、本実施例ではボロンを $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度となるように添加する(図7(B))。

【0044】

次いで、レジストからなるマスク141、142を除去した後、第1層間絶縁膜147として、プラズマCVD法により窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、または窒化酸化シリコン膜で50～500nm(本実施例では、150nm)の厚さで形成する。

【0045】

続いて、半導体層にそれぞれの濃度で添加されたn型およびp型不純物元素の活性化のための加熱処理を行う。この工程は、電気炉を用いるアニール法、レーザーアニール法、ランプアニール法もしくは、それらを併用しても行うことができる。本実施例では、ロータリーポンプおよびメカニカルブースターポンプといった真空ポンプを用いて処理炉の中の排気を行い、減圧雰囲気(圧力 $1.0 \times 10^{-5} \sim 66.7 \times 10^2 \text{ Pa}$ 、本実施例では、13.3Pa)にしてから窒素を5l/min注入した雰囲気において550度で4時間の加熱処理を行う。なお、本実施例では減圧雰囲気における不純物元素の活性化のための加熱処理と同一の工程において、結晶化の工程で用いた触媒元素をゲッタリング領域にゲッタリング(捕獲)する処理(図()中の矢印)も行っている。この工程において、半導体層、特にチャネル形成領域に残留するニッケルの濃度を $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にまで低減することができる(図7(C))。

【0046】

次いで、水素を含む窒素雰囲気において、410度で1時間の加熱処理を行う。この処理は、熱的に励起された水素により活性層中のダングリングボンドを終端するために行う。水素化の他の手段としては、プラズマにより励起された水素を用いるプラズマ水素化を行ってもよい。

【0047】

次いで、有機樹脂からなる第2層間絶縁膜148を約1.5～2μmの厚さに形成する。有機樹脂膜としては、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、BCB(ベンゾシクロブテン)などを用いることができる。本実施例では、アクリルを塗布し、250度で焼成して、1.6μmの

10

20

30

40

50

第2層間絶縁膜148を得る(図8(A))。

【0048】

続いて、各TFTを電気的に接続するための配線149～154を形成する。これらの配線は、膜圧50～250nmのTi膜および300～500nmの合金膜(本実施例ではTiとAlとの合金膜)を積層して、所望の形状にパターニングする。

【0049】

また、画素部においては、画素電極155を形成する。画素電極155は、画素TFTのドレイン領域と電気的に接続され、さらに、保持容量を形成する一方の電極として機能する半導体層とも電気的に接続される。画素電極を形成する材料としては、透過型の液晶表示装置の場合には、ITO(酸化インジウムと酸化スズとの化合物)膜を用い、反射型の液晶表示装置を作製する場合にはAlまたはAgを主成分とする膜、もしくはそれらの積層膜のような反射性の優れた材料を用いることが望ましい(図8(B))。

【0050】

ここまで工程により、同一基板上に駆動回路205には、pチャネル型TFT201およびnチャネル型TFT、画素部206には、画素TFT203および保持容量204が形成される。

【0051】

以上のように、本発明を用いて形成された結晶性のよい半導体膜を活性層としたアクティブマトリクス基板を作製することが可能である。

【0052】

(実施例2)

本実施例では、実施例1で作製したTFT基板からアクティブマトリクス駆動の液晶表示装置を作製する工程を説明する。図9は、TFT基板と対向基板181とをシール材で貼り合わせた状態を示している。TFT基板上には柱状のスペーサ183を形成する。柱状のスペーサは画素電極上に形成されるコンタクト部のくぼみに合わせて形成するとよい。柱状スペーサは用いる液晶材料にも依存するが、3～10μmの高さで形成する。コンタクト部では、コンタクトホールに対応した凹部が形成されるので、この部分に合わせてスペーサを形成することにより液晶の配向の乱れを防ぐことができる。その後、配向膜182を形成し、ラビング処理を行う。対向基板180には透明導電膜184、配向膜181を形成する。その後、TFT基板および対向基板180をシール材により貼り合わせて液晶を注入し、液晶層185を形成する。以上のようにして作製されるアクティブマトリクス駆動の液晶表示装置を完成させることができる。

【0053】

(実施例3)

本実施例ではTFTの活性層となる結晶質半導体膜を形成する工程について図10を用いて説明する。

【0054】

まず、基板(本実施例ではガラス基板)501上に200nm厚の窒化酸化シリコン膜である下地膜502と200nm厚の非晶質半導体膜(本実施例では非晶質シリコン膜)503を形成する。この工程は下地膜と非晶質半導体膜を大気開放しないで連続的に形成しても構わない。

【0055】

次に、酸化シリコン膜であるマスク絶縁膜504を200nmの厚さに形成し、開口部505を形成する。

【0056】

次に、重量換算で100ppmの触媒元素(本実施例ではニッケル)を含む水溶液(酢酸ニッケル水溶液)をスピンドル法で塗布して、触媒元素含有層2506を形成する。この時、触媒元素含有層506は、開口部505が形成された領域において、選択的に非晶質半導体膜503に接触する。ここで使用可能な触媒元素は、ニッケル(Ni)以外にも、ゲルマニウム(Ge)、鉄(Fe)、パラジウム(Pd)、スズ(Sn)、鉛(Pb)

10

20

30

40

50

、コバルト(C o)、白金(P t)、銅(C u)、金(A u)、といった元素がある(図 10(A))。

【 0 0 5 7 】

また、本実施例ではスピンコート法でニッケルを添加する方法を用いたが、蒸着法やスパッタ法などにより触媒元素でなる薄膜(本実施例の場合はニッケル膜)を非晶質半導体膜上に形成する手段をとっても良い。

【 0 0 5 8 】

次に、結晶化の工程に先立って 4 0 0 ~ 5 0 0 で 1 時間程度の熱処理工程を行い、水素を膜中から脱離させた後、5 0 0 ~ 6 5 0 (好ましくは 5 5 0 ~ 6 0 0)で 6 ~ 1 6 時間(好ましくは 8 ~ 1 4 時間)の熱処理を行う。本実施例では、5 7 0 で 1 4 時間の熱処理を行う。その結果、開口部 5 0 5 を起点として概略基板と平行な方向(矢印で示した方向)に結晶化が進行し、巨視的な結晶成長方向が揃った結晶質半導体膜(本実施例では結晶質シリコン膜)5 0 7 が形成される(図 10(B))。

【 0 0 5 9 】

次に、結晶化の工程で用いたニッケルを結晶質シリコン膜から除去するゲッタリング工程を行う。本実施例では、先ほど形成したマスク絶縁膜 5 0 4 をそのままマスクとして周期表の 1 5 族に属する元素(本実施例ではリン)を添加する工程を行い、開口部 5 0 5 で露出した結晶質半導体膜に $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20}$ atoms/cm³ の濃度でリンを含むゲッタリング領域 5 0 8 を形成する。リンを添加した後、さらにゲッタリング領域 5 0 8 に水素を添加する。水素は、加速電圧を 1 0 kV として、 1.2×10^{18} ions/cm² を添加した(図 10(C))。水素の添加方法は、イオンドープ法、プラズマによる処理、熱による拡散など公知の方法を用いればよい。

【 0 0 6 0 】

次に、窒素雰囲気中で 4 5 0 ~ 6 5 0 (好ましくは 5 0 0 ~ 5 5 0)、4 ~ 2 4 時間(好ましくは 6 ~ 1 2 時間)の熱処理工程を行う。この熱処理工程により結晶質半導体膜中のニッケルは矢印の方向に移動し、リンのゲッタリング作用によってゲッタリング領域 5 0 8 に捕獲される。即ち、結晶質半導体膜中からニッケルが除去されるため、結晶質シリコン膜 5 0 9 に含まれるニッケル濃度は、 1×10^{17} atoms/cm³ 以下、好ましくは 1×10^{16} atoms/cm³ 以下にまで低減することができる(図 10(D))。

【 0 0 6 1 】

なお、結晶性をさらに向上させるために、結晶化のための加熱処理工程後、もしくはゲッタリングのための加熱処理工程後に結晶質シリコン膜にレーザー照射を行ってもよい。

【 0 0 6 2 】

以上のようにして形成された結晶質半導体膜 5 0 9 は、結晶化を助長する触媒元素(ここではニッケル)を選択的に添加して結晶化することによって、非常に結晶性の良い結晶質半導体膜で形成されている。具体的には、棒状または柱状の結晶が、特定の方向性を持って並んだ結晶構造を有している。また、結晶化のあとは触媒元素をリンのゲッタリング作用により除去しており、結晶質半導体膜 5 0 9 中に残存する触媒元素の濃度は、 1×10^{17} atoms/cm³ 以下、好ましくは 1×10^{16} atoms/cm³ 以下である。

【 0 0 6 3 】

なお、本実施例の特徴は、触媒元素を用いて結晶化させた結晶質半導体膜を形成した後で、活性層として用いない領域に高濃度に周期表の 1 5 族に属する不純物元素および水素を含むゲッタリング領域を形成し、加熱処理によって結晶化に用いた触媒元素をゲッタリングする点にある。本実施例の構成は、実施例 1 に示した構成と組み合わせることが可能である。

【 0 0 6 4 】

(実施例 4)

本実施例では、本発明をボトムゲート型 T F T の作製工程に適応した一例について、図 1 1 、 1 2 を用いて簡単に説明する。

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

50

基板 5 0 上に、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜等の絶縁膜を形成し（図示せず）、ゲート電極を形成するために導電膜を形成し、所望の形状にパターニングしてゲート電極 5 1 を得る。導電膜には、Ta、Ti、W、Mo、Cr または Al から選ばれた元素またはいずれかの元素を主成分とする導電膜を用いればよい（図 1 1 (A)）。

【 0 0 6 6 】

次いで、ゲート絶縁膜 5 2 を形成する。ゲート絶縁膜は、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜の単層、もしくはいずれかの膜の積層構造にしてもよい。

【 0 0 6 7 】

次いで、非晶質半導体膜として非晶質シリコン膜 5 3 を熱 CVD 法、プラズマ CVD 法、減圧 CVD 法、蒸着法またはスパッタリング法により 10 ~ 1150 nm 厚に形成する。なお、ゲート絶縁膜 5 2 と非晶質シリコン膜 5 3 とは、同じ成膜法で形成することが可能であるため、両者を連続形成してもよい。連続形成することで、一旦大気に曝すことがなくなり、表面の汚染を防ぐことができ、作製する TFT の特性バラツキやしきい値電圧の変動を低減することができる（図 1 1 (B)）。

【 0 0 6 8 】

次いで、非晶質シリコン膜 5 3 に結晶化を促進する触媒元素を塗布して、触媒元素含有層 5 4 を形成する。この後、加熱処理を行い、結晶質シリコン膜を形成する（図 1 1 (C)）。

【 0 0 6 9 】

結晶化工程が終わったら、後の不純物添加工程において結晶質シリコン膜（チャネル形成領域）を保護する絶縁膜 5 5 を 100 ~ 400 nm 厚で形成する。この絶縁膜は、不純物元素を添加する時に結晶質シリコン膜が直接プラズマに曝されないようにするために、さらに、微妙な濃度制御を可能にするために形成される。

【 0 0 7 0 】

次いで、レジストからなるマスクを用いて、後の TFT の活性層となる結晶質シリコン膜に n 型不純物元素を添加して TFT のソース領域およびドレイン領域を形成する。n 型不純物元素を高濃度で添加した後、さらにソース領域およびドレイン領域に加速電圧を 10 kV で 60 分（ドーズ量は、 $1.2 \times 10^{18} \text{ ions/cm}^2$ ）で水素を添加する。水素の添加方法は、イオンドープ法、プラズマによる処理、熱による拡散など公知の方法を用いればよい。

【 0 0 7 1 】

続いて、低濃度で n 型不純物元素を添加して LDD 領域した後、n チャネル型 TFT をマスクで覆って、後の p チャネル型 TFT の活性層となる結晶質シリコン膜に p 型不純物元素を添加して、ソース領域およびドレイン領域を形成する（図 1 1 (D)、図 1 2 (A)）。

【 0 0 7 2 】

次いで、結晶質シリコン膜に添加された不純物元素を活性化する工程を行う。活性化とともに、結晶化工程でシリコン膜に塗布した触媒元素の捕獲（ゲッタリング）も行う。加熱処理の際の雰囲気として、ロータリーポンプやメカニカルプースターポンプにより排気を行って、減圧の雰囲気としてもよい。

【 0 0 7 3 】

次いで、結晶質シリコン膜上の絶縁膜を除去し、結晶質シリコン膜を所望の形状にパターニングした後、層間絶縁膜 5 6 を形成する。層間絶縁膜は、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜等の絶縁膜から 500 ~ 1500 nm 厚で形成する（図 1 2 (B)）。

【 0 0 7 4 】

その後、それぞれの TFT のソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを形成して、各 TFT を電気的に接続するための配線 5 7 を形成する（図 1 2 (C)）。

【 0 0 7 5 】

以上のように本発明は、TFT の形状を問わず、どのような形状の TFT にも適応して用

10

20

30

40

50

いることができる。

【0076】

(実施例5)

本発明を実施して形成されたCMOS回路や画素部はアクティブマトリクス型液晶ディスプレイ(液晶表示装置)に用いることができる。即ち、それら液晶表示装置を表示部に組み込んだ電気器具全てに本発明を実施できる。

【0077】

その様な電気器具としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター(リア型またはフロント型)、ヘッドマウントディスプレイ(ゴーグル型ディスプレイ)、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等)などが挙げられる。それらの一例を図13、図14及び図15に示す。

【0078】

図13(A)はパーソナルコンピュータであり、本体2001、画像入力部2002、表示部2003、キーボード2004等を含む。

【0079】

図13(B)はビデオカメラであり、本体2101、表示部2102、音声入力部2103、操作スイッチ2104、バッテリー2105、受像部2106等を含む。

【0080】

図13(C)はモバイルコンピュータ(モービルコンピュータ)であり、本体2201、カメラ部2202、受像部2203、操作スイッチ2204、表示部2205等を含む。

【0081】

図13(D)はゴーグル型ディスプレイであり、本体2301、表示部2302、アーム部2303等を含む。

【0082】

図13(E)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤーであり、本体2401、表示部2402、スピーカ部2403、記録媒体2404、操作スイッチ2405等を含む。なお、このプレーヤーは記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。

【0083】

図13(F)はデジタルカメラであり、本体2501、表示部2502、接眼部2503、操作スイッチ2504、受像部(図示しない)等を含む。

【0084】

図14(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。

【0085】

図14(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。

【0086】

なお、図14(C)は、図14(A)及び図14(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14(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。

【0087】

また、図14(D)は、図14(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281

10

20

30

40

50

2、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 14 (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。

【0088】

ただし、図 14 に示したプロジェクターにおいては、透過型の電気光学装置を用いた場合を示しており、反射型の液晶表示装置の適用例は図示していない。

【0089】

図 15 (A) は携帯電話であり、3001 は表示用パネル、3002 は操作用パネルである。表示用パネル 3001 と操作用パネル 3002 とは接続部 3003 において接続されている。接続部 3003 における、表示用パネル 3001 の表示部 3004 が設けられている面と操作用パネル 3002 の操作キー 3006 が設けられている面との角度は、任意に変えることができる。

さらに、音声出力部 3005、操作キー 3006、電源スイッチ 3007、音声入力部 3008 を有している。

【0090】

図 15 (B) は携帯書籍（電子書籍）であり、本体 3001、表示部 3002、3003、記憶媒体 3004、操作スイッチ 3005、アンテナ 3006 等を含む。

【0091】

図 15 (C) はディスプレイであり、本体 3101、支持台 3102、表示部 3103 等を含む。

【0092】

以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電気器具に適用することが可能である。また、本実施例の電気器具は実施例 1 ~ 4 を組み合わせて実現することができる。

【0093】

【発明の効果】

本発明を用いることにより、触媒元素を半導体層から効率よくゲッタリング（捕獲）することができ、結晶性のよい半導体膜を得ることができる。また、本発明を用いて作製された半導体膜を活性層として信頼性の高い TFT を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 光学顕微鏡による観察図面代用写真。

【図 2】 光学顕微鏡による観察図面代用写真。

【図 3】 本発明の実施の一例を示す図。

【図 4】 水素添加量とエッチピット数の関係を示す図。

【図 5】 本発明の実施の一例を示す図。

【図 6】 本発明の実施の一例を示す図。

【図 7】 本発明の実施の一例を示す図。

【図 8】 本発明の実施の一例を示す図。

【図 9】 本発明の実施の一例を示す図。

【図 10】 本発明の実施の一例を示す図。

【図 11】 本発明の実施の一例を示す図。

【図 12】 本発明の実施の一例を示す図。

【図 13】 電気器具の一例を示す図。

【図 14】 電気器具の一例を示す図。

【図 15】 電気器具の一例を示す図。

【図 16】 ラマン分光による測定結果を示す図。

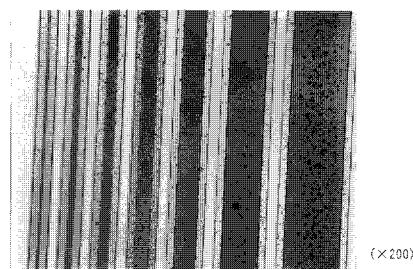
10

20

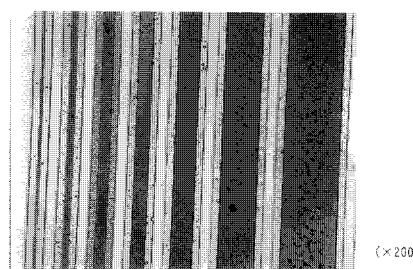
30

40

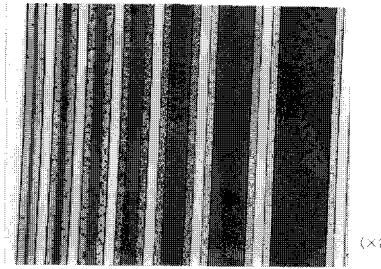
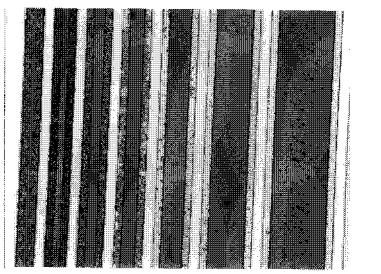
【図1】



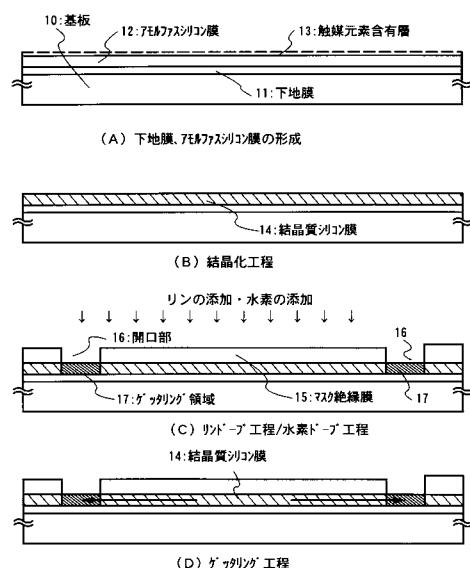
(A) 水素添加なし

(B) 水素添加: 加速電圧10keV 添加時間15min ドーズ量 $3.1 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$

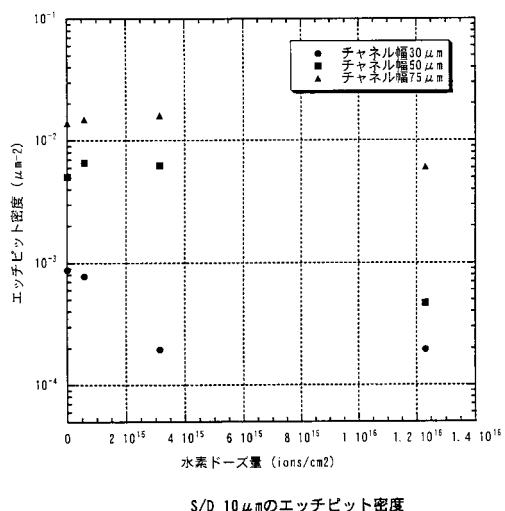
【図2】

(A) 水素添加: 加速電圧10keV 添加時間15min ドーズ量 $3.1 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$ (B) 水素添加: 加速電圧10keV 添加時間60min ドーズ量 $1.2 \times 10^{16} \text{ ions/cm}^2$

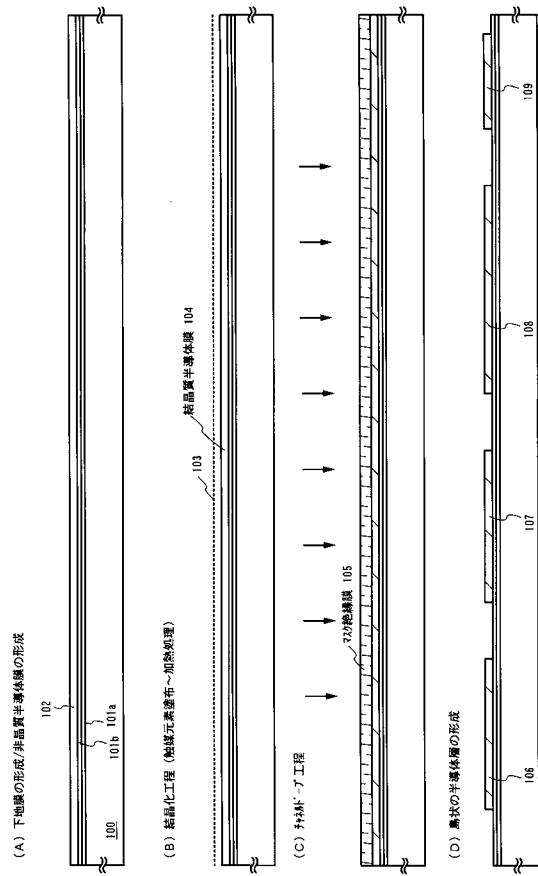
【図3】



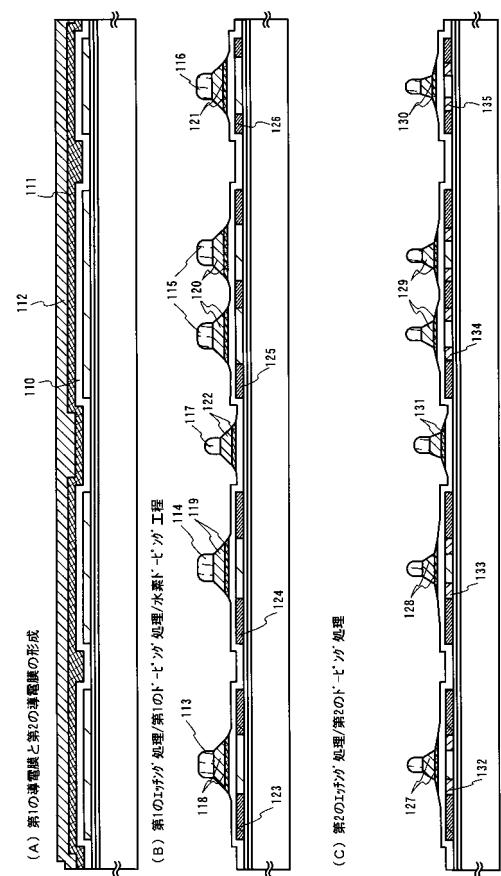
【図4】



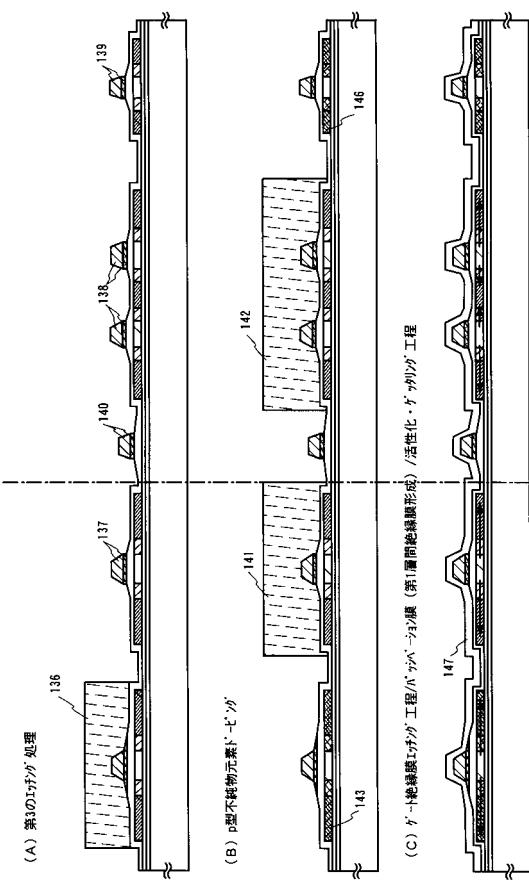
【図5】



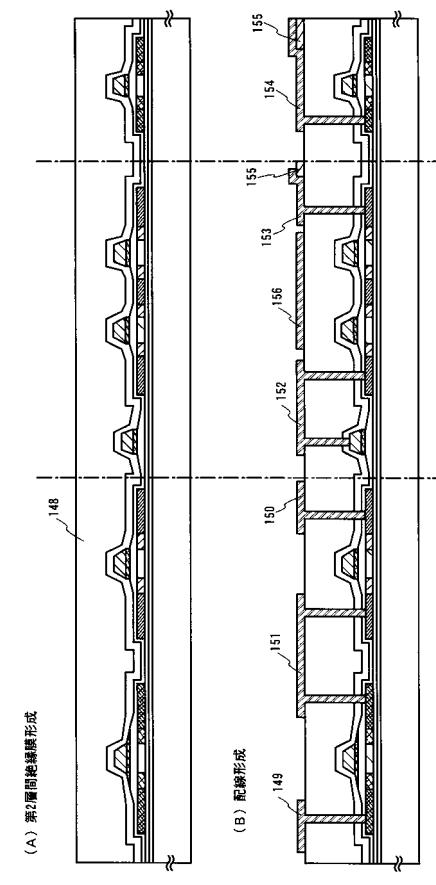
【図6】



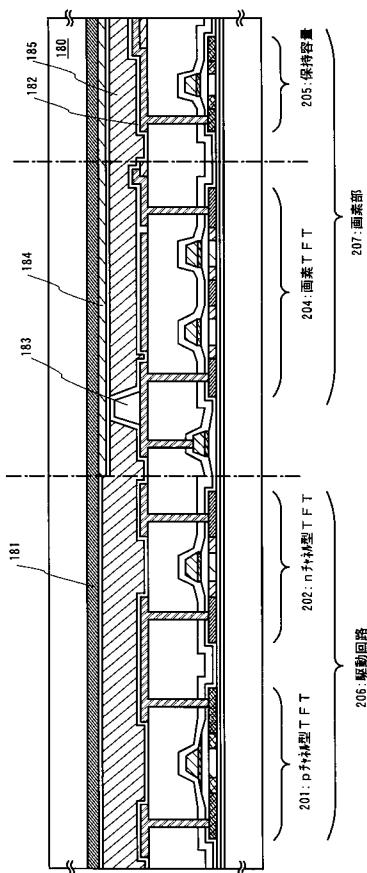
【図7】



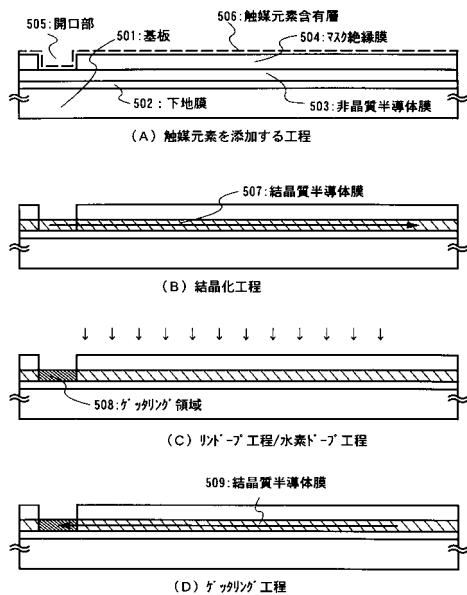
【図8】



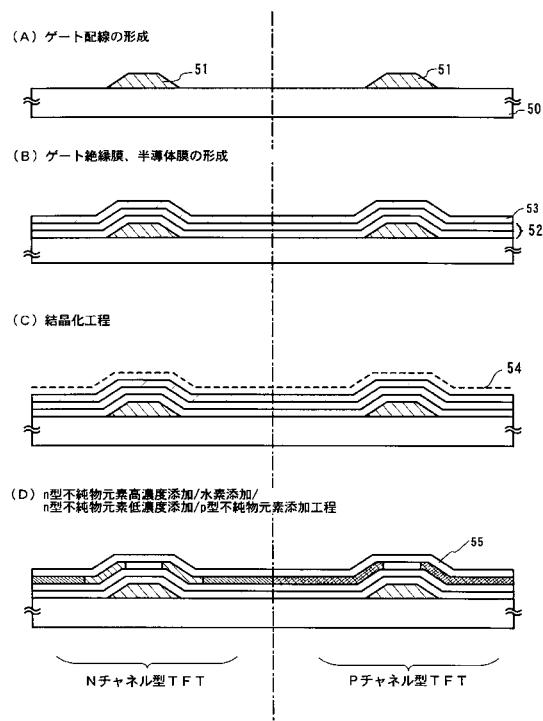
【図9】



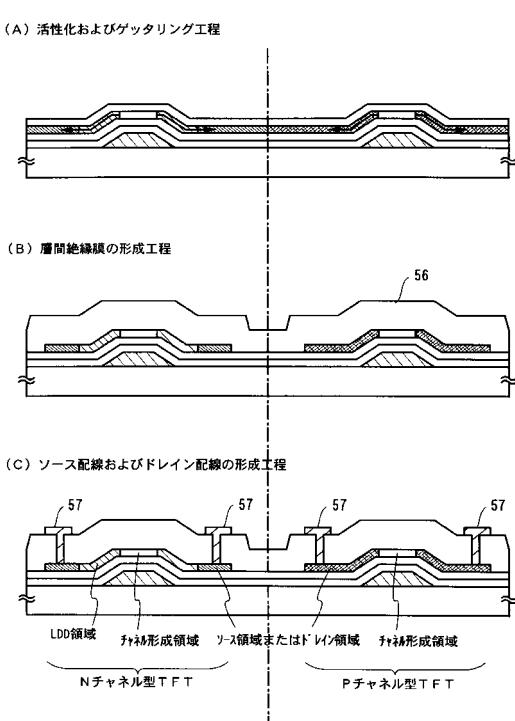
【図10】



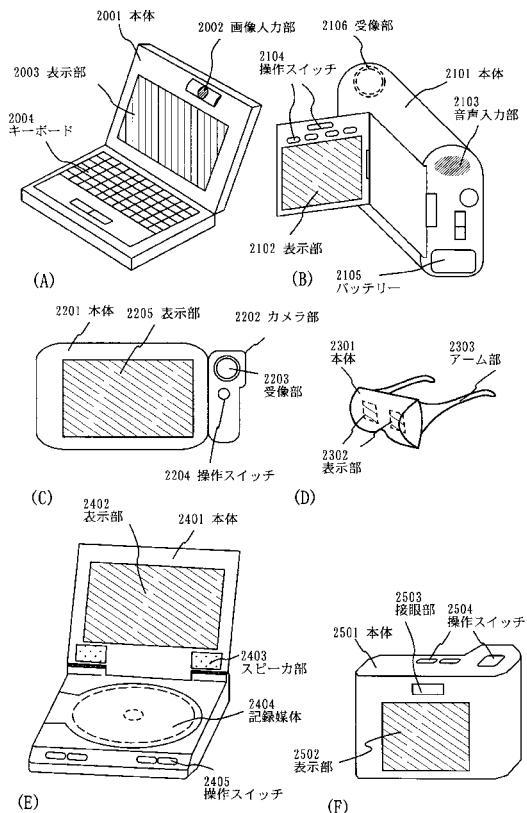
【図11】



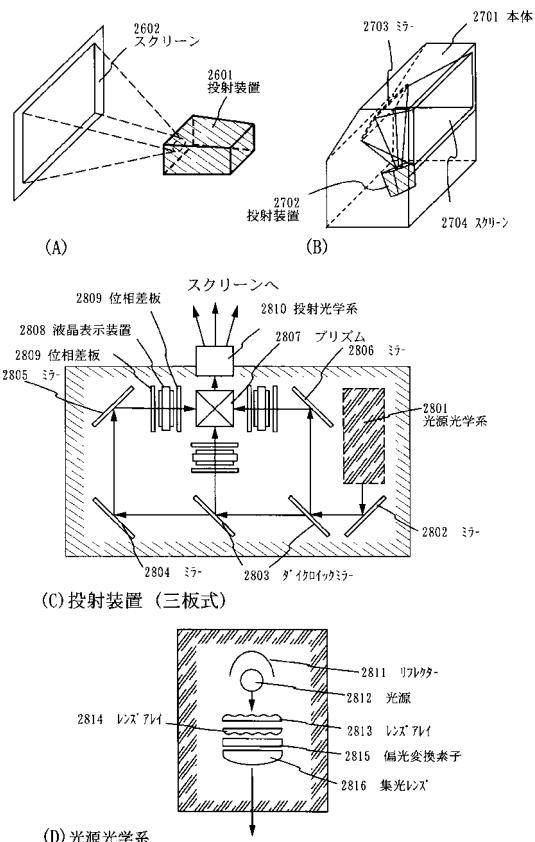
【図12】



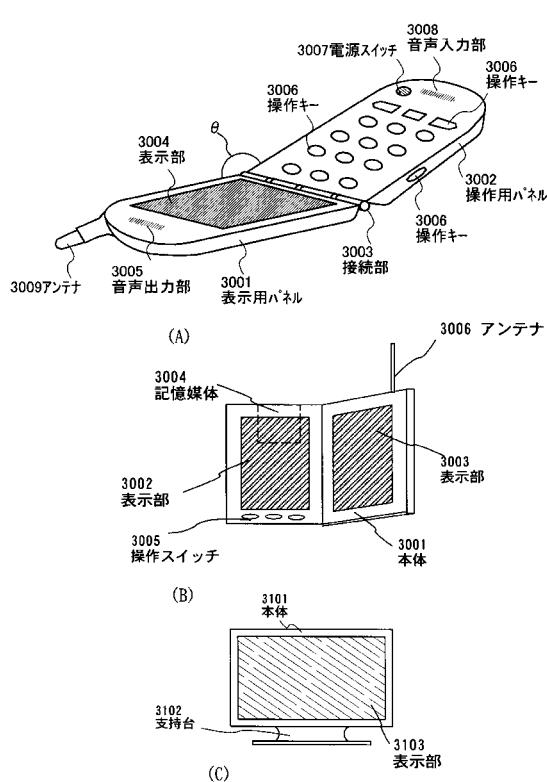
【図13】



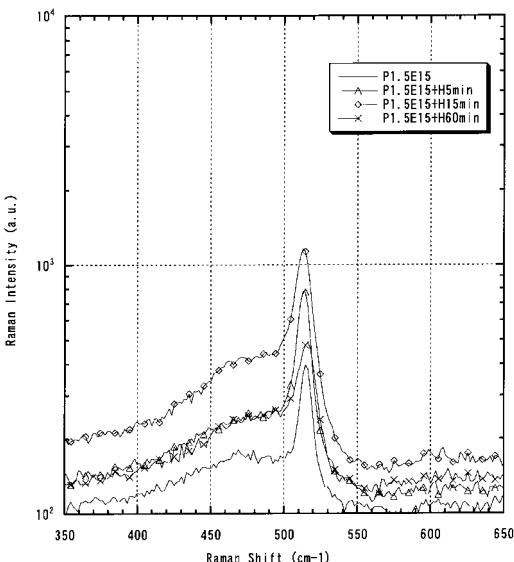
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-133594(JP,A)
特開2000-228527(JP,A)
特開平10-223534(JP,A)
特開平08-236471(JP,A)
特開平05-109737(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/20
H01L 21/322
H01L 21/336
H01L 29/786