

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5395414号
(P5395414)

(45) 発行日 平成26年1月22日(2014.1.22)

(24) 登録日 平成25年10月25日(2013.10.25)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 29/786 (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01)H01L 29/78 618E
H01L 29/78 617S
H01L 29/78 612Z

請求項の数 9 (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2008-307037 (P2008-307037)
 (22) 出願日 平成20年12月2日 (2008.12.2)
 (65) 公開番号 特開2009-158945 (P2009-158945A)
 (43) 公開日 平成21年7月16日 (2009.7.16)
 審査請求日 平成23年11月7日 (2011.11.7)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-312797 (P2007-312797)
 (32) 優先日 平成19年12月3日 (2007.12.3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 山崎 舜平
 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 棚田 一也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】薄膜トランジスタの作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ゲート絶縁膜を形成する第1の工程と、
 前記ゲート絶縁膜上にゲルマニウム膜を形成する第2の工程と、
 フッ素、フッ化物気体、または水素の少なくとも一つ以上を導入し高周波電源を印加して、前記ゲルマニウム膜の一部をエッティングする第3の工程と、
 ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素を導入し高周波電源を印加して、前記ゲート絶縁膜上に微結晶ゲルマニウム膜を形成する第4の工程と、
 シリコンを含む堆積性気体、及び水素を導入し高周波電源を印加して、前記微結晶ゲルマニウム膜上にバッファ層を形成する第5の工程と、を有し、
 前記ゲート絶縁膜、前記微結晶ゲルマニウム膜、及び前記バッファ層を用いて薄膜トランジスタを作製することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項2】

請求項1において、
 前記第2の工程の前に、フッ素、フッ化物気体、または水素の少なくとも一つ以上を導入し高周波電源を印加して、前記ゲート絶縁膜をプラズマに曝す工程を有することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項3】

請求項1または2において、

前記第2の工程において、少なくともゲルマニウムを含む堆積性気体を導入し高周波電

10

20

力を印加して、前記ゲート絶縁膜上に前記ゲルマニウム膜を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 4】

請求項3において、

前記ゲルマニウム膜は、非晶質ゲルマニウム膜、または微結晶ゲルマニウム膜であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 5】

請求項1または2において、

前記第2の工程において、水素、または希ガスを用いてゲルマニウムターゲットをスパッタリングして、前記ゲート絶縁膜上に前記ゲルマニウム膜として非晶質ゲルマニウム膜を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。 10

【請求項 6】

請求項1乃至5のいずれか一項において、

前記第1の工程の前に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を前記第1の工程を行う反応室内に流す工程を有することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 7】

請求項1乃至4のいずれか一項において、

前記第2の工程において、前記ゲルマニウム膜を形成する際に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を導入し高周波電力を印加して、前記ゲート絶縁膜上に前記ゲルマニウム膜の代わりに、ドナーとなる不純物元素を含むゲルマニウム膜を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。 20

【請求項 8】

請求項1乃至5のいずれか一項において、

前記第3の工程において、前記フッ素、フッ化物気体、または水素の少なくとも一つ以上と共に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を導入し高周波電力を印加して、前記ゲルマニウム膜の一部をエッティングすると共に、前記エッティングされたゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 9】

請求項1乃至5のいずれか一項において、

前記第4の工程において、前記ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素と共に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を導入し、高周波電力を印加して、ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。 30

。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

薄膜トランジスタ及び少なくとも画素部に薄膜トランジスタを用いた表示装置、並びにこれらの作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜（厚さ数十～数百nm程度）を用いて薄膜トランジスタを構成する技術が注目されている。薄膜トランジスタはICや電気光学装置のような電子デバイスに広く応用され、特に画像表示装置のスイッチング素子として開発が急がれている。 40

【0003】

画像表示装置のスイッチング素子として、非晶質半導体膜を用いた薄膜トランジスタ、結晶粒径が100nm以上の多結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタ等が用いられている。多結晶半導体膜の形成方法としては、パルス発振のエキシマレーザビームを光学系により線状に加工して、非晶質珪素膜に対し線状ビームを走査させながら照射して結晶化する技術が知られている。 50

【 0 0 0 4 】

また、画像表示装置のスイッチング素子として、微結晶シリコン膜またはゲルマニウムを含む微結晶シリコン膜を用いた薄膜トランジスタが用いられている（特許文献 1 及び 2 ）。

【特許文献 1】特開平 4 - 242724 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 49832 号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【 0 0 0 5 】**

多結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタは、非晶質半導体膜を用いた薄膜トランジスタに比べて電界効果移動度が 2 极以上高く、半導体表示装置の画素部とその周辺の駆動回路を同一基板上に一体形成できるという利点を有している。しかしながら、非晶質半導体膜を用いた場合に比べて、半導体膜の結晶化のために工程が複雑化するため、その分歩留まりが低減し、コストが高まるという問題がある。

10

【 0 0 0 6 】

また、微結晶ゲルマニウム膜を用いた薄膜トランジスタは、オフ電流が高いという問題がある。

【 0 0 0 7 】

さらには、異種材料上に微結晶半導体膜を成膜する場合、界面における結晶性が低く、当該微結晶半導体膜を用いた逆スタガ型の薄膜トランジスタにおいて、ゲート絶縁膜及び微結晶半導体膜の界面領域における結晶性が低く、薄膜トランジスタの電気的特性が悪いという問題がある。

20

【 0 0 0 8 】

上述した問題に鑑み、電気特性が優れた薄膜トランジスタ、及びそれを有する表示装置、並びにそれらの作製方法を提案することを課題の一とする。

【課題を解決するための手段】**【 0 0 0 9 】**

微結晶ゲルマニウム膜と、微結晶ゲルマニウム膜の一方の面に接するゲート絶縁膜と、ゲート電極とが重畳する薄膜トランジスタ、及び当該薄膜トランジスタを備えた表示装置において、微結晶ゲルマニウム膜の他方の面にバッファ層が形成されていることを特徴とする。

30

【 0 0 1 0 】

バッファ層としては、非晶質シリコン膜がある。更には、窒素、水素、またはハロゲンのいずれか一つ以上を含む非晶質シリコン膜であってもよい。バッファ層を微結晶ゲルマニウム膜の表面に形成することで、微結晶ゲルマニウム膜に含まれる結晶粒が酸化されることを低減することが可能であると共に、高抵抗領域となるため、当該構造の薄膜トランジスタのオフ電流を低減することが可能である。

【 0 0 1 1 】

バッファ層は、プラズマ CVD 法、スパッタリング法等で形成することができる。また、非晶質シリコン膜を形成した後、非晶質シリコン膜の表面を窒素プラズマ、水素プラズマ、またはハロゲンプラズマで処理して非晶質シリコン膜を窒素化、水素化またはハロゲン化することができる。

40

【 0 0 1 2 】

また、ゲート絶縁膜上にゲルマニウム膜を形成し、当該ゲルマニウム膜にプラズマを照射してゲルマニウム膜の一部をエッティングして、結晶性が高い結晶核を密度高く形成する。次に、ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素を原料ガスとしたプラズマ CVD 法により、ゲート絶縁膜上に結晶性の高い微結晶ゲルマニウム膜を形成する。

【 0 0 1 3 】

ゲート絶縁膜上に形成するゲルマニウム膜としては、非晶質ゲルマニウム膜、または微結晶ゲルマニウム膜をスパッタリング法、 CVD 法等により形成する。

50

【0014】

ゲルマニウム膜に照射するプラズマとしては、水素、フッ素、フッ化物のいずれか一つ以上をプラズマCVD装置の反応室内に導入し、高周波電源を印加してプラズマを発生させる。当該プラズマには、少なくとも、水素プラズマまたはフッ素プラズマが含まれており、ゲルマニウム膜の非晶質成分をエッティングする。特に、ゲルマニウム膜が微結晶ゲルマニウム膜の場合、結晶粒が小さく、その間を埋める非晶質成分をエッティングすることで、結晶性の高い結晶核を密度高く残存させることができる。また、ゲート絶縁膜上に形成されるゲルマニウム膜が非晶質ゲルマニウム膜の場合は、非晶質成分をエッティングするとともに、一部を結晶化し、微細な結晶核を密度高く形成することができる。このため、ゲート絶縁膜との界面における非晶質成分をもプラズマによりエッティングされるため、ゲート絶縁膜上には結晶性の高い結晶核を形成することができる。10

【0015】

ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素を原料ガスとしたプラズマCVD法により、結晶核から結晶成長させる。結晶成長はゲート絶縁膜表面に対して法線方向に結晶成長するため、柱状の結晶粒が繋がった微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。また、ゲート絶縁膜上にある結晶核から結晶成長するため、ゲート絶縁膜との界面における結晶性が高く、また膜中の結晶性も高い微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。また、このような微結晶ゲルマニウム膜を薄膜トランジスタのチャネル形成領域に用いることで、電界効果移動度やオン電流の高い薄膜トランジスタを作製することができる。

【0016】

なお、ゲート絶縁膜上にゲルマニウム膜を形成する前に、フッ素、フッ化物気体、または水素の少なくとも一つ以上をプラズマCVD装置の反応室内に導入し高周波電源を印加して、プラズマを発生させて、ゲート絶縁膜の一部をエッティングしてもよい。当該エッティングによりゲート絶縁膜の表面に凹凸を形成することができる。当該凹凸を有するゲート絶縁膜上にゲルマニウム膜を形成し、プラズマに曝すことにより、結晶核の密度を高めやすくなり、柱状の結晶粒が密接に繋がった微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。20

【0017】

また、微結晶ゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加してもよい。微結晶ゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加することで、微結晶ゲルマニウム膜の結晶性が高まり、導電率が高まるとともに、ゲート絶縁膜との界面における結晶性を高めることができる。このため、当該ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜を薄膜トランジスタのチャネル形成領域に用いることで、電界効果移動度やオン電流の高い薄膜トランジスタを作製することができる。30

【0018】

微結晶ゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加する方法としては、ゲート絶縁膜、ゲルマニウム膜、または微結晶ゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加してもよい。ゲート絶縁膜にドナーとなる不純物元素を添加する場合は、ゲート絶縁膜を形成する前に、反応室内に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を流し、反応室内壁及びゲート絶縁膜の下地部材にドナーとなる不純物元素を吸着させる。または、ゲート絶縁膜の原料ガスとともに、ドナーとなる不純物元素を含む気体を導入してもよい。40

【0019】

微結晶ゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加する場合は、ゲルマニウム膜を形成する前に反応室内に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を流し、反応室内壁及びゲート絶縁膜にドナーとなる不純物元素を吸着させててもよい。または、ゲート絶縁膜上に形成されるゲルマニウム膜の原料ガスとともに、ドナーとなる不純物元素を含む気体を導入してもよい。または、ゲルマニウム膜をエッティングする際、フッ素、フッ化物気体、または水素の少なくとも一つ以上とともに、ドナーとなる不純物元素を含む気体を用いて、プラズマを発生させることで、水素ラジカルまたはフッ素ラジカルでゲート絶縁膜上に形成されるゲルマニウム膜の非晶質成分をエッティングするとともに、エッティングされたゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加してもよい。50

【0020】

微結晶ゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加する場合は、微結晶ゲルマニウム膜を形成する前に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を流し、反応室内壁、ゲート絶縁膜、及びエッチングされたゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を吸着させてもよい。または、微結晶ゲルマニウム膜の原料ガスとともに、ドナーとなる不純物元素を含む気体を導入してもよい。

【0021】

また、微結晶ゲルマニウム膜を用い、薄膜トランジスタ（TFT）を作製し、該薄膜トランジスタを画素部、さらには駆動回路に用いて表示装置を作製する。微結晶ゲルマニウム膜を用いた薄膜トランジスタは、その電界効果移動度が非晶質シリコン膜や微結晶シリコン膜を用いた薄膜トランジスタよりも高いため、駆動回路の一部または全体を、画素部と同じ基板上に一体形成し、システムオンパネルを形成することができる。10

【0022】

また、表示装置としては、発光装置や液晶表示装置を含む。発光装置は発光素子を含み、液晶表示装置は液晶素子を含む。発光素子は、電流または電圧によって輝度が制御される素子をその範疇に含んでおり、具体的には有機EL（エレクトロルミネッセンス）及び無機ELが含まれる。

【0023】

また、表示装置は、表示素子が封止された状態にあるパネルと、該パネルにコントローラを含むIC等を実装した状態にあるモジュールとを含む。さらに本発明の一は、該表示装置を作製する過程における、表示素子が完成する前の一形態に相当する素子基板に関し、該素子基板は、電流を表示素子に供給するための手段を複数の各画素に備える。素子基板は、具体的には、表示素子の画素電極のみが形成された状態であっても良いし、画素電極となる導電膜を成膜した後であって、エッチングして画素電極を形成する前の状態であっても良いし、あらゆる形態があてはまる。20

【0024】

なお、本明細書中における表示装置とは、画像表示デバイス、発光デバイス、もしくは光源（照明装置含む）を指す。また、コネクター、例えばFPC（Flexible printed circuit）もしくはTAB（Tape Automated Bonding）テープもしくはTCP（Tape Carrier Package）が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または表示素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て表示装置に含むものとする。30

【発明の効果】

【0025】

チャネル形成領域に微結晶ゲルマニウム膜を用いることで、電界効果移動度及びオン電流の高い薄膜トランジスタを作製することができる。また、チャネル形成領域として機能する微結晶ゲルマニウム膜と、ソース領域またはドレイン領域との間に、バッファ層を設けることで、オフ電流の低い薄膜トランジスタを作製することができる。即ち、電気特性が優れた薄膜トランジスタを作製することができる。また、それを有する表示装置を作製することができる。40

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、発明の実施の形態について、図面を用いて以下に説明する。但し、開示される発明は以下の説明に限定されず、開示される発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細をさまざまに変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、開示される発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。以下に開示される発明の構成において、同じものを指す符号は異なる図面間で共通して用いる。

【0027】

(実施の形態 1)

図1に示す薄膜トランジスタは、基板50上にゲート電極51が形成され、ゲート電極51上にゲート絶縁膜52a、52bが形成され、ゲート絶縁膜52b上に微結晶ゲルマニウム膜61が形成され、微結晶ゲルマニウム膜61上にバッファ層73が形成され、バッファ層73上に一導電型を付与する不純物元素が添加された一対の半導体膜72が形成され、一導電型を付与する不純物元素が添加された一対の半導体膜72上に配線71a～71cが形成される。ゲート絶縁膜52b上に形成される微結晶ゲルマニウム膜61が、薄膜トランジスタのチャネル形成領域として機能し、バッファ層73が高抵抗領域として機能する。

【0028】

10

基板50は、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、若しくはアルミノシリケートガラスなど、フュージョン法やフロート法で作製される無アルカリガラス基板、セラミック基板の他、本作製工程の処理温度に耐えうる耐熱性を有するプラスチック基板等を用いることができる。また、ステンレス合金などの金属基板の表面に絶縁膜を設けた基板を適用しても良い。

【0029】

ゲート電極51は、金属材料で形成される。金属材料としてはアルミニウム、クロム、チタン、タンタル、モリブデン、銅などが適用される。ゲート電極51の好適例は、アルミニウム又はアルミニウムとバリア金属の積層構造体によって形成される。バリア金属としては、チタン、モリブデン、クロムなどの高融点金属が適用される。バリア金属はアルミニウムのヒロック防止、酸化防止のために設けることが好ましい。

20

【0030】

ゲート電極51は厚さ50nm以上300nm以下で形成する。ゲート電極51の厚さを50nm以上100nm以下とすることで、後に形成される微結晶ゲルマニウム膜や配線の段切れ防止が可能である。また、ゲート電極51の厚さを150nm以上300nm以下とすることで、ゲート電極51の抵抗率を低減することが可能であり、基板の大面積化が可能である。

【0031】

30

なお、ゲート電極51上には微結晶ゲルマニウム膜や配線を形成するので、段切れ防止のため端部がテーパー状になるように加工することが望ましい。また、図示しないがこの工程でゲート電極に接続する配線や容量配線も同時に形成することができる。

【0032】

ゲート絶縁膜52a、52bはそれぞれ、厚さ50～150nmの酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜、または窒化酸化珪素膜で形成することができる。ここでは、ゲート絶縁膜52aとして窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜を形成し、ゲート絶縁膜52bとして酸化珪素膜または酸化窒化珪素膜を形成して積層する形態を示す。なお、ゲート絶縁膜を2層とせず、ゲート絶縁膜を、酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜、または窒化酸化珪素膜の単層で形成することができる。

【0033】

40

ゲート絶縁膜52aを窒化珪素膜、または窒化酸化珪素膜を用いて形成することで、基板50とゲート絶縁膜52aの密着力が高まり、基板50としてガラス基板を用いた場合、基板50からの不純物が微結晶ゲルマニウム膜61に拡散するのを防止することができる、さらにゲート電極51の酸化防止が可能である。即ち、膜剥れを防止することができると共に、後に形成される薄膜トランジスタの電気特性を向上させることができる。また、ゲート絶縁膜52a、52bはそれぞれ厚さ50nm以上であると、ゲート電極51の凹凸による被覆率の低減を緩和することができるため好ましい。

【0034】

50

ここでは、酸化窒化珪素膜とは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多いものであって、組成範囲として酸素が55～65原子%、窒素が1～20原子%、Siが25～35原子%、水素が0.1～10原子%の範囲で含まれるものという。また、窒化酸化珪

素膜とは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多いものであって、組成範囲として酸素が15～30原子%、窒素が20～35原子%、Siが25～35原子%、水素が15～25原子%の範囲で含まれるものという。

【0035】

微結晶ゲルマニウム膜61は、非晶質と結晶構造（単結晶、多結晶を含む）の中間的な構造のゲルマニウムを含む膜である。この微結晶ゲルマニウム膜は、自由エネルギー的に安定な第3の状態を有し、短距離秩序を持ち格子歪みを有する結晶質なものであり、粒径が0.5～100nm、好ましくは1～20nmの柱状または針状結晶が基板表面に対して法線方向に成長している。また、複数の微結晶ゲルマニウムの間に非晶質ゲルマニウムが存在している。

10

【0036】

単結晶ゲルマニウムのバンドギャップは約0.7eVであり、非晶質ゲルマニウムのバンドギャップは約1.2eVである。このため、微結晶ゲルマニウム膜のバンドギャップは0.7eVより高く、1.2eVより低い。なお、単結晶シリコンのバンドギャップは1.1eVであり、非晶質シリコンのバンドギャップは約1.7eVである。また、微結晶シリコン膜のバンドギャップは1.1eVより高く、1.7eVより低い。単結晶シリコンよりも単結晶ゲルマニウムの抵抗率が低く、移動度が高いため、微結晶ゲルマニウム膜をチャネル形成領域に用いた薄膜トランジスタは、微結晶シリコン膜をチャネル形成領域に用いた薄膜トランジスタと比較して、電界効果移動度やオン電流が高くなる。

【0037】

微結晶ゲルマニウム膜61は、1nm以上厚く200nm以下、好ましくは1nm以上80nm以下、好ましくは5nm以上30nm以下で形成する。少なくとも、微結晶ゲルマニウム膜61の厚さを1nm以上50nm以下とすることで、完全空乏型の薄膜トランジスタを作製することができる。

20

【0038】

また、微結晶ゲルマニウム膜の酸素濃度、及び窒素濃度は、 3×10^{19} atoms/cm³未満、更に好ましくは 3×10^{18} atoms/cm³未満、炭素の濃度を 3×10^{18} atoms/cm³以下とすることが好ましい。酸素、窒素、または炭素が微結晶ゲルマニウム膜に混入する濃度を低減することで、微結晶ゲルマニウム膜の欠陥の生成を抑制する事ができる。さらには、酸素、または窒素が微結晶ゲルマニウム膜中に入っていると、結晶化しにくい。このため、微結晶ゲルマニウム膜中の酸素濃度、窒素濃度が比較的低いことで、微結晶ゲルマニウム膜の結晶性を高めることができる。

30

【0039】

また、本実施の形態の微結晶ゲルマニウム膜には、アクセプターとなる不純物元素を、成膜と同時に、或いは成膜後に添加することで、しきい値制御をすることが可能となる。アクセプターとなる不純物元素としては、代表的には硼素であり、B₂H₆、BF₃などの不純物気体を1ppm～1000ppm、好ましくは1～100ppmの割合でゲルマニウムを含む堆積性気体に混入させると良い。そしてボロンの濃度は、例えば $1 \times 10^{14} \sim 6 \times 10^{16}$ atoms/cm³とすると良い。

【0040】

40

また、バッファ層73としては、非晶質シリコン膜を用いる。または、フッ素、若しくは塩素のハロゲンが含まれる非晶質シリコン膜を用いる。または、窒素が含まれる非晶質シリコン膜を用いる。バッファ層73の厚さを50nm～200nmとする。

【0041】

バッファ層73は、非晶質シリコン膜で形成されるため、エネルギーギャップが微結晶ゲルマニウム膜61に比べて大きく、また抵抗率が高く、移動度が微結晶ゲルマニウム膜61より低い。このため、後に形成される薄膜トランジスタにおいて、バッファ層73は高抵抗領域として機能し、ソース領域及びドレイン領域として機能する半導体膜72と、微結晶ゲルマニウム膜61との間に生じるリーケ電流を低減することができる。また、オフ電流を低減することができる。

50

【0042】

また、微結晶ゲルマニウム膜61の表面に、バッファ層73として、非晶質シリコン膜、更には水素、窒素、またはハロゲンを含む非晶質シリコン膜を形成することで、微結晶ゲルマニウム膜61に含まれる結晶粒の表面の自然酸化を防止することが可能である。特に、非晶質ゲルマニウムと微結晶ゲルマニウムが接する領域では、局部応力により亀裂が入りやすい。この亀裂が酸素に触れると微結晶ゲルマニウムは酸化される。しかしながら、微結晶ゲルマニウム膜61の表面にバッファ層73を形成することで、微結晶ゲルマニウムの酸化を防ぐことができる。

【0043】

一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜72は、nチャネル型の薄膜トランジスタを形成する場合には、代表的な不純物元素としてリンを添加すれば良く、シリコンを含む堆積性気体にPH₃などの不純物気体を加えれば良い。また、pチャネル型の薄膜トランジスタを形成する場合には、代表的な不純物元素としてボロンを添加すれば良く、シリコンを含む堆積性気体にB₂H₆などの不純物気体を加えれば良い。リンまたはボロンの濃度を $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21}$ atoms/cm³とすることで、導電膜とオームックコンタクトすることが可能であり、ソース領域及びドレイン領域として機能する。一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜72は、微結晶シリコン膜、または非晶質シリコン膜で形成することができる。一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜72は、5nm以上50nm以下の厚さで形成する。一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜の膜厚を、薄くすることでスループットを向上させることができる。

10

【0044】

配線71a～71cは、アルミニウム、銅、若しくは銅、シリコン、チタン、ネオジム、スカンジウム、モリブデンなどの、マイグレーション防止元素、耐熱性向上元素若しくはヒロック防止元素が添加されたアルミニウム合金の単層または積層で形成することができる。また、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜と接する側の膜を、チタン、タンタル、モリブデン、タングステン、またはこれらの元素の窒化物で形成し、その上にアルミニウムまたはアルミニウム合金を形成した積層構造としても良い。更には、アルミニウムまたはアルミニウム合金の上面及び下面を、チタン、タンタル、モリブデン、タングステン、またはこれらの元素の窒化物で挟んだ積層構造としてもよい。ここでは、導電膜としては、配線71a～71cの3層が積層した構造の導電膜を示し、配線71a、71cにモリブデン膜、導電膜71bにアルミニウム膜を用いた積層導電膜や、配線71a、71cにチタン膜、導電膜71bにアルミニウム膜を用いた積層構造を示す。

20

【0045】

本実施の形態に示すように、微結晶ゲルマニウム膜を薄膜トランジスタのチャネル形成領域に用いることで、微結晶シリコン膜やアモルファスシリコン膜をチャネル形成領域に有する薄膜トランジスタより、電界効果移動度やオン電流を高めることができる。また、チャネル形成領域として機能する微結晶ゲルマニウム膜と、ソース領域またはドレイン領域との間にバッファ層として、抵抗率の高い非晶質シリコン膜を設けることで、バッファ層が高抵抗領域として機能し、薄膜トランジスタのオフ電流を低減することができる。このため、薄膜トランジスタのON/OFF比、電界効果移動度を高め、電気特性を向上させることができる。

30

【0046】

(実施の形態2)

本実施の形態では、実施の形態1と比較して、移動度の高い微結晶ゲルマニウム膜を有する薄膜トランジスタについて、図2を用いて示す。

40

【0047】

図2に示す薄膜トランジスタは、基板50上にゲート電極51が形成され、ゲート電極51上にゲート絶縁膜52a、52bが形成され、ゲート絶縁膜52b上に、ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜64が形成され、ドナーとなる不純物元素を含む

50

微結晶ゲルマニウム膜64上にバッファ層73が形成され、バッファ層73上に一導電型を付与する不純物元素が添加された一対の半導体膜72が形成され、一導電型を付与する不純物元素が添加された一対の半導体膜72上に配線71a～71cが形成される。また、ゲート絶縁膜52b上に形成される微結晶ゲルマニウム膜64がチャネル形成領域として機能し、バッファ層73が高抵抗領域として機能する。

【0048】

ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜64には、二次イオン質量分析法(SIMS、Secondary Ion Mass Spectrometry)による測定濃度が 6×10^{15} atoms/cm³以上 3×10^{18} atoms/cm³以下、好ましくは 3×10^{16} atoms/cm³以上 3×10^{17} atoms/cm³以下のドナーとなる不純物元素が含まれる。また、ドナーとなる不純物元素としては、リン、砒素、アンチモン等がある。

【0049】

微結晶ゲルマニウム膜64に含まれるドナーとなる不純物元素の濃度を上記範囲とすることにより、ゲート絶縁膜52b、及びドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜64の界面における結晶性を高めることができ、ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜64の抵抗率を低減することができる。このため、当該微結晶ゲルマニウム膜64をチャネル形成領域に有する薄膜トランジスタは、電界効果移動度が高く、オン電流が高い。なお、微結晶ゲルマニウム膜64に含まれるドナーとなる不純物元素のピーク濃度を 6×10^{15} atoms/cm³未満とすると、ドナーとなる不純物元素の量が不十分で、電界効果移動度、及びオン電流の上昇が望めない。また、微結晶ゲルマニウム膜64に含まれるドナーとなる不純物元素のピーク濃度を 3×10^{18} atoms/cm³より大とすると、閾値がゲート電圧のマイナス側にシフトしてしまい、トランジスタとしての動作をしないため、ドナーとなる不純物元素の濃度は、 6×10^{15} atoms/cm³以上 3×10^{18} atoms/cm³以下、好ましくは 3×10^{16} atoms/cm³以上 3×10^{17} atoms/cm³以下であることが好ましい。

【0050】

なお、ここでは、ドナーとなる不純物元素は微結晶ゲルマニウム膜64にのみ含まれる形態を示したが、ゲート絶縁膜52a、またはゲート絶縁膜52bに含まれてもよい。ゲート絶縁膜52a、または52bにドナーとなる不純物元素が含まれることにより、ゲート絶縁膜の表面にはドナーとなる不純物元素が析出する。ドナーとなる不純物元素がゲート絶縁膜52bの表面に析出することで、微結晶ゲルマニウム膜64が堆積し始める際の結晶性を高めることができる。また、ゲート絶縁膜において、ゲート電極側にドナーとなる不純物元素を含ませることで、低濃度の不純物元素をゲート絶縁膜の微結晶ゲルマニウム膜64側に拡散させることができる。

【0051】

以上のことから、ゲート絶縁膜52b及び微結晶ゲルマニウム膜64における界面の結晶性を高めることができ、微結晶ゲルマニウム膜64の抵抗率を低減することができる。このため、薄膜トランジスタの電界効果移動度及び、オン電流を高めることができる。

【0052】

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態1と比較して、電界効果移動度が高く、また歩留まりを高くすることが可能な微結晶ゲルマニウム膜を有する薄膜トランジスタについて、図3を用いて示す。

【0053】

図3に示す薄膜トランジスタは、基板50上にゲート電極51が形成され、ゲート電極51上にゲート絶縁膜52aが形成され、ゲート絶縁膜52a上に、表面が凹凸状であるゲート絶縁膜41が形成され、ゲート絶縁膜41上に、微結晶ゲルマニウム膜67が形成され、微結晶ゲルマニウム膜67上にバッファ層73が形成され、バッファ層73上に一導

10

20

30

40

50

電型を付与する不純物元素が添加された一対の半導体膜 7 2 が形成され、一導電型を付与する不純物元素が添加された一対の半導体膜 7 2 上に配線 7 1 a ~ 7 1 c が形成される。また、ゲート絶縁膜 4 1 上に形成される微結晶ゲルマニウム膜 6 7 がチャネル形成領域として機能し、バッファ層 7 3 が高抵抗領域として機能する。

【 0 0 5 4 】

表面が凹凸状のゲート絶縁膜 4 1 は、拡大図 4 0 で示すように、表面に凹凸が形成される。凹凸の形状は、凸部及び凹部がそれぞれ緩やかな曲線状である波状でもよい。また、凸部の先端は針状に尖り、凹部は緩やかな曲線状をなす形とすることもできる。凹凸の高低差は数 nm ~ 数十 nm である。なお、ゲート絶縁膜 4 1 の表面が凹凸を有するため、ゲート絶縁膜 4 1 と微結晶ゲルマニウム膜 6 7 の密着性が向上する。このため、薄膜トランジスタの作製工程でゲート絶縁膜 4 1 及び微結晶ゲルマニウム膜 6 7 界面における剥離を低減することが可能であり、歩留まりを高めることが可能である。また、微結晶ゲルマニウム膜 6 7 をチャネル形成領域に有する薄膜トランジスタを作製することで、電界効果移動度やオン電流の高い薄膜トランジスタを作製することができる。

10

【 0 0 5 5 】

(実施の形態 4)

ここでは、実施の形態 1 に示す薄膜トランジスタの作製工程について、以下に説明する。

【 0 0 5 6 】

同一の基板上に形成する薄膜トランジスタを全て同じ極性にそろえておくことが、工程数を抑えるためにも望ましい。ここでは、n チャネル型の薄膜トランジスタを用いて説明する。

20

【 0 0 5 7 】

図 4 (A) に示すように、基板 5 0 上にゲート電極 5 1 を形成し、ゲート電極 5 1 上に、ゲート絶縁膜 5 2 a 、 5 2 b を形成する。

【 0 0 5 8 】

ゲート電極 5 1 は、スパッタリング法、CVD 法、めっき法、印刷法、液滴吐出法等を用い、実施の形態 1 に示すゲート電極 5 1 に列挙する金属材料を用いて形成する。ここでは、基板 5 0 上に導電膜としてモリブデン膜をスパッタリング法により成膜し、第 1 のフォトマスクを用いて形成したレジストマスクを用いて基板 5 0 上に形成された導電膜をエッチングしてゲート電極 5 1 を形成する。

30

【 0 0 5 9 】

ゲート絶縁膜 5 2 a 、 5 2 b はそれぞれ、CVD 法やスパッタリング法等を用いて、酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜、または窒化酸化珪素膜で形成することができる。ここでは、ゲート絶縁膜 5 2 a として窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜を形成し、ゲート絶縁膜 5 2 b として酸化珪素膜または酸化窒化珪素膜を形成して積層する形態を示す。

【 0 0 6 0 】

次に、ゲート絶縁膜 5 2 b 上に、ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素を用い、CVD 法を用いて微結晶ゲルマニウム膜 5 3 を形成する。ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素の他、希ガスを用いてもよい。ゲルマニウムを含む堆積性気体としては、ゲルマン (GeH₄) 、ジゲルマン (Ge₂H₆) 、トリゲルマン (Ge₃H₈) 等がある。ゲルマニウムを含む堆積性気体、ここではゲルマンと、水素及び / 又は希ガスとを混合し、グロー放電プラズマにより、微結晶ゲルマニウム膜を形成する。ゲルマンは水素及び / 又は希ガスで 10 倍から 2000 倍に希釈される。基板の加熱温度は 100 ~ 400 、好みしくは 250 ~ 350 で行う。

40

【 0 0 6 1 】

微結晶ゲルマニウム膜 5 3 形成工程においてグロー放電プラズマの生成は、1 MHz から 20 MHz 、代表的には 13.56 MHz 、 27.12 MHz の高周波電力、または 30 MHz より大きく 300 MHz 程度までの VHF 帯の高周波電力、代表的には 60 MHz を印加することで行われる。

【 0 0 6 2 】

50

また、微結晶ゲルマニウム膜53の酸素濃度、及び窒素濃度は、 3×10^{19} atoms/s/cm³未満、更に好ましくは 3×10^{18} atoms/cm³未満、炭素の濃度を 3×10^{18} atoms/cm³以下とすることが好ましい。酸素、窒素、または炭素が微結晶ゲルマニウム膜に混入する濃度を低減することで、微結晶ゲルマニウム膜の欠陥の生成を抑制する事ができる。さらには、酸素、または窒素が微結晶ゲルマニウム膜中に入っていると、結晶化しにくい。このため、微結晶ゲルマニウム膜中の酸素濃度、窒素濃度が比較的低いことで、微結晶ゲルマニウム膜の結晶性を高めることができる。

【0063】

なお、ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素の他に、フッ素またはフッ化物を用いてもよい。フッ化物としては、HF、GeF₄、GeHF₃、GeH₂F₂、GeH₃F、Ge₂F₆等がある。フッ素またはフッ化物を用いることにより、結晶成長の場における非晶質ゲルマニウム成分をフッ素ラジカルがエッティングするため、結晶性の高い結晶成長が起きる。即ち、結晶性の高い微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。

【0064】

また、ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素の他に、シリコンを含む堆積性気体、代表的には、シラン、ジシラン、トリシラン等を用いてゲルマニウムを主成分とし、かつシリコンを含む半導体膜を微結晶ゲルマニウム膜の代わりに形成してもよい。

【0065】

また、本実施の形態の、薄膜トランジスタのチャネル形成領域として機能する微結晶ゲルマニウム膜に対しては、アクセプターとなる不純物元素を、成膜と同時に、或いは成膜後に添加することで、しきい値制御をすることが可能となる。アクセプターとなる不純物元素としては、代表的には硼素であり、B₂H₆、BF₃などの不純物気体を1ppm~1000ppm、好ましくは1~100ppmの割合でゲルマニウムを含む堆積性気体に混入させると良い。そしてボロンの濃度は、 $1 \times 10^{14} \sim 6 \times 10^{16}$ atoms/cm³とすると良い。

【0066】

次に、図4(B)に示すように、微結晶ゲルマニウム膜53上に、バッファ層54及び一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜55を形成する。次に、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜55上にレジストマスク56を形成する。

【0067】

バッファ層54としては、シリコンを含む堆積性気体を用いたプラズマCVD法により非晶質シリコン膜を形成することができる。または、シリコンを含む堆積性気体に、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、ネオンから選ばれた一種または複数種の希ガス元素で希釈して非晶質シリコン膜を形成することができる。または、シリコンを含む堆積性気体の流量の1倍以上10倍以下、更に好ましくは1倍以上5倍以下の流量の水素を用いて、水素を含む非晶質シリコン膜を形成することができる。また、上記非晶質シリコン膜に、フッ素、または塩素のハロゲンを添加してもよい。

【0068】

また、バッファ層54は、ターゲットにシリコンを用いて水素、または希ガスでスパッタリングして非晶質シリコン膜を形成することができる。

【0069】

バッファ層54は、後のソース領域及びドレイン領域の形成プロセスにおいて、一部エッティングされる場合があるが、そのときに、バッファ層54の一部が残存する厚さで形成することが好ましい。代表的には、50nm~200nmの厚さで形成することが好ましい。薄膜トランジスタの印加電圧の高い(例えば15V程度)表示装置、代表的には液晶表示装置において、バッファ層54を厚く形成すると、ドレイン耐圧が高くなり、薄膜トランジスタに高い電圧が印加されても、薄膜トランジスタの劣化を低減することができる。

【0070】

微結晶ゲルマニウム膜53の表面に、非晶質シリコン膜、更には水素、窒素、またはハロゲンを含む非晶質シリコン膜を形成することで、微結晶ゲルマニウム膜53に含まれる結

10

20

30

40

50

晶粒の表面の自然酸化を防止することが可能である。特に、非晶質ゲルマニウムと微結晶粒が接する領域では、局部応力により亀裂が入りやすい。この亀裂が酸素に触れると結晶粒は酸化され、酸化ゲルマニウムが形成される。しかしながら、微結晶ゲルマニウム膜53の表面にバッファ層54を形成することで、微結晶粒の酸化を防ぐことができる。

【0071】

また、バッファ層54は、非晶質シリコン膜を用いて形成する、または、水素、若しくはハロゲンを含む非晶質シリコン膜で形成するため、エネルギーギャップが微結晶ゲルマニウム膜53に比べて大きく、また抵抗率が高く、移動度が微結晶ゲルマニウム膜53より低い。このため、後に形成される薄膜トランジスタにおいて、ソース領域及びドレイン領域と、微結晶ゲルマニウム膜53との間に形成されるバッファ層は高抵抗領域として機能し、微結晶ゲルマニウム膜53がチャネル形成領域として機能する。このため、薄膜トランジスタのオフ電流を低減することができる。当該薄膜トランジスタを表示装置のスイッチング素子として用いた場合、表示装置のコントラストを向上させることができる。

10

【0072】

なお、微結晶ゲルマニウム膜53を形成した後、プラズマCVD法によりバッファ層54を300～400の温度にて成膜することが好ましい。この成膜処理により水素が微結晶ゲルマニウム膜53に供給され、微結晶ゲルマニウム膜53を水素化したのと同等の効果が得られる。すなわち、微結晶ゲルマニウム膜53上にバッファ層54を堆積することにより、微結晶ゲルマニウム膜53に水素を拡散させて、ダングリングボンドの終端をすることができる。

20

【0073】

一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜55は、nチャネル型の薄膜トランジスタを形成する場合には、代表的な不純物元素としてリンを添加すれば良く、シリコンを含む堆積性気体にPH₃などの不純物気体を加えれば良い。また、pチャネル型の薄膜トランジスタを形成する場合には、代表的な不純物元素としてボロンを添加すれば良く、シリコンを含む堆積性気体にB₂H₆などの不純物元素を含む気体を加えれば良い。リンまたはボロンの濃度を $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21}$ atoms/cm³とすることで、配線71a～71cとオーミックコンタクトすることが可能であり、ソース領域及びドレイン領域として機能する。一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜55は、微結晶シリコン膜、または非晶質シリコン膜で形成することができる。一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜55は5nm以上50nm以下の厚さで形成する。一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜の膜厚を、薄くすることでスループットを向上させることができる。

30

【0074】

次に、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜55上にレジストマスク56を形成する。

【0075】

レジストマスク56は、フォトリソグラフィ技術により形成する。ここでは、第2のフォトマスクを用いて、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜55上に塗布されたレジストを露光現像して、レジストマスク56を形成する。

40

【0076】

次に、レジストマスク56を用いて微結晶ゲルマニウム膜53、バッファ層54、及び一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55をエッチングし分離して、図4(C)に示すように、微結晶ゲルマニウム膜61、バッファ層62、及び一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜63を形成する。この後、レジストマスク56を除去する。なお、図4(C)(レジストマスク56は除く。)は、図7(A)のA-Bの断面図に相当する。

【0077】

微結晶ゲルマニウム膜61、バッファ層62の端部側面が傾斜していることにより、バッファ層62上に形成されるソース領域及びドレイン領域と微結晶ゲルマニウム膜61と距

50

離が離れるため、ソース領域及びドレイン領域と微結晶ゲルマニウム膜 6 1との間にリーク電流が生じることを防止することができる。また、配線と、微結晶ゲルマニウム膜 6 1との間にリーク電流が生じるのを防止することができる。微結晶ゲルマニウム膜 6 1及びバッファ層 6 2の端部側面の傾斜角度は、30°～90°、好ましくは45°～80°である。このような角度とすることで、段差形状による配線の段切れを防ぐことができる。

【0078】

次に、図5(A)に示すように、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜 6 3及びゲート絶縁膜 5 2 b上に導電膜 6 5 a～6 5 cを形成し、導電膜 6 5 a～6 5 c上にレジストマスク 6 6を形成する。導電膜 6 5 a～6 5 cは、スパッタリング法、CVD法、印刷法、液滴吐出法、蒸着法等を用い、実施の形態1に示す配線 7 1 a～7 1 cに列挙する材料を適宜用いて形成する。ここでは、導電膜としては、導電膜 6 5 a～6 5 cの3層が積層した構造の導電膜を示し、導電膜 6 5 a、6 5 cにモリブデン膜、導電膜 6 5 bにアルミニウム膜を用いた積層導電膜や、導電膜 6 5 a、6 5 cにチタン膜、導電膜 6 5 bにアルミニウム膜を用いた積層構造を示す。導電膜 6 5 a～6 5 cは、スパッタリング法や真空蒸着法で形成する。

【0079】

レジストマスク 6 6は、レジストマスク 5 6と同様に形成することができる。

【0080】

次に、図5(B)に示すように、導電膜 6 5 a～6 5 cの一部をエッティングし、一対の配線 7 1 a～7 1 c(ソース電極及びドレイン電極として機能する。)を形成する。ここでは、第3のフォトマスクを用いたフォトリソグラフィ工程により形成したレジストマスク 6 6を用いて、導電膜 6 5 a～6 5 cをウェットエッティングすると、導電膜 6 5 a～6 5 cが等方的にエッティングされる。この結果、レジストマスク 6 6より面積の小さい配線 7 1 a～7 1 cを形成することができる。

【0081】

次に、レジストマスク 6 6を用いて一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜 6 3をエッティングし分離する。この結果、図5(C)に示すような、一対のソース領域及びドレイン領域として機能する半導体膜 7 2を形成することができる。なお、当該エッティング工程において、バッファ層 6 2の一部もエッティングする。一部エッティングされた、凹部が形成されたバッファ層をバッファ層 7 3と示す。ソース領域及びドレイン領域の形成工程と、バッファ層の凹部とを同一工程で形成することができる。バッファ層の凹部の深さをバッファ層の一番膜厚の厚い領域の1/2～1/3とすることで、ソース領域及びドレイン領域の距離を離すことが可能であるため、ソース領域及びドレイン領域の間でのリーク電流を低減することができる。この後、レジストマスク 6 6を除去する。

【0082】

次に、露出しているバッファ層にダメージが入らず、且つ該バッファ層に対するエッティングレートが低い条件でドライエッティングしてもよい。この工程により、ソース領域及びドレイン領域間のバッファ層上のエッティング残渣物、レジストマスクの残渣、及びレジストマスクの除去に用いる装置内の汚染源を除去することが可能であり、ソース領域及びドレイン領域間の絶縁を確実なものとすることができます。この結果、薄膜トランジスタのリーク電流を低減することができ、オフ電流が小さく、耐圧の高い薄膜トランジスタを作製することができる。なお、エッティングガスには例えば塩素ガスを用いればよい。

【0083】

なお、図5(C)(レジストマスク 6 6は除く。)は、図7(B)のA-Bの断面図に相当する。図7(B)に示すように、ソース領域及びドレイン領域として機能する半導体膜 7 2の端部は、配線 7 1 cの端部の外側に位置することが分かる。また、バッファ層 7 3の端部は、配線 7 1 c及びソース領域及びドレイン領域として機能する半導体膜 7 2の端部の外側に位置する。また、配線の一方は、他方を囲む形状(具体的には、U字型、C字型)である。このため、キャリアが移動する領域の面積を増加させることができた

10

20

30

40

50

め、電流量を増やすことが可能であり、薄膜トランジスタの面積を縮小することができる。また、ゲート電極上において、微結晶ゲルマニウム膜、配線が重畠されているため、ゲート電極の凹凸の影響が少なく、被覆率の低減及びリーク電流の発生を抑制することができる。

【0084】

以上の工程により、チャネルエッチ型の薄膜トランジスタ74を形成することができる。

【0085】

次に、図6(A)に示すように、配線71a～71c、ソース領域及びドレイン領域として機能する半導体膜72、バッファ層73、及びゲート絶縁膜52b上に保護絶縁膜76を形成する。保護絶縁膜76は、ゲート絶縁膜52a、52bと同様に形成することができる。なお、保護絶縁膜76は、大気中に浮遊する有機物や金属物、水蒸気などの汚染不純物の侵入を防ぐためのものであり、緻密な膜が好ましい。また、保護絶縁膜76に窒化珪素膜を用いることで、バッファ層73中の酸素濃度を 5×10^{19} atoms/cm³以下、好ましくは 1×10^{19} atoms/cm³以下とすることができ、バッファ層73の酸化を防止することができる。

10

【0086】

次に、保護絶縁膜76に第4のフォトマスクを用いて形成したレジストマスクを用いて保護絶縁膜76の一部をエッチングしてコンタクトホールを形成し、図6(B)に示すように、当該コンタクトホールにおいて配線71cに接する画素電極77を形成する。なお、図6(B)は、図7(C)のA-Bの断面図に相当する。表示素子の画素電極77に接続する配線71a～71cをドレイン電極とし、当該配線と対向する配線71a～71cをソース電極(ソース配線)とすることで、薄膜トランジスタのオン電流を高くすることができる、または繰り返し動作による劣化を低減することができる。また、ゲート電極51とドレイン電極として機能する配線71a～71cとの間に生じる寄生容量が発生しにくく、画素電極77に電荷を溜めやすい。このため、当該薄膜トランジスタを液晶表示装置に用いる場合、液晶材料の高速動作が可能である。

20

【0087】

画素電極77は、酸化タンゲステンを含むインジウム酸化物、酸化タンゲステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、ITO、インジウム亜鉛酸化物、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物などの透光性を有する導電性材料を用いることができる。

30

【0088】

また、画素電極77として、導電性高分子(導電性ポリマーともいう)を含む導電性組成物を用いて形成することができる。導電性組成物を用いて形成した画素電極は、シート抵抗率が10000 /以下、波長550nmにおける透光率が70%以上であることが好ましい。また、導電性組成物に含まれる導電性高分子の抵抗率が0.1 · cm以下であることが好ましい。

【0089】

導電性高分子としては、いわゆる電子共役系導電性高分子が用いることができる。例えば、ポリアニリンまたはその誘導体、ポリピロールまたはその誘導体、ポリチオフェンまたはその誘導体、若しくはこれらの2種以上の共重合体などがあげられる。

40

【0090】

ここでは、画素電極77としては、スパッタリング法によりITOを成膜した後、ITO上にレジストを塗布する。次に、第5のフォトマスクを用いてレジストを露光及び現像し、レジストマスクを形成する。次に、レジストマスクを用いてITOをエッチングして画素電極77を形成する。

【0091】

以上により、薄膜トランジスタ、及び表示装置に用いることが可能な素子基板を形成することができる。

50

【0092】

また、微結晶ゲルマニウム膜の成膜処理においては、ゲルマニウムを含む堆積性気体及び水素の他、反応ガスにヘリウムを加えても良い。ヘリウムは24.5eVとすべての気体中で最も高いイオン化エネルギーを持ち、そのイオン化エネルギーよりも少し低い、約20eVの準位に準安定状態があるので、放電持続中においては、イオン化にはその差約4eVしか必要としない。そのため放電開始電圧も全ての気体中最も低い値を示す。このような特性から、ヘリウムはプラズマを安定的に維持することができる。また、均一なプラズマを形成することができるので、微結晶ゲルマニウム膜を堆積する基板の面積が大きくなってもプラズマ密度の均一化を図る効果を奏する。

【0093】

10

微結晶ゲルマニウム膜を用いた薄膜トランジスタは、非晶質シリコン膜や微結晶シリコン膜を用いた薄膜トランジスタと比較して電界効果移動度が高く、またオン電流も高い。このため、表示素子のスイッチングとして、チャネル形成領域が微結晶ゲルマニウム膜で形成される薄膜トランジスタを用いることで、チャネル形成領域の面積、即ち薄膜トランジスタの面積を縮小することが可能である。このため、一画素あたりに示す薄膜トランジスタの面積が小さくなり、画素の開口率を高めることができ。この結果、解像度の高い表示装置を作製することができる。

【0094】

また、本実施の形態で作製する薄膜トランジスタのチャネル形成領域は、微結晶ゲルマニウム膜で形成されているため、非晶質シリコン膜と比較して抵抗率が低い。このため、微結晶ゲルマニウム膜61を用いた薄膜トランジスタは、電流電圧特性を示す曲線の立ち上がり部分の傾きが急峻となり、スイッチング素子としての応答性が優れ、高速動作が可能となる。また、薄膜トランジスタのチャネル形成領域に微結晶ゲルマニウム膜を用いることで、薄膜トランジスタのしきい値電圧の変動が抑制され、電界効果移動度が向上し、サブスレッショルド係数(subthreshold swing: S値)も小さくなるので、薄膜トランジスタの高性能化を図ることができる。それにより、表示装置の駆動周波数を高くすることができ、パネルサイズの大面積化や画素の高密度化にも十分対応することができる。

20

【0095】

さらには、本実施の形態で作製する薄膜トランジスタは、チャネル形成領域である微結晶ゲルマニウム膜とソース領域及びドレイン領域である一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜の間に、バッファ層として、抵抗率の高い非晶質シリコン膜を形成する。オフ電流は当該バッファ層を流れるが、バッファ層は高抵抗領域であるため、オフ電流を抑えることができると共に、微結晶ゲルマニウム膜の酸化を防止する機能も有する。このため、オフ電流を抑えると共に、チャネル形成領域における欠陥低減によるオン電流の上昇を図ることができ、更には経年劣化を低減することができる。

30

【0096】

次に、本実施の形態の成膜工程に適用されるプラズマCVD装置の一例として、ゲート絶縁膜、微結晶ゲルマニウム膜、バッファ層、及び一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜の成膜に適した構成の一例を示す。

40

【0097】

図8は複数の反応室を備えたマルチ・チャンバ・プラズマCVD装置の一例を示す。この装置は共通室423と、ロード/アンロード室422、第1反応室400a、第2反応室400b、第3反応室400c、第4反応室400dを備えた構成となっている。ロード/アンロード室422のカセットに装填される基板は、共通室423の搬送機構426によって各反応室に搬出入される枚葉式の構成である。共通室423と各室の間にはゲートバルブ425が備えられ、各反応室で行われる処理が、相互に干渉しないように構成されている。

【0098】

各反応室は形成する薄膜の種類によって区分されている。例えば、第1反応室400aは

50

ゲート絶縁膜などの絶縁膜を成膜し、第2反応室400bは薄膜トランジスタのチャネル形成領域となる微結晶ゲルマニウム膜を成膜し、第3反応室400cは薄膜トランジスタの高抵抗領域となるバッファ層を成膜し、第4反応室400dはソース及びドレインを形成する一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜を成膜する反応室として充当される。勿論、反応室の数はこれに限定されるわけではなく、必要に応じて任意に増減することができる。また、一の反応室で一の膜を成膜するようにしても良いし、一の反応室で複数の膜を成膜するように構成しても良い。

【0099】

各反応室には排気手段としてターボ分子ポンプ419とドライポンプ420が接続されている。排気手段はこれらの真空ポンプの組み合わせに限定されるものではなく、概略10⁻⁵Paから10⁻¹Paの真空度にまで排気できるものであれば他の真空ポンプを適用することができる。排気手段と各反応室との間にはバタフライバルブ417が設けられており、これによって真空排気を遮断させることができ、コンダクタンスバルブ418によって排気速度を制御して、それぞれの反応室の圧力を調節することができる。

10

【0100】

なお、微結晶ゲルマニウム膜を形成する第2反応室400bは超高真空まで真空排気するものとして、クライオポンプ421を連結してもよい。クライオポンプ421を用いることで、反応室の圧力を10⁻⁵Paよりも低い圧力の超高真空とすることができます。本実施の形態では、反応室内を10⁻⁵Paよりも低い圧力の超高真空とすることで、微結晶ゲルマニウム膜中の酸素濃度及び窒素濃度の低減に効果的である。この結果、微結晶ゲルマニウム膜に含まれる酸素の濃度を 1×10^{16} atoms/cm³以下とすることができます。微結晶ゲルマニウム膜中の酸素濃度及び窒素濃度を低減することで、膜中の欠陥を低減し、結晶性を高めることができるとなるため、キャリアの移動度を向上させることができある。

20

【0101】

ガス供給手段408はシラン、ゲルマンに代表される半導体材料ガス若しくは希ガスなどプロセスに用いるガスが充填されるシリンド410、ストップバルブ412、マスフロー・コントローラ413などで構成されている。ガス供給手段408gは第1反応室400aに接続され、ゲート絶縁膜を成膜するためのガスを供給する。ガス供給手段408iは第2反応室400bに接続され、微結晶ゲルマニウム膜用のガスを供給する。ガス供給手段408bは第3反応室400cに接続され、バッファ層用のガスを供給する。ガス供給手段408nは第4反応室400dに接続され、例えはn型半導体膜用のガスを供給する。また、ドナーとなる不純物元素を含む気体の一つであるフォスフィンは、第1の反応室400a、第2の反応室400bにも供給されてもよい。ガス供給手段408aはアルゴンを供給し、ガス供給手段408fは反応室のクリーニングに用いるエッチングガスを供給する系統であり、これらは各反応室共通のラインとして構成されている。

30

【0102】

各反応室にはプラズマを形成するための高周波電力供給手段が連結されている。高周波電力供給手段は高周波電源404と整合器406が含まれる。

40

【0103】

各反応室は形成する薄膜の種類によって使い分けることが可能である。それぞれの薄膜は最適な成膜温度があるので、反応室を個別に分けておくことで成膜温度を管理することができる。さらに、同じ膜種を繰り返し成膜することができるので、前に形成された膜に起因する残留不純物の影響を排除することができる。特に、微結晶ゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素が含まれる場合、当該ドナーとなる不純物元素をバッファ層に混入させることを回避することができる。この結果、バッファ層の不純物元素の濃度を低減することができ、薄膜トランジスタのオフ電流を低減することができる。

【0104】

なお、同一反応室内において、微結晶ゲルマニウム膜、バッファ層、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜を連続的に形成してもよい。具体的には、ゲート絶縁膜

50

が形成された基板を反応室に搬入し、そこで、微結晶ゲルマニウム膜、バッファ層、及び一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜を連続的に成膜する。この後、反応室から基板を搬出した後、反応室内をフッ素ラジカル等でクリーニングすることが好ましい。

【0105】

また、本実施の形態では、薄膜トランジスタとして逆スタガ型薄膜トランジスタを用いて説明したが、これに限定されるものではなく、順スタガ型薄膜トランジスタ、トップゲート型薄膜トランジスタ等にも適用することが可能である。具体的には、下地膜として機能する絶縁膜上に微結晶ゲルマニウム膜を形成し、微結晶ゲルマニウム膜上にゲート絶縁膜及びゲート電極を形成すると、微結晶ゲルマニウム膜を有する薄膜トランジスタを作製することができる。10

【0106】

本実施の形態により、電気特性が優れた逆スタガ型の薄膜トランジスタ、及びそれを有する表示基板を作製することができる。

【0107】

(実施の形態5)

本実施の形態では、ゲート絶縁膜との界面における結晶性を高めた微結晶ゲルマニウム膜を有する薄膜トランジスタの作製方法について、以下に示す。

【0108】

実施の形態4と同様に、図9(A)に示すように、基板50上にゲート電極51を形成する。次に、ゲート電極51上に、ゲート絶縁膜52a、52bを形成する。次に、ゲート絶縁膜52b上にゲルマニウム膜42を形成する。20

【0109】

ゲルマニウム膜42は、非晶質ゲルマニウム膜または微結晶ゲルマニウム膜を形成する。微結晶ゲルマニウム膜としては、結晶粒径が0.5~100nm、好ましくは1~20nmの微結晶ゲルマニウム膜を用いることができる。なお、ゲルマニウム膜42が微結晶ゲルマニウム膜の場合、微結晶ゲルマニウム膜に非晶質成分が含まれていてもよい。ゲルマニウム膜42の膜厚は、1~100nm、好ましくは2~20nm、好ましくは5~10nmとする。

【0110】

ゲルマニウム膜42は、スパッタリング法やCVD法により形成することができる。ゲルマニウム膜42をスパッタリング法で形成する場合、水素、または希ガスを用いてゲルマニウムターゲットをスパッタリングして、ゲート絶縁膜52b上にゲルマニウム膜42として非晶質ゲルマニウム膜を形成する。ゲルマニウム膜42をCVD法により形成する場合、ゲルマニウムを含む堆積性気体と共に、水素をプラズマCVD装置の反応室に導入し、高周波電力を印加し、プラズマを発生させてゲート絶縁膜52b上に、ゲルマニウム膜42として非晶質ゲルマニウム膜または微結晶ゲルマニウム膜を形成する。30

【0111】

なお、ゲルマニウム膜42として非晶質ゲルマニウム膜を形成する一形態として、反応室において、ゲルマニウムを含む堆積性気体を用いたグロー放電プラズマにより非晶質ゲルマニウム膜を形成することができる。または、ゲルマニウムを含む堆積性気体に、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、ネオンから選ばれた一種または複数種の希ガス元素で希釈して、グロー放電プラズマにより非晶質ゲルマニウム膜を形成することができる。または、ゲルマニウムを含む堆積性気体の流量の1倍以上10倍以下、更に好ましくは1倍以上5倍以下の流量の水素を用いたグロー放電プラズマにより、非晶質ゲルマニウム膜を形成することができる。40

【0112】

また、ゲルマニウム膜42として微結晶ゲルマニウム膜を形成する一形態として、反応室内において、ゲルマニウムを含む堆積性気体、ここではゲルマンと、水素及び/又は希ガスとを混合し、グロー放電プラズマにより、微結晶ゲルマニウム膜を形成する。ゲルマン

50

は水素及び／又は希ガスで10倍から2000倍に希釈される。そのため多量の水素及び／又は希ガスが必要とされる。基板の加熱温度は100～400、好ましくは250～350で行う。

【0113】

ゲルマニウム膜42形成工程においてグロー放電プラズマの生成は、1MHzから30MHz、代表的には13.56MHz、27.12MHzの高周波電力、または30MHzより大きく300MHz程度までのVHF帯の高周波電力、代表的には60MHzを印加することで行われる。

【0114】

次に、図9(B)に示すように、プラズマ43をゲルマニウム膜42に曝して、図9(C)に示すように、結晶核44を形成する。プラズマ43としては、水素、フッ素、フッ化物のいずれか一つ以上をプラズマCVD装置の反応室内に導入し、高周波電源を印加してプラズマを発生させる。

【0115】

フッ素、フッ化物気体、または水素の少なくとも一つ以上を導入し高周波電源を印加することで、水素プラズマ、フッ素プラズマが発生する。水素プラズマは、反応室内に水素を導入し、プラズマを発生させる。フッ素プラズマは、反応室内に、フッ素またはフッ化物を導入し、プラズマを発生させる。フッ化物としては、HF、GeF₄、GeHF₃、GeH₂F₂、GeH₃F、Ge₂F₆等がある。なお、フッ素、フッ化物気体、または水素のほかに希ガスを反応室内に導入して希ガスプラズマを発生させてもよい。

【0116】

水素プラズマ、フッ素プラズマ等により、水素ラジカル、フッ素ラジカルがプラズマ中に生成する。水素ラジカルは非晶質ゲルマニウム膜と反応して非晶質ゲルマニウム膜の一部を結晶化させるとともに、非晶質成分をエッティングする。フッ素ラジカルは、ゲルマニウム膜の非晶質成分をエッティングする。このため、ゲルマニウム膜42が微結晶ゲルマニウム膜の場合、膜に含まれる結晶粒は小さく、その間を埋める非晶質成分をエッティングすることで、結晶性の高い結晶核を密度高く残存させることができる。また、ゲート絶縁膜52b上に形成されるゲルマニウム膜42が非晶質ゲルマニウム膜の場合は、非晶質成分をエッティングするとともに、一部を結晶化し、微細な結晶核を形成することができる。このため、ゲート絶縁膜との界面における非晶質成分をもプラズマによりエッティングされるため、ゲート絶縁膜上には結晶性の高い結晶核を形成することができる。

【0117】

プラズマの発生方法は、HF帯(3MHz～30MHz、代表的には13.56MHz)を用いることが好ましい。特に、13.56MHzの高周波電力を用いることで、プラズマの均一性を高めることができ、第6世代～第10世代の大面積基板上においても、均一性の高いプラズマをゲルマニウム膜に曝すことができるため、大量生産に好ましい。

【0118】

ここでは、一形態として、プラズマCVD装置の反応室内において、水素及び／又は希ガスとを導入し、グロー放電プラズマにより、水素プラズマを発生させて、ゲルマニウム膜42に水素プラズマを曝して、ゲルマニウム膜42の非晶質ゲルマニウム成分をエッティングして結晶核44を形成する。

【0119】

次に、結晶核44を用いて結晶成長させて微結晶ゲルマニウム膜45を形成する(図9(D)参照)。ここでは、プラズマCVD装置の反応室内において、ゲルマニウムを含む堆積性気体、ここではゲルマンと、水素及び／又は希ガスとを混合し、グロー放電プラズマにより、微結晶ゲルマニウム膜を形成する。ゲルマンは水素及び／又は希ガスで10倍から2000倍に希釈される。基板の加熱温度は100～400、好ましくは250～350で行う。ゲート絶縁膜52b上にある結晶核からゲート絶縁膜52b表面に対して法線方向に結晶成長するため、柱状の結晶粒を有する微結晶ゲルマニウム膜を形成す

10

20

30

40

50

ことができる。また、ゲート絶縁膜 52b との界面における結晶性が高く、また膜中の結晶性も高い微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。

【 0 1 2 0 】

微結晶ゲルマニウム膜を形成するために、ゲルマニウムを含む堆積性気体と共に、ゲルマニウムを含むフッ化物ガスを用いることで、結晶核から結晶成長する際に、結晶成長の場における非晶質ゲルマニウム成分をフッ素ラジカルがエッティングするため、結晶性の高い結晶成長が起きる。即ち、結晶性の高い微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。ゲルマンの流量に対して、フッ化ゲルマンの流量を0.1~50倍、好ましくは1~10倍とし、ゲルマンの流量に対して、水素の流量を10~2000倍、好ましくは50~200倍に希釈して微結晶ゲルマニウム膜を形成する。

10

【 0 1 2 1 】

以上の工程により、ゲート絶縁膜 52b との界面における結晶性が高い微結晶ゲルマニウム膜 45 を形成することができる。

【 0 1 2 2 】

次に、図9(E)に示すように、微結晶ゲルマニウム膜45上にバッファ層54、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55を順に形成する。次に、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55上にレジストマスク56を形成する。

【 0 1 2 3 】

この後、実施の形態 4 と同様の工程により、実施の形態 1 に示すような薄膜トランジスタを作製することができる。

20

【 0 1 2 4 】

なお、本実施の形態では、薄膜トランジスタとして逆スタガ型薄膜トランジスタを用いて説明したが、これに限定されるものではなく、順スタガ型薄膜トランジスタ、トップゲート型薄膜トランジスタ等にも適用することが可能である。具体的には、下地膜として機能する絶縁膜上に微結晶ゲルマニウム膜を形成し、微結晶ゲルマニウム膜上にゲート絶縁膜及びゲート電極を形成すると、下地膜として機能する絶縁膜との界面の結晶性を高めた微結晶ゲルマニウム膜を有する薄膜トランジスタを作製することができる。

【 0 1 2 5 】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、実施の形態 5 と同様に、ゲート絶縁膜との界面における結晶性を高めた微結晶ゲルマニウム膜を有する薄膜トランジスタの作製方法について、以下に示す。

30

【 0 1 2 6 】

図 10 (A) に示すように、実施の形態 4 と同様に、基板 50 上にゲート電極 51 を形成し、ゲート電極 51 上にゲート絶縁膜 52a、52b を形成する。次に、ゲート絶縁膜 52b 上にゲルマニウム膜 47 を形成する。

【 0 1 2 7 】

ここでは、ゲルマニウム膜 4 7 として、ドナーとなる不純物元素を含むゲルマニウム膜を形成する。ドナーとなる不純物元素を含むゲルマニウム膜をプラズマ C V D 法またはスパッタリング法により形成する。ドナーとなる不純物元素としては、ドナー元素として、リン、砒素、またはアンチモンを用いる。また、ゲルマニウム膜としては、非晶質ゲルマニウム膜または微結晶ゲルマニウム膜を形成する。

10

【 0 1 2 8 】

ドナーとなる不純物元素を含むゲルマニウム膜47の形成方法としては、実施の形態5に示すゲルマニウム膜42の原料気体と共に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を用いてゲルマニウム膜47を形成すればよい。例えば、ゲルマン及び水素と共に、フォスフィンを用いたプラズマCVD法によりリンを含む非晶質ゲルマニウム膜または微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。

【 0 1 2 9 】

ドナーとなる不純物元素の濃度は、 6×10^{15} atoms/cm³ 以上 3×10^{18} atoms/cm³ 以下、好ましくは 1×10^{16} atoms/cm³ 以上 3×10^{18} atoms/cm³ 以下

50

atoms/cm^3 以下、好ましくは $3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることが好ましい。ドナーとなる不純物元素の濃度を上記範囲とすることで、ゲート絶縁膜 52b、及び後に形成するドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜の界面における結晶性を高めることができる。

【0130】

また、ゲルマニウム膜 47 を形成する前に、成膜装置の反応室内にドナーとなる不純物元素を含む気体を流し、ゲート絶縁膜 52b 表面及び反応室内壁にドナーとなる不純物元素を吸着させてもよい。この後、ゲルマニウム膜を堆積すると、ドナーとなる不純物元素を取り込みながらゲルマニウム膜が堆積するため、ドナーとなる不純物元素を含むゲルマニウム膜 47 を形成することができる。

10

【0131】

次に、ゲルマニウム膜 47 を用いて結晶性の高い結晶核を形成する工程を行う。ここでは、図 10 (B) に示すように、ドナーとなる不純物元素を含むゲルマニウム膜 47 にプラズマ 43 を照射する。この結果、図 10 (C) に示すように、ゲート絶縁膜 52b 上にドナーとなる不純物元素を含む結晶核 48 を形成する。プラズマ 43 としては、実施の形態 5 に示すプラズマ 43 を適宜用いることができる。

【0132】

なお、ドナーとなる不純物元素を含むゲルマニウム膜 47 の代わりに、実施の形態 5 に示すゲルマニウム膜 42 を形成し、プラズマ 43 として、反応室に、水素、フッ素、またはフッ化物と共に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を導入して、プラズマを発生させてもよい。水素、フッ素またはフッ化物でゲルマニウム膜の非晶質成分をエッティングと共に、残存するゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加することで、ドナーとなる不純物元素を含む結晶核 48 を形成することができる。

20

【0133】

次に、ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素を反応室内に導入し高周波電源を印加し、結晶核 48 を用いて結晶成長させ、図 10 (D) に示すように、ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜 49 を形成する。また、ゲルマニウムを含む堆積性気体と共に、ゲルマニウムを含むフッ化物ガスを用いて微結晶ゲルマニウム膜を形成してもよい。ここでは、ゲルマンと、水素及び / 又は希ガスとを混合し、グロー放電プラズマにより、ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜を形成する。

30

【0134】

なお、微結晶ゲルマニウム膜 49 を形成する前に、成膜装置の反応室内壁に非晶質ゲルマニウム膜または微結晶ゲルマニウム膜を形成することが好ましい。また、反応室内壁をフッ素プラズマ等でクリーニングした後、反応室内壁に非晶質ゲルマニウム膜または微結晶ゲルマニウム膜を形成することが好ましい。このような処理により、ゲルマニウム膜 47 または微結晶ゲルマニウム膜 49 を形成する際に、反応室の内壁の成分やクリーニングに用いたフッ素が、ゲルマニウム膜 47 または微結晶ゲルマニウム膜 49 中に混入することを低減することができる。

【0135】

さらには、反応室内壁に形成する非晶質ゲルマニウム膜または微結晶ゲルマニウム膜にドナーとなる不純物元素を添加してもよい。ドナーとなる不純物元素の濃度は、 $6 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることが好ましい。このような処理により、反応室内の圧力を真空排気する際に、反応室内壁に付着するドナーとなる不純物元素が反応室内に解離する。当該解離されたドナーとなる不純物元素はゲルマニウム膜 47 に混入するため、ドナーとなる不純物元素を有するゲルマニウム膜 47 を形成することができる。

40

【0136】

また、ドナーとなる不純物元素を含むゲルマニウム膜 47 を形成する代わりに、ドナーと

50

なる不純物元素を含まないゲルマニウム膜を形成し、ゲート絶縁膜 52b としてドナーとなる不純物元素を含む絶縁膜を形成してもよい。例えば、ドナーとなる不純物元素（リン、砒素、またはアンチモン）を含む酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜、または窒化酸化珪素膜等を用いて形成することができる。また、ゲート絶縁膜 52b を積層構造とする場合、ゲルマニウム膜 47 に接する層またはゲート絶縁膜 52a に接する層にドナーとなる不純物元素を添加してもよい。

【0137】

ゲート絶縁膜 52b としてドナーとなる不純物元素を含む絶縁膜の形成方法としては、絶縁膜の原料気体と共に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を用いて絶縁膜を形成すればよい。例えば、シラン、アンモニア、及びフォスフィンを用いたプラズマ CVD 法によりリンを含む窒化珪素膜を形成することができる。また、シラン、一酸化二窒素、及びアンモニア、並びにフォスフィンを用いたプラズマ CVD 法により、リンを含む酸化窒化珪素膜を形成することができる。

10

【0138】

また、ゲート絶縁膜 52b を形成する前に、成膜装置の反応室内にドナーとなる不純物元素を含む気体を流し、ゲート絶縁膜 52a 表面及び反応室内壁にドナーとなる不純物元素を吸着させてよい。この後、ゲート絶縁膜 52b を形成した後ゲルマニウム膜 47 を形成することで、ドナーとなる不純物元素を取り込みながらゲート絶縁膜 52b 及びゲルマニウム膜 47 が堆積するため、ドナーとなる不純物元素を含むゲルマニウム膜 47 を形成することができる。

20

【0139】

さらには、微結晶ゲルマニウム膜 49 として、ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜を形成してもよい。ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜の形成方法としては、微結晶ゲルマニウム膜の原料気体と共に、ドナーとなる不純物元素を含む気体を用いればよい。例えば、ゲルマン、及び水素、並びにフォスフィンを用いたプラズマ CVD 法によりリンを含む微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。

【0140】

また、微結晶ゲルマニウム膜 49 を形成する前に、成膜装置の反応室内にドナーとなる不純物元素を含む気体を流し、ゲート絶縁膜 52b 及び結晶核 48 の表面及び反応室内壁にドナーとなる不純物元素を吸着させてよい。この後、微結晶ゲルマニウム膜 49 を堆積することで、ドナーとなる不純物元素を取り込みながら微結晶ゲルマニウム膜が堆積するため、ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜 49 を形成することができる。

30

【0141】

さらには、ゲート絶縁膜 52b、ゲルマニウム膜 47、結晶核 48、微結晶ゲルマニウム膜 49 のいずれか 2 つ以上にドナーとなる不純物元素を添加してもよい。

【0142】

以上の工程により、ゲート絶縁膜との界面における結晶性が高く、また膜中の結晶性も高い微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。

【0143】

次に、図 10 (E) に示すように、ドナーとなる不純物元素を含む微結晶ゲルマニウム膜 49 上にバッファ層 54、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜 55 を順に形成する。次に、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜 55 上にレジストマスク 56 を形成する。

40

【0144】

この後、実施の形態 4 と同様の工程により、実施の形態 2 に示すような薄膜トランジスタを作製することができる。

【0145】

なお、本実施の形態では、薄膜トランジスタとして逆スタガ型薄膜トランジスタを用いて説明したが、これに限定されるものではなく、順スタガ型薄膜トランジスタ、トップゲー

50

ト型薄膜トランジスタ等にも適用することが可能である。具体的には、下地膜として機能する絶縁膜上に微結晶ゲルマニウム膜を形成し、微結晶ゲルマニウム膜上にゲート絶縁膜及びゲート電極を形成すると、下地膜として機能する絶縁膜との界面の結晶性を高めた微結晶ゲルマニウム膜を有する薄膜トランジスタを作製することができる。

【0146】

(実施の形態7)

本実施の形態では、実施の形態5と同様に、ゲート絶縁膜との界面における結晶性を高めた微結晶ゲルマニウム膜を有する薄膜トランジスタの作製方法について、以下に示す。

【0147】

図11(A)に示すように、実施の形態4と同様に、基板50上にゲート電極51を形成し、ゲート電極51上にゲート絶縁膜52a、52bを形成する。

【0148】

次に、ゲート絶縁膜52b表面をプラズマ46に曝し、図3の拡大図40及び図11(B)で示されるような、表面に凹凸を有するゲート絶縁膜41を形成する。凹凸の形状としては、凸部及び凹部がそれぞれ緩やかな曲線状である波状でもよい。また、凸部の先端は針状に尖り、凹部は緩やかな曲線状をなす形とすることもできる。また、凹凸の間隔は狭いと、後に密度の高い結晶核を形成することができるため、好ましい。

【0149】

プラズマ46は、ゲート絶縁膜52bの表面を凹凸にするようなプラズマ46をゲート絶縁膜52bに曝す。このようなプラズマとしては、反応室内に、フッ素、フッ化物気体、または水素の少なくとも一つ以上を導入し高周波電源を印加して、プラズマ46を発生させ、当該プラズマ46をゲート絶縁膜52bに曝すことで、ゲート絶縁膜52bの表面をエッティングし、凹凸を有するゲート絶縁膜41とする。

【0150】

次に、ゲート絶縁膜41上にゲルマニウム膜42を形成する。ゲルマニウム膜42は、ゲート絶縁膜41の表面の凹凸の影響を受け、図示しないがゲルマニウム膜42の表面も数nm~数十nmの凹凸を有する。次に、実施の形態5と同様に、結晶性の高い結晶核を密度高く形成する工程を行う。ここでも同様に、プラズマCVD装置の反応室内に、フッ素、フッ化物気体、または水素の少なくとも一つ以上を導入し高周波電源を印加して、プラズマ43を発生させ、当該プラズマ43をゲルマニウム膜42に曝すことで、ゲルマニウム膜42の一部、代表的には非晶質成分をエッティングする。なお、本実施の形態では、ゲルマニウム膜42の表面が凹凸を有するため、ゲルマニウム膜42の応力集中により結晶核が形成されやすくなる。

【0151】

この結果、図11(C)に示すような、結晶性の高い結晶核44を形成することができる。

【0152】

次に、ゲルマニウムを含む堆積性気体、及び水素を反応室内に導入し高周波電源を印加し、結晶核44を用いて結晶成長させ、図11(D)に示すように、微結晶ゲルマニウム膜45を形成する。ここでは、ゲルマンと、水素及び/又は希ガスとを混合し、グロー放電プラズマにより、微結晶ゲルマニウム膜を形成する。

【0153】

以上の工程により、絶縁膜との界面における結晶性が高く、また膜中の結晶性も高い微結晶ゲルマニウム膜を形成することができる。

【0154】

次に、図11(E)に示すように、微結晶ゲルマニウム膜45上にバッファ層54、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55を順に形成する。次に、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55上にレジストマスク56を形成する。

【0155】

この後、実施の形態4と同様の工程により、実施の形態3に示すような薄膜トランジスタ

10

20

30

40

50

を作製することができる。

【0156】

なお、本実施の形態では、薄膜トランジスタとして逆スタガ型薄膜トランジスタを用いて説明したが、これに限定されるものではなく、順スタガ型薄膜トランジスタ、トップゲート型薄膜トランジスタ等にも適用することが可能である。具体的には、下地膜として機能する絶縁膜上に微結晶ゲルマニウム膜を形成し、微結晶ゲルマニウム膜上にゲート絶縁膜及びゲート電極を形成すると、下地膜として機能する絶縁膜との界面の結晶性を高めた微結晶ゲルマニウム膜を有する薄膜トランジスタを作製することができる。

【0157】

(実施の形態8)

10

次に、上記形態とは異なる薄膜トランジスタの作製方法について、図12乃至図18を用いて説明する。ここでは、上記形態よりフォトマスク数を削減することが可能なプロセスを用いて薄膜トランジスタを作製する工程について示す。

【0158】

実施の形態4と同様に、基板50上に導電膜を形成し、導電膜上にレジストを塗布し、第1のフォトマスクを用いたフォトリソグラフィ工程により形成したレジストマスクを用いて導電膜の一部をエッチングして、ゲート電極51を形成する。次に、図12(A)に示すように、ゲート電極51上に、ゲート絶縁膜52a、52bを形成する。次に、微結晶ゲルマニウム膜53、バッファ層54、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜55、及び導電膜65a～65cを順に形成する。次に、導電膜65c上にレジスト80を塗布する。なお、微結晶ゲルマニウム膜の形成方法は実施の形態5乃至7を適宜適用することができる。

20

【0159】

レジスト80は、ポジ型レジストまたはネガ型レジストを用いることができる。ここでは、ポジ型レジストを用いて示す。

【0160】

次に、第2のフォトマスクとして多階調マスク159を用いて、レジスト80に光を照射して、レジスト80を露光する。

【0161】

ここで、多階調マスク159を用いた露光について、図13を用いて説明する。

30

【0162】

多階調マスクとは、露光部分、中間露光部分、及び未露光部分に3つの露光レベルを行うことが可能なマスクであり、一度の露光及び現像工程により、複数(代表的には二種類)の厚さの領域を有するレジストマスクを形成することが可能である。このため、多階調マスクを用いることで、フォトマスクの枚数を削減することが可能である。

【0163】

多階調マスクの代表例としては、図13(A)に示すようなグレートーンマスク159a、図13(C)に示すようなハーフトーンマスク159bがある。

【0164】

図13(A)に示すように、グレートーンマスク159aは、透光性を有する基板163及びその上に形成される遮光部164並びに回折格子165で構成される。遮光部164においては、光の透過率が0%である。一方、回折格子165はスリット、ドット、メッシュ等の光透過部の間隔を、露光に用いる光の解像度限界以下の間隔とすることにより、光の透過率を制御することができる。なお、回折格子165は、周期的なスリット、ドット、メッシュ、または非周期的なスリット、ドット、メッシュどちらも用いることができる。

40

【0165】

透光性を有する基板163は、石英等の透光性を有する基板を用いることができる。遮光部164及び回折格子165は、クロムや酸化クロム等の光を吸収する遮光材料を用いて形成することができる。

50

【0166】

グレートーンマスク 159a に露光光を照射した場合、図 13 (B) に示すように、遮光部 164 においては、光透過率 166 は 0 % であり、遮光部 164 及び回折格子 165 が設けられていない領域では光透過率 166 は 100 % である。また、回折格子 165 においては、10 ~ 70 % の範囲で調整可能である。回折格子 165 における光の透過率の調整は、回折格子のスリット、ドット、またはメッシュの間隔及びピッチの調整により可能である。

【0167】

図 13 (C) に示すように、ハーフトーンマスク 159b は、透光性を有する基板 163 及びその上に形成される半透過部 167 並びに遮光部 168 で構成される。半透過部 167 は、MoSiN、MoSi、MoSiO、MoSiON、CrSiなどを用いることができる。遮光部 168 は、クロムや酸化クロム等の光を吸収する遮光材料を用いて形成することができる。

【0168】

ハーフトーンマスク 159b に露光光を照射した場合、図 13 (D) に示すように、遮光部 168 においては、光透過率 169 は 0 % であり、遮光部 168 及び半透過部 167 が設けられていない領域では光透過率 169 は 100 % である。また、半透過部 167 においては、10 ~ 70 % の範囲で調整可能である。半透過部 167 に於ける光の透過率の調整は、半透過部 167 の材料により調整により可能である。

【0169】

多階調マスクを用いて露光した後、現像することで、図 12 (B) に示すように、膜厚の異なる領域を有するレジストマスク 81 を形成することができる。

【0170】

次に、レジストマスク 81 により、微結晶ゲルマニウム膜 53、バッファ層 54、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜 55、及び導電膜 65a ~ 65c をエッチングし分離する。この結果、図 14 (A) に示すような、微結晶ゲルマニウム膜 58、バッファ層 62、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜 63、及び導電膜 85a ~ 85c を形成することができる。なお、図 14 (A) (レジストマスク 81 を除く。) は図 18 (A) の A - B における断面図に相当する。

【0171】

次に、レジストマスク 81 をアッシングする。この結果、レジストの面積が縮小し、厚さが薄くなる。このとき、膜厚の薄い領域のレジスト (ゲート電極 51 の一部と重畳する領域) は除去され、図 14 (A) に示すように、分離されたレジストマスク 86 を形成することができる。

【0172】

次に、レジストマスク 86 を用いて、導電膜 85a ~ 85c をエッチングし分離する。この結果、図 14 (B) に示すような、一対の配線 92a ~ 92c を形成することができる。レジストマスク 86 を用いて導電膜 85a ~ 85c をウエットエッチングすると、導電膜 85a ~ 85c が等方的にエッチングされる。この結果、レジストマスク 86 より面積の小さい配線 92a ~ 92c を形成することができる。

【0173】

次に、レジストマスク 86 を用いて、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜 63 をエッチングして、一対のソース領域及びドレイン領域 88 を形成する。なお、当該エッチング工程において、バッファ層 62 の一部もエッチングされる。一部エッチングされたバッファ層をバッファ層 87 と示す。なお、バッファ層 87 には凹部が形成される。ソース領域及びドレイン領域の形成工程と、バッファ層の凹部とを同一工程で形成することができる。ここでは、バッファ層 62 の一部が、レジストマスク 81 と比較して面積が縮小したレジストマスク 86 で一部エッチングされたため、ソース領域及びドレイン領域 88 の外側にバッファ層 87 が突出した形状となる。また、配線 92a ~ 92c の端部と、ソース領域及びドレイン領域 88 の端部は一致せずずれており、配線 92a ~ 92c

10

20

30

40

50

c の端部の外側に、ソース領域及びドレイン領域 8 8 の端部が形成される。この後、レジストマスク 8 6 を除去する。

【 0 1 7 4 】

次に、露出しているバッファ層にダメージが入らず、且つ該バッファ層に対するエッティングレートが低い条件でドライエッティングしてもよい。この工程により、ソース領域及びドレイン領域間のバッファ層上のエッティング残渣物、レジストマスクの残渣、及びレジストマスクの除去に用いる装置内の汚染源を除去することが可能であり、ソース領域及びドレイン領域間の絶縁を確実なものとすることができます。この結果、薄膜トランジスタのリーク電流を低減することが可能であり、オフ電流が小さく、耐圧の高い薄膜トランジスタを作製することが可能である。なお、エッティングガスには例えば塩素を含むガス、フッ素を含むガス等を用いればよい。

10

【 0 1 7 5 】

図 1 4 (C) に示すように、配線 9 2 a ~ 9 2 c の端部と、ソース領域及びドレイン領域 8 8 の端部は一致せずずれた形状となることで、配線 9 2 a ~ 9 2 c の端部の距離が離れるため、配線間のリーク電流やショートを防止することができる。このため逆スタガ型の薄膜トランジスタを作製することができる。

【 0 1 7 6 】

以上の工程により、チャネルエッチ型の薄膜トランジスタ 8 3 を形成することができる。また、2枚のフォトマスクを用いて薄膜トランジスタを形成することができる。

【 0 1 7 7 】

次に、図 1 5 (A) に示すように、配線 9 2 a ~ 9 2 c 、ソース領域及びドレイン領域 8 8 、バッファ層 8 7 、微結晶ゲルマニウム膜 5 8 、及びゲート絶縁膜 5 2 b 上に保護絶縁膜 7 6 を形成する。

20

【 0 1 7 8 】

次に、第 3 のフォトマスクを用いて形成したレジストマスクを用いて保護絶縁膜 7 6 の一部をエッティングしてコンタクトホールを形成する。次に、当該コンタクトホールにおいて配線 9 2 c に接する画素電極 7 7 を形成する。ここでは、画素電極 7 7 としては、スパッタリング法によりITOを成膜した後、ITO上にレジストを塗布する。次に、第 4 のフォトマスクを用いてレジストを露光及び現像し、レジストマスクを形成する。次に、レジストマスクを用いてITOをエッティングして画素電極 7 7 を形成する。なお、図 1 5 (B) は、図 1 8 (C) の A - B の断面図に相当する。

30

【 0 1 7 9 】

以上により、薄膜トランジスタ、及び当該薄膜トランジスタを有し、表示装置に用いることが可能な素子基板を形成することができる。

【 0 1 8 0 】

次に、1枚のフォトマスクでコンタクトホールと容量素子を形成することができる工程について、以下に示す。ここでは、図 1 8 の C - D の断面図を示す。

【 0 1 8 1 】

図 1 5 (A) の後、図 1 6 (A) に示すように、保護絶縁膜 7 6 上に絶縁膜 1 0 1 を形成する。ここでは、感光性の有機樹脂を用いて絶縁膜 1 0 1 を形成する。次に、多階調マスク 1 6 0 を用いて絶縁膜 1 0 1 を感光した後、現像して、図 1 6 (B) に示すように、薄膜トランジスタの配線を覆う保護絶縁膜 7 6 を露出する凹部 1 1 1 a と、容量配線 5 1 c 上に凹部 1 1 1 b を形成する。ここでは、薄膜トランジスタの配線においては、絶縁膜 1 0 1 を 100% 露光することが可能であり、また容量配線 5 1 c 上では絶縁膜 1 0 1 を 10 ~ 70% の範囲で露光することができる多階調マスク 1 6 0 を用いる。

40

【 0 1 8 2 】

次に、凹部を有する絶縁膜 1 0 2 を全体的にエッティング (エッチバック) した後、保護絶縁膜 7 6 の一部をエッティングし、図 1 7 (A) に示すように、配線を露出するコンタクトホール 1 1 2 a を形成すると共に、容量配線 5 1 c 上に凹部 1 1 2 b を有する絶縁膜 1 0 3 を形成する。

50

【0183】

次に、絶縁膜103をアッシングして、コンタクトホール112a及び凹部112bの面積を広げ、コンタクトホール113aおよび凹部113bを有する絶縁膜104を形成する。なお、保護絶縁膜76は感光性有機樹脂では形成されず、無機絶縁膜で形成されるため、アッシングされない。このため、配線上には上面形状が2重の輪となっているコンタクトホール113aが形成される。

【0184】

この後、画素電極77を形成すると共に、容量配線51c、ゲート絶縁膜52a、52b、保護絶縁膜76a、及び画素電極77で構成される容量素子105を形成することができる。

10

【0185】

以上の工程により、一枚の多階調マスクによって、画素電極及び配線を接続するコンタクトホールを形成する共に、容量素子を形成することができる。

【0186】

(実施の形態9)

本実施の形態では、実施の形態1乃至8に適用可能な薄膜トランジスタの構造について以下に示す。

【0187】

実施の形態4に示す、図5(B)の配線71a～71c、または実施の形態8に示す図14(B)の配線92a～92cを形成した後、レジストマスク66または86を除去し、配線71a～71cまたは配線92a～92cをマスクとして一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜63をエッチングしてもよい。この結果、配線71a～71cまたは配線92a～92cと、ソース領域及びドレイン領域として機能する半導体膜72または88の端部が一致した薄膜トランジスタを形成することができる。ここでは、図5(B)のレジストマスク66を除去した後、配線71a～71cをマスクとして、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体膜63をエッチングして、ソース領域及びドレイン領域として機能する半導体膜89の端部と配線71a～71cの端部が揃っている薄膜トランジスタを図19に示す。

20

【0188】

また、実施の形態1乃至8では、チャネルエッチ型の薄膜トランジスタを用いて示したが、実施の形態1乃至8に示す薄膜トランジスタをチャネル保護型薄膜トランジスタとすることができる。

30

【0189】

具体的には、図4(A)に示すように、基板50上にゲート電極51を形成し、ゲート電極51上にゲート絶縁膜52a、52bを形成する。次に、微結晶ゲルマニウム膜53を形成する。

【0190】

図4(B)に示すように、微結晶ゲルマニウム膜53上にバッファ層54を形成する。次に、バッファ層54上であって、且つゲート電極51に重畳する領域にチャネル保護膜を形成する。チャネル保護膜は、窒化珪素膜、酸化珪素膜、窒化酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜を成膜した後、フォトリソグラフィ工程により選択的にエッチングして形成することができる。または、ポリイミド、アクリル、またはシロキサンを含む組成物を吐出し焼成して形成することができる。次に、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜及び導電膜を順に形成する。次に、フォトリソグラフィ工程により形成したレジストマスクを用いて、導電膜、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜、バッファ層、微結晶ゲルマニウム膜をエッチングし、分離する。この結果、図20に示すような、微結晶ゲルマニウム膜61、バッファ層73、ソース領域及びドレイン領域として機能する半導体膜72、及びソース電極及びドレイン電極として機能する配線71a～71cを形成する。また、一部凹部を有するチャネル保護膜82を形成する。

40

【0191】

50

以上の工程によりチャネル保護型の薄膜トランジスタを形成することができる。

【0192】

また、実施の形態1乃至8に示す薄膜トランジスタのゲート絶縁膜52a、52bの代わりに、図21に示すように、3層のゲート絶縁膜52a、52b、52cを形成してもよい。3層目のゲート絶縁膜52cとしては、厚さ1nm～5nm程度の窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜を形成することができる。

【0193】

3層目のゲート絶縁膜52cとして形成する厚さ1nm～5nm程度の窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜の形成方法としては、プラズマCVD法で形成することができる。また、ゲート絶縁膜52bに対し、高密度プラズマを用いて窒化処理して、ゲート絶縁膜52bの表面に窒化珪素層を形成することができる。高密度プラズマ窒化を行うことで、より高い濃度の窒素を含有する窒化珪素層を得ることも可能である。高密度プラズマは、高い周波数のマイクロ波、たとえば2.45GHzを使うことによって生成される。低電子温度が特徴である高密度プラズマは、活性種の運動エネルギーが低いため、従来のプラズマ処理に比べプラズマダメージが少なく欠陥が少ない層を形成することができる。また、ゲート絶縁膜52bの表面の粗さを低減できるため、キャリア移動度を大きくすることができる。

10

【0194】

(実施の形態10)

本実施の形態では、表示装置の一形態として、実施の形態1で示す薄膜トランジスタを有する液晶表示装置について、以下に示す。ここでは、VA(Vertical Alignment)型の液晶表示装置について、図22乃至図24を用いて説明する。VA型の液晶表示装置とは、液晶パネルの液晶分子の配列を制御する方式の一種である。VA型の液晶表示装置は、電圧が印加されていないときにパネル面に対して液晶分子が垂直方向を向く方式である。本実施の形態では、特に画素(ピクセル)をいくつかの領域(サブピクセル)に分け、それぞれ別の方向に分子を倒すよう工夫されている。これをマルチドメイン化あるいはマルチドメイン設計という。以下の説明では、マルチドメイン設計が考慮された液晶表示装置について説明する。

20

【0195】

図22と図23は、VA型液晶パネルの画素構造を示している。図23は基板600の平面図であり、図23中に示す切断線Y-Zに対応する断面構造を図22に表している。以下の説明ではこの両図を参照して説明する。

30

【0196】

この画素構造は、一つの画素に複数の画素電極が有り、それぞれの画素電極に平坦化膜622を介して薄膜トランジスタが接続されている。各薄膜トランジスタは、異なるゲート信号で駆動されるように構成されている。すなわち、マルチドメイン設計された画素において、個々の画素電極に印加する信号を、独立して制御する構成を有している。

【0197】

画素電極624はコンタクトホール623において、配線618で薄膜トランジスタ628と接続している。また、画素電極626はコンタクトホール627において、配線619で薄膜トランジスタ629と接続している。薄膜トランジスタ628のゲート配線602と、薄膜トランジスタ629のゲート配線603には、異なるゲート信号を与えることができるよう分離されている。一方、データ線として機能する配線616は、薄膜トランジスタ628と薄膜トランジスタ629で共通に用いられている。薄膜トランジスタ628及び薄膜トランジスタ629は実施の形態4乃至8で示す方法を用いて作製することができる。

40

【0198】

画素電極624と画素電極626の形状は異なっており、スリット625によって分離されている。V字型に広がる画素電極624の外側を囲むように画素電極626が形成されている。画素電極624と画素電極626に印加する電圧のタイミングを、薄膜トラン

50

ジスタ 628 及び薄膜トランジスタ 629 により異ならせることで、液晶の配向を制御している。ゲート配線 602 とゲート配線 603 は異なるゲート信号を与えることで、薄膜トランジスタ 628 と薄膜トランジスタ 629 の動作タイミングを異ならせることができる。また、画素電極 624、626 上に配向膜 646 が形成されている。

【0199】

対向基板 601 には、遮光膜 632、着色膜 636、対向電極 640 が形成されている。また、着色膜 636 と対向電極 640 の間には平坦化膜 637 が形成され、液晶の配向乱れを防いでいる。また、対向電極 640 上に配向膜 646 が形成される。図 24 に対向基板側の構造を示す。対向電極 640 は異なる画素間で共通化されている電極であるが、スリット 641 が形成されている。このスリット 641 と、画素電極 624 及び画素電極 626 側のスリット 625 とを交互に咬み合うように配置することで、斜め電界が効果的に発生させて液晶の配向を制御することができる。これにより、液晶が配向する方向を場所によって異ならせることができ、視野角を広げている。

10

【0200】

ここでは、基板、着色膜、遮光膜、及び平坦化膜で、カラーフィルターを構成する。なお、遮光膜、平坦化膜の何れか一方、または両方は、基板上に形成されていなくともよい。

【0201】

また、着色膜は、可視光の波長範囲のうち、任意の波長範囲の光の成分を優先的に透過させる機能を有する。通常は、赤色波長範囲の光、青色波長範囲の光、及び緑色波長範囲の光、それぞれを優先的に透過させる着色膜を組み合わせて、カラーフィルターに用いることが多い。しかしながら、着色膜の組み合わせに関しては、これに限られない。

20

【0202】

画素電極 624 と液晶層 650 と対向電極 640 が重なり合うことで、第 1 の液晶素子が形成されている。また、画素電極 626 と液晶層 650 と対向電極 640 が重なり合うことで、第 2 の液晶素子が形成されている。また、一画素に第 1 の液晶素子と第 2 の液晶素子が設けられたマルチドメイン構造である。

【0203】

なお、ここでは、液晶表示装置として、VA (Vertical Alignment) 型の液晶表示装置を示したが、実施の形態 1 に示す薄膜トランジスタを用いて形成した素子基板を、FFS 型の液晶表示装置、IPS 型の液晶表示装置、TN 型の液晶表示装置、その他の液晶表示装置に用いることができる。

30

【0204】

以上の工程により、液晶表示装置を作製することができる。本実施の形態の液晶表示装置は、オフ電流が少なく、電気特性が優れた逆スタガ型の薄膜トランジスタを用いているため、コントラストが高く、視認性の高い液晶表示装置を作製することができる。

【0205】

なお、実施の形態 1 乃至 9 を本実施の形態に適宜適用することができる。

【0206】

(実施の形態 11)

本実施の形態では、表示装置の一形態として、実施の形態 1 で示す薄膜トランジスタを有する発光表示装置について、以下に示す。ここでは、発光表示装置が有する画素の構成について説明する。図 25 (A) に、画素の上面図の一形態を示し、図 25 (B) に図 25 (A) の A - B に対応する画素の断面構造の一形態を示す。

40

【0207】

発光装置としては、ここではエレクトロルミネッセンスを利用する発光素子を用いて示す。エレクトロルミネッセンスを利用する発光素子は、発光材料が有機化合物であるか、無機化合物であるかによって区別され、一般的に、前者は有機 EL 素子、後者は無機 EL 素子と呼ばれている。また、ここでは、薄膜トランジスタの作製工程として上記実施の形態を用いることができる。

【0208】

50

有機EL素子は、発光素子に電圧を印加することにより、一対の電極から電子および正孔がそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、それらキャリア（電子および正孔）が再結合することにより、発光性の有機化合物が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。このようなメカニズムから、このような発光素子は、電流励起型の発光素子と呼ばれる。

【0209】

無機EL素子は、その素子構成により、分散型無機EL素子と薄膜型無機EL素子とに分類される。分散型無機EL素子は、発光材料の粒子をバインダ中に分散させた発光層を有するものであり、発光メカニズムはドナー準位とアクセプター準位を利用するドナー・アクセプター再結合型発光である。薄膜型無機EL素子は、発光層を誘電体層で挟み込み、さらにそれを電極で挟んだ構造であり、発光メカニズムは金属イオンの内殻電子遷移を利用する局在型発光である。なお、ここでは、発光素子として有機EL素子を用いて説明する。また、画素電極への信号の入力を制御するためのスイッチング用の薄膜トランジスタ、及び発光素子の駆動を制御する薄膜トランジスタとして、チャネルエッチ型の薄膜トランジスタを用いて示すが、チャネル保護型の薄膜トランジスタを適宜用いることができる。

【0210】

図25(A)及び図25(B)において、第1の薄膜トランジスタ74aは画素電極への信号の入力を制御するためのスイッチング用の薄膜トランジスタであり、第2の薄膜トランジスタ74bは発光素子94への電流または電圧の供給を制御するための駆動用の薄膜トランジスタに相当する。

【0211】

第1の薄膜トランジスタ74aのゲート電極は走査線51aに、ソースまたはドレインの一方は信号線として機能する配線71a～71cに接続され、ソースまたはドレインの他方に接続する配線71d～71fは第2の薄膜トランジスタ74bのゲート電極51bに接続される。第2の薄膜トランジスタ74bのソースまたはドレインの一方は電源線として機能する配線93a～93cに接続され、ソースまたはドレインの他方は表示装置の画素電極79に接続される。第2の薄膜トランジスタ74bのゲート電極、ゲート絶縁膜、及び電源線として機能する配線93a～93cで容量素子96を構成し、第1の薄膜トランジスタ74aのソースまたはドレインの他方は容量素子96に接続される。

【0212】

なお、容量素子96は、第1の薄膜トランジスタ74aがオフのときに第2の薄膜トランジスタ74bのゲート／ソース間電圧またはゲート／ドレイン間電圧（以下、ゲート電圧とする）を保持するための容量素子に相当し、必ずしも設ける必要はない。

【0213】

本実施の形態では、第1の薄膜トランジスタ74a及び第2の薄膜トランジスタ74bを実施の形態4を用いて形成することができる。また、第1の薄膜トランジスタ74a及び第2の薄膜トランジスタ74bはここではnチャネル型薄膜トランジスタで形成するが、第1の薄膜トランジスタ74aをnチャネル型薄膜トランジスタで形成し、第2の薄膜トランジスタ74bをpチャネル型薄膜トランジスタで形成してもよい。さらには、第1の薄膜トランジスタ74a及び第2の薄膜トランジスタ74bをpチャネル型の薄膜トランジスタで形成してもよい。

【0214】

第1の薄膜トランジスタ74a及び第2の薄膜トランジスタ74b上に保護絶縁膜76を形成し、保護絶縁膜76上に平坦化膜78を形成し、平坦化膜78及び保護絶縁膜76に形成されるコンタクトホールにおいて、配線93d～93fに接続する陰極として機能する画素電極79が形成される。平坦化膜78は、アクリル、ポリイミド、ポリアミドなどの有機樹脂、またはシロキサンポリマーを用いて形成することが好ましい。コンタクトホールにおいては、陰極として機能する画素電極79が凹凸を有するため、当該領域を覆い、且つ開口部を有する隔壁91を設ける。隔壁91の開口部において陰極として機能する

10

20

30

40

50

画素電極 7 9 と接するように、発光層 9 2 が形成され、発光層 9 2 を覆うように陽極として機能する画素電極 9 3 が形成され、陽極として機能する画素電極 9 3 及び隔壁 9 1 を覆うように保護絶縁膜 9 5 が形成される。

【 0 2 1 5 】

ここでは、発光素子として上面射出構造の発光素子 9 4 を示す。上面射出構造の発光素子 9 4 は、第 1 の薄膜トランジスタ 7 4 a、第 2 の薄膜トランジスタ 7 4 b 上でも発光することが可能であるため、発光面積を増大することが可能である。しかしながら、発光層 9 2 の下地膜が凹凸を有すると、当該凹凸において膜厚分布が不均一となり陽極として機能する画素電極 9 3 及び陰極として機能する画素電極 7 9 がショートし、表示欠陥となってしまう。このため、平坦化膜 7 8 を設けることが好ましい。

10

【 0 2 1 6 】

陰極として機能する画素電極 7 9 及び陽極として機能する画素電極 9 3 で発光層 9 2 を挟んでいる領域が発光素子 9 4 に相当する。図 2 5 (B) に示した画素の場合、発光素子 9 4 から発せられる光は、白抜きの矢印で示すように陽極として機能する画素電極 9 3 側に射出する。

【 0 2 1 7 】

陰極として機能する画素電極 7 9 は仕事関数が小さく、なおかつ光を反射する導電膜であれば公知の材料を用いることができる。例えば、C a、A l、M g A g、A l L i 等が望ましい。発光層 9 2 は、単数の層で構成されていても、複数の層が積層されるように構成されていてもどちらでも良い。複数の層で構成されている場合、陰極として機能する画素電極 7 9 に電子注入層、電子輸送層、発光層、ホール輸送層、ホール注入層の順に積層する。なお、これらの層を全て設ける必要はない。陽極として機能する画素電極 9 3 は、光を透過する透光性を有する導電性材料を用いて形成し、例えば酸化タンゲステンを含むインジウム酸化物、酸化タンゲステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、I T O、インジウム亜鉛酸化物、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物などの透光性を有する導電膜を用いても良い。

20

【 0 2 1 8 】

ここでは、基板とは逆側の面から発光を取り出す上面射出構造の発光素子について示したが、基板側の面から発光を取り出す下面射出構造の発光素子や、基板側及び基板とは反対側の面から発光を取り出す両面射出構造の発光素子を適宜適用することができる。

30

【 0 2 1 9 】

また、ここでは、発光素子として有機 E L 素子について述べたが、発光素子として無機 E L 素子を設けることも可能である。

【 0 2 2 0 】

なお、本実施の形態では、発光素子の駆動を制御する薄膜トランジスタ（駆動用薄膜トランジスタ）と発光素子が電気的に接続されている例を示したが、駆動用薄膜トランジスタと発光素子との間に電流制御用薄膜トランジスタが接続されている構成であってもよい。

【 0 2 2 1 】

以上の工程により、発光表示装置を作製することができる。本実施の形態の発光装置は、オフ電流が少なく、電気特性が優れた逆スタガ型の薄膜トランジスタを用いているため、コントラストが高く、視認性の高い発光表示装置を作製することができる。

40

【 0 2 2 2 】

なお、実施の形態 1 乃至 9 を本実施の形態に適宜適用することができる。

【 0 2 2 3 】

(実施の形態 1 2)

次に、本発明の一形態である表示パネルの構成について、以下に示す。

【 0 2 2 4 】

図 2 6 (A) に、信号線駆動回路 6 0 1 3 のみを別途形成し、基板 6 0 1 1 上に形成された画素部 6 0 1 2 と接続している表示パネルの形態を示す。画素部 6 0 1 2 及び走査線

50

駆動回路 6014 は、実施の形態 1 乃至 3 に示す薄膜トランジスタを用いて形成する高い電界効果移動度が得られるトランジスタで信号線駆動回路を形成することで、走査線駆動回路よりも高い駆動周波数が要求される信号線駆動回路の動作を安定させることができる。なお、信号線駆動回路 6013 は、単結晶の半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタ、多結晶の半導体をチャネル形成領域に用いた薄膜トランジスタ、または SOI をチャネル形成領域に用いたトランジスタであっても良い。画素部 6012 と、信号線駆動回路 6013 と、走査線駆動回路 6014 とに、それぞれ電源の電位、各種信号等が、FPC 6015 を介して供給される。さらに、信号線駆動回路 6013 及び FPC 6015 の間、または信号線駆動回路 6013 及び画素部 6012 の間に、保護回路を設けてもよい。保護回路は、実施の形態 4 に示す薄膜トランジスタ、ダイオード、抵抗素子及び容量素子等から選択された 1 つ又は複数の素子によって構成される。また、ダイオードとして、実施の形態 1 または 2 に示す薄膜トランジスタをダイオード接続したダイオードを用いることもできる。10

【0225】

なお、信号線駆動回路及び走査線駆動回路を、共に画素部と同じ基板上に形成しても良い。

【0226】

また、駆動回路を別途形成する場合、必ずしも駆動回路が形成された基板を、画素部が形成された基板上に貼り合わせる必要はなく、例えば FPC 上に貼り合わせるようにしても良い。図 26 (B) に、信号線駆動回路 6023 のみを別途形成し、基板 6021 上に形成された画素部 6022 及び走査線駆動回路 6024 と接続している表示装置パネルの形態を示す。画素部 6022 及び走査線駆動回路 6024 は、微結晶ゲルマニウム膜をチャネル形成領域に用いた薄膜トランジスタを用いて形成する。信号線駆動回路 6023 は、FPC 6025 を介して画素部 6022 と接続されている。画素部 6022 と、信号線駆動回路 6023 と、走査線駆動回路 6024 とに、それぞれ電源の電位、各種信号等が、FPC 6025 を介して供給される。さらに、信号線駆動回路 6023 及び FPC 6025 の間、または信号線駆動回路 6023 及び画素部 6022 の間に、保護回路を設けてもよい。20

【0227】

また、信号線駆動回路の一部または走査線駆動回路の一部のみを、微結晶ゲルマニウム膜をチャネル形成領域に用いた薄膜トランジスタを用いて画素部と同じ基板上に形成し、残りを別途形成して画素部と電気的に接続するようにしても良い。図 26 (C) に、信号線駆動回路が有するアナログスイッチ 6033a を、画素部 6032、走査線駆動回路 6034 と同じ基板 6031 上に形成し、信号線駆動回路が有するシフトレジスタ 6033b を別途異なる基板に形成して貼り合わせる表示装置パネルの形態を示す。画素部 6032 及び走査線駆動回路 6034 は、微結晶ゲルマニウム膜をチャネル形成領域に用いた薄膜トランジスタを用いて形成する。信号線駆動回路が有するシフトレジスタ 6033b は、FPC 6035 を介して画素部 6032 と接続されている。画素部 6032 と、信号線駆動回路と、走査線駆動回路 6034 とに、それぞれ電源の電位、各種信号等が、FPC 6035 を介して供給される。さらに、信号線駆動回路及び FPC 6035 の間、または信号線駆動回路及び画素部 6032 の間に、保護回路を設けてもよい。30

【0228】

図 26 に示すように、本実施の形態の表示装置は、駆動回路の一部または全部を、画素部と同じ基板上に、微結晶ゲルマニウム膜をチャネル形成領域に用いた薄膜トランジスタを用いて形成することができる。

【0229】

なお、別途形成した基板の接続方法は、特に限定されるものではなく、公知の COG 方法、ワイヤボンディング方法、或いは TAB 方法などを用いることができる。また接続する位置は、電気的な接続が可能であるならば、図 26 に示した位置に限定されない。また、コントローラ、CPU、メモリ等を別途形成し、接続するようにしても良い。40

【0230】

なお信号線駆動回路は、シフトレジスタとアナログスイッチ有する。なたは、シフトレジスタとアナログスイッチに加え、バッファ、レベルシフタ、ソースフォロワ等、他の回路を有していても良い。また、シフトレジスタとアナログスイッチは必ずしも設ける必要はなく、例えばシフトレジスタの代わりにデコーダ回路のような信号線の選択ができる別の回路を用いても良いし、アナログスイッチの代わりにラッチ等を用いても良い。

【0231】

(実施の形態13)

上記実施の形態により得られる表示装置等は、アクティブマトリクス型表示装置パネ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上記実施の形態を実施できる。

10

【0232】

その様な電子機器としては、ビデオカメラ及びデジタルカメラ等のカメラ、ヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル型ディスプレイ）、カーナビゲーション、プロジェクタ、カーステレオ、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27に示す。

【0233】

図27(A)はテレビジョン装置である。表示パネルを、図27(A)に示すように、筐体に組みこんで、テレビジョン装置を完成させることができる。表示パネルにより主画面2003が形成され、その他付属設備としてスピーカ部2009、操作スイッチなどが備えられている。このように、テレビジョン装置を完成させることができる。

20

【0234】

図27(A)に示すように、筐体2001に表示素子を用いた表示用パネル2002が組みこまれ、受信機2005により一般的なテレビ放送の受信をはじめ、モデム2004を介して有線又は無線による通信ネットワークに接続することにより一方向（送信者から受信者）又は双方向（送信者と受信者間、又は受信者間同士）の情報通信をすることもできる。テレビジョン装置の操作は、筐体に組みこまれたスイッチ又は別体のリモコン操作機2006により行うことが可能であり、このリモコン操作機2006にも出力する情報を表示する表示部2007が設けられていても良い。

【0235】

30

また、テレビジョン装置にも、主画面2003の他にサブ画面2008を第2の表示パネルで形成し、チャネルや音量などを表示する構成が付加されていても良い。この構成において、主画面2003を液晶表示パネルで形成し、サブ画面2008を発光表示パネルで形成しても良い。また、主画面2003を発光表示パネルで形成し、サブ画面2008を発光表示パネルで形成し、サブ画面2008は点滅可能とする構成としても良い。

【0236】

図28はテレビジョン装置の主要な構成を示すブロック図を示している。表示パネル900には、画素部921が形成されている。信号線駆動回路922と走査線駆動回路923は、表示パネル900にCOG方式により実装されていても良い。

【0237】

40

その他の外部回路の構成として、映像信号の入力側では、チューナ924で受信した信号のうち、映像信号を増幅する映像信号增幅回路925と、そこから出力される信号を赤、緑、青の各色に対応した色信号に変換する映像信号処理回路926と、その映像信号をドライバICの入力仕様に変換するためのコントロール回路927などを有している。コントロール回路927は、走査線側と信号線側にそれぞれ信号が出力する。デジタル駆動する場合には、信号線側に信号分割回路928を設け、入力デジタル信号をm個に分割して供給する構成としても良い。

【0238】

チューナ924で受信した信号のうち、音声信号は、音声信号增幅回路929に送られ、その出力は音声信号処理回路930を経てスピーカ933に供給される。制御回路93

50

1は受信局（受信周波数）や音量の制御情報を入力部932から受け、チューナ924や音声信号処理回路930に信号を送出する。

【0239】

勿論、上記実施の形態はテレビジョン装置に限定されず、パーソナルコンピュータのモニタをはじめ、鉄道の駅や空港などにおける情報表示盤や、街頭における広告表示盤など大面積の表示媒体としても様々な用途に適用することができる。

【0240】

主画面2003、サブ画面2008において、上記実施の形態で説明した表示装置を適用することで、テレビ装置の量産性を高めることができる。

【0241】

また、図27（B）に示す携帯型のコンピュータは、本体2401、表示部2402等を含んでいる。表示部2402に、上記実施の形態に示す表示装置を適用することにより、コンピュータの量産性を高めることができる。

【0242】

図27（C）は卓上照明器具であり、照明部2501、傘2502、可変アーム2503、支柱2504、台2505、電源2506を含む。上記実施の形態に示す発光装置を照明部2501に用いることにより作製される。なお、照明器具には天井固定型の照明器具または壁掛け型の照明器具なども含まれる。上記実施の形態に示す表示装置を適用することにより、量産性を高めることができ、安価な卓上照明器具を提供することができる。

【0243】

図29は上記実施の形態を適用したスマートフォン携帯電話の一例であり、図29（A）が正面図、図29（B）が背面図、図29（C）が2つの筐体をスライドさせたときの正面図である。スマートフォン携帯電話1000は、筐体1001及び1002二つの筐体で構成されている。スマートフォン携帯電話1000は、携帯電話と携帯情報端末の双方の機能を備えており、コンピュータを内蔵し、音声通話以外にも様々なデータ処理が可能な所謂スマートフォンである。

【0244】

筐体1001においては、表示部1101、スピーカ1102、マイクロフォン1103、操作キー1104、ポインティングディバイス1105、表面カメラ用レンズ1106、外部接続端子ジャック1107、イヤホン端子1108等を備え、筐体1002においては、キーボード1201、外部メモリスロット1202、裏面カメラ1203、ライト1204等を備えている。また、アンテナは筐体1001内部に内蔵されている。

【0245】

また、上記構成に加えて、非接触ICチップ、小型記録装置等を内蔵していてもよい。

【0246】

重なり合った筐体1001と筐体1002（図29（A）に示す。）は、スライドし図29（C）のように展開する。表示部1101には、上記実施の形態に示される表示装置を組み込むことが可能であり、使用形態に応じて表示の方向が適宜変化する。表示部1101と表面カメラ用レンズ1106を同一の面に備えているため、テレビ電話が可能である。また、表示部1101をファインダーとし裏面カメラ1203及びライト1204で静止画及び動画の撮影が可能である。

【0247】

スピーカ1102及びマイクロフォン1103は音声通話に限らず、テレビ電話、録音、再生等の用途に使用できるが可能である。操作キー1104では、電話の発着信、電子メール等の簡単な情報入力、画面のスクロール、カーソル移動等が可能である。

【0248】

また、書類の作成、携帯情報端末としての使用等、取り扱う情報が多い場合は、キーボード1201を用いると便利である。更に、重なり合った筐体1001と筐体1002（図29（A））は、スライドし図29（C）のように展開し、携帯情報端末としての使用できる場合は、キーボード1201、ポインティングディバイス1105を用い円滑な操作

10

20

30

40

50

が可能である。外部接続端子ジャック 1107 は A C アダプタ及び U S B ケーブル等の各種ケーブルと接続可能であり、充電及びパーソナルコンピュータ等とのデータ通信が可能である。また、外部メモリスロット 1202 に記録媒体を挿入しより大量のデータ保存及び移動に対応できる。

【 0 2 4 9 】

筐体 1002 の裏面(図 29 (B))には、裏面カメラ 1203 及びライト 1204 を備えており、表示部 1101 をファインダーとし静止画及び動画の撮影が可能である。

【 0 2 5 0 】

また、上記機能構成に加えて、赤外線通信機能、U S B ポート、テレビワンセグ受信機能、非接触 I C チップ、イヤホンジャック等を備えたものであってもよい。

10

【 0 2 5 1 】

上記実施の形態に示す表示装置を適用することにより、スマートフォン携帯電話の量産性を高めることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 2 5 2 】

【図 1】本実施の形態に係る薄膜トランジスタを説明する断面図である。

【図 2】本実施の形態に係る薄膜トランジスタを説明する断面図である。

【図 3】本実施の形態に係る薄膜トランジスタを説明する断面図である。

【図 4】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 5】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

20

【図 6】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 7】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する上面図である。

【図 8】本発明に適用可能なプラズマ C V D 装置の構成を示す図である。

【図 9】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 10】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 11】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 12】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 13】本発明に適用可能な多階調マスクを説明する図である。

【図 14】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

30

【図 15】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 16】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 17】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 18】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する上面図である。

【図 19】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 20】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 21】本実施の形態に係る表示装置の作製方法を説明する断面図である。

【図 22】本実施の形態に係る表示装置を説明する断面図である。

【図 23】本実施の形態に係る表示装置を説明する上面図である。

【図 24】本実施の形態に係る表示装置を説明する上面図である。

【図 25】本実施の形態に係る表示装置を説明する断面図及び上面図である。

40

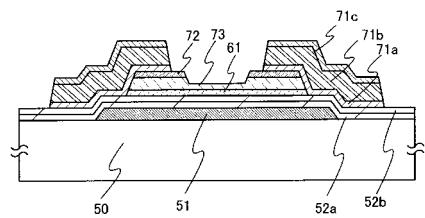
【図 26】本実施の形態に係る表示パネルを説明する斜視図である。

【図 27】本実施の形態に係る表示装置を用いた電子機器を説明する斜視図である。

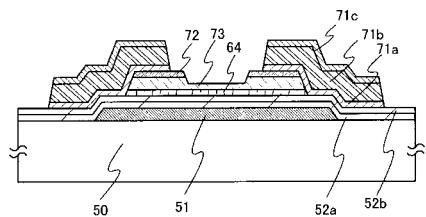
【図 28】本実施の形態に係る表示装置を用いた電子機器を説明する図である。

【図 29】本実施の形態に係る表示装置を用いた電子機器を説明する図である。

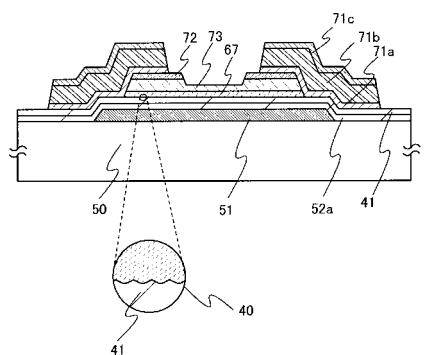
【図1】



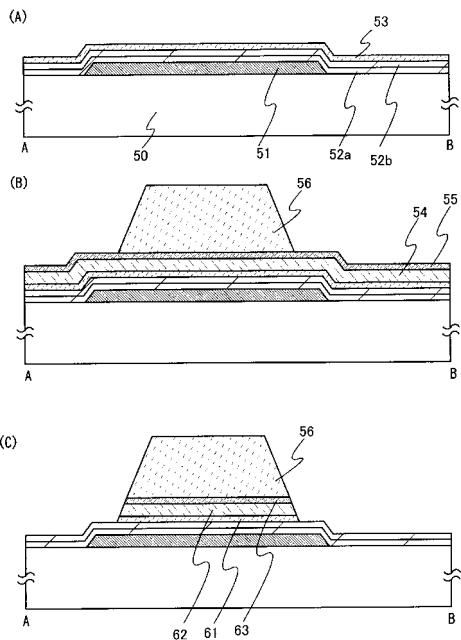
【図2】



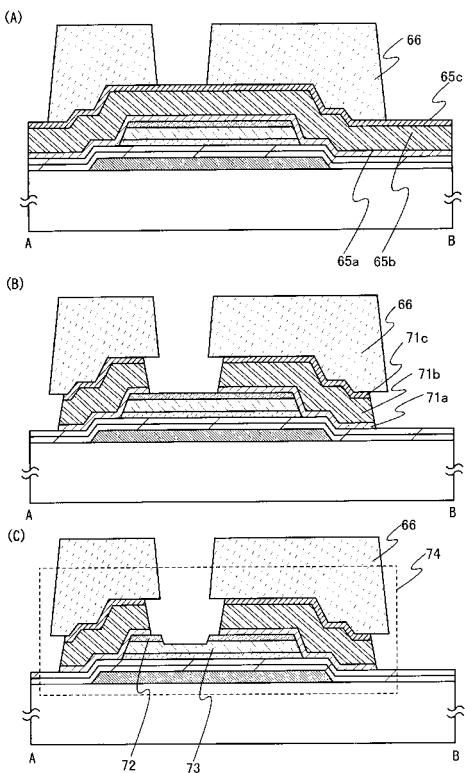
【図3】



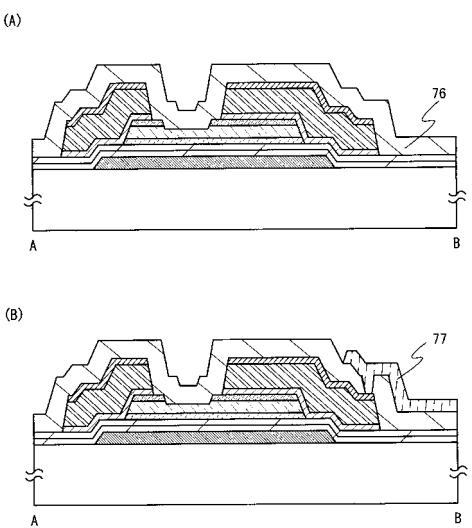
【図4】



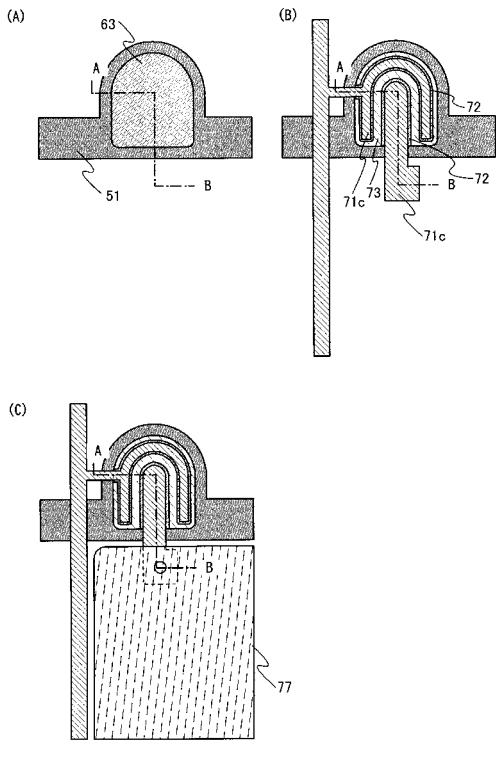
【図5】



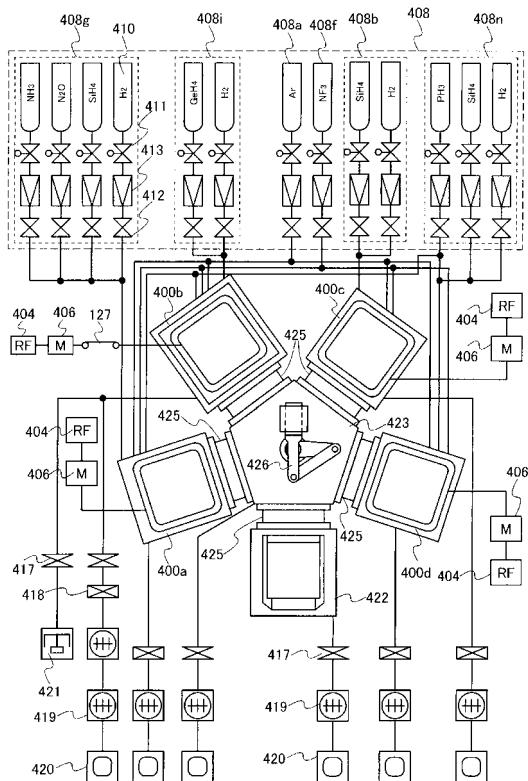
【図6】



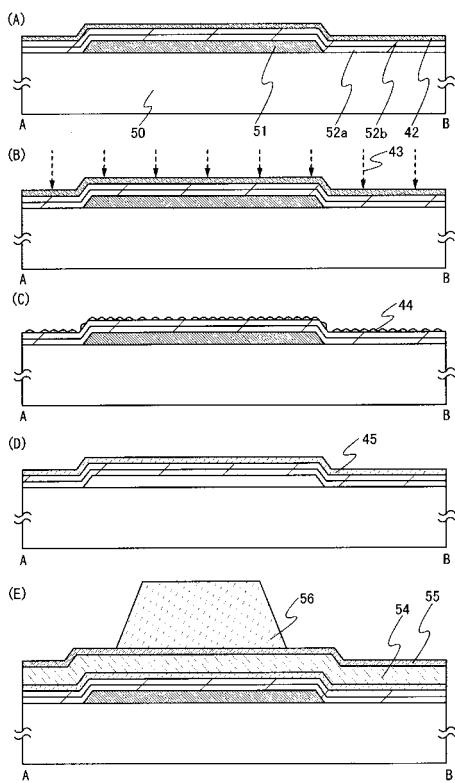
【図7】



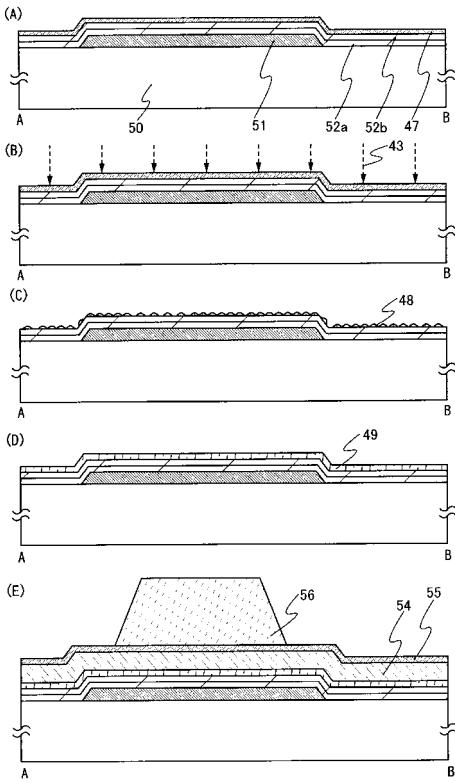
【図8】



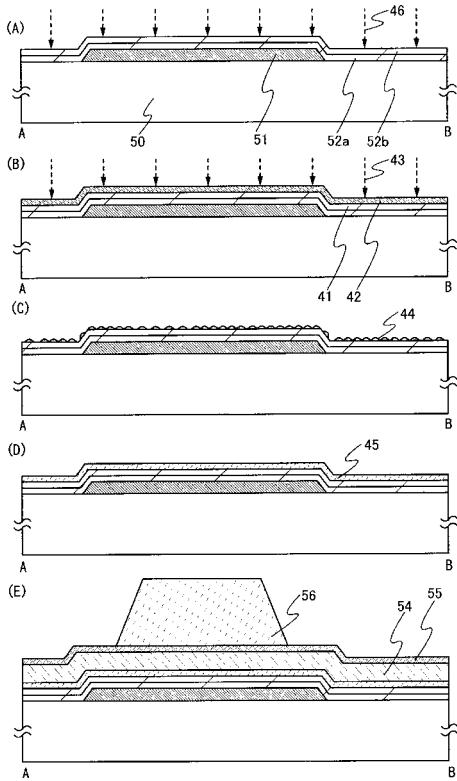
【図9】



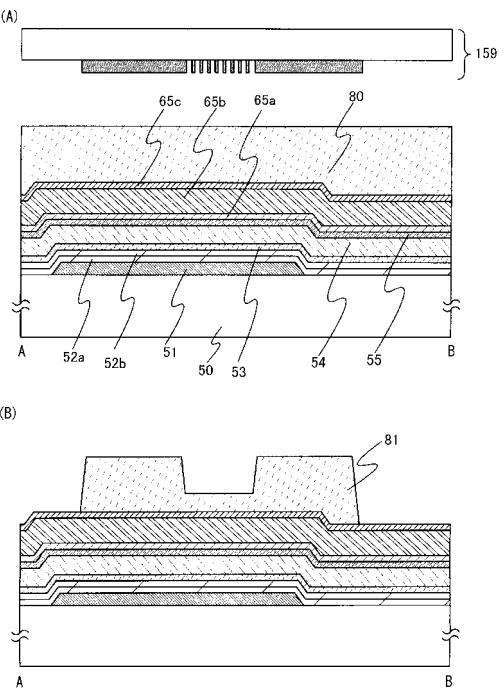
【図10】



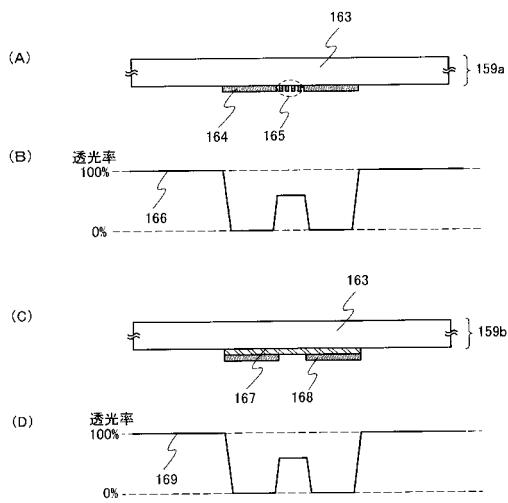
【図11】



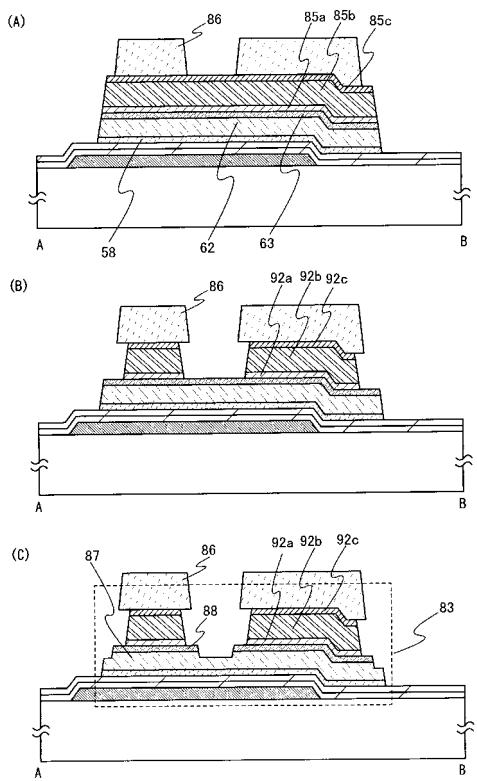
【図12】



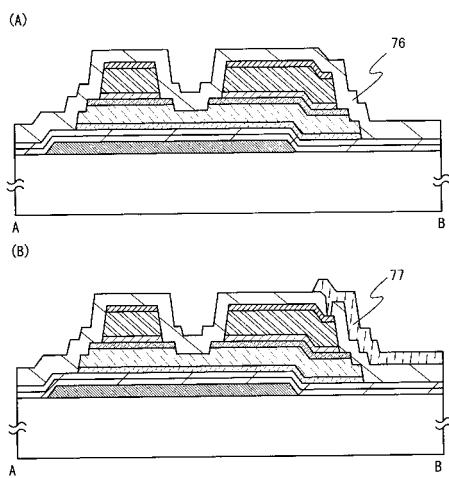
【図13】



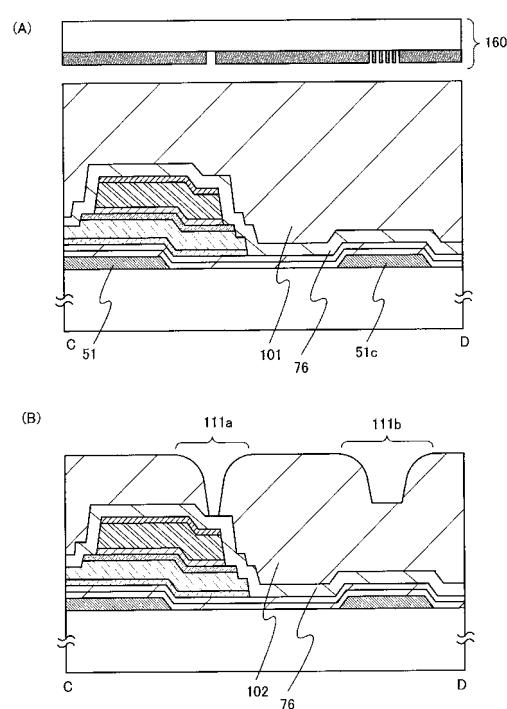
【図14】



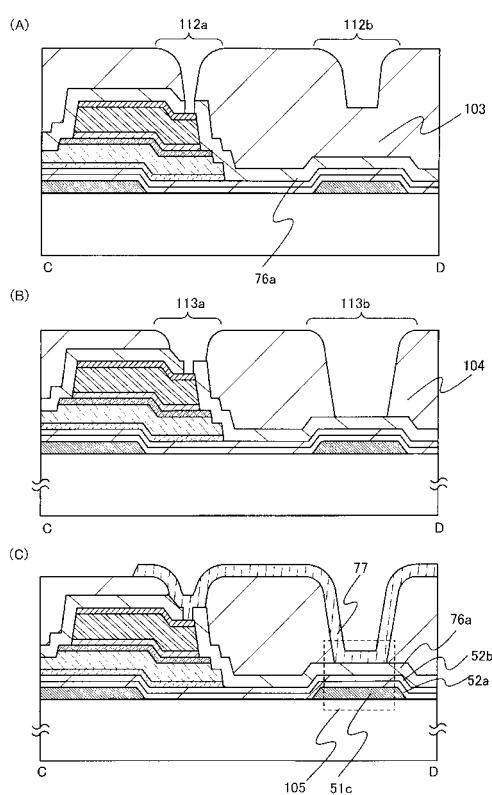
【図15】



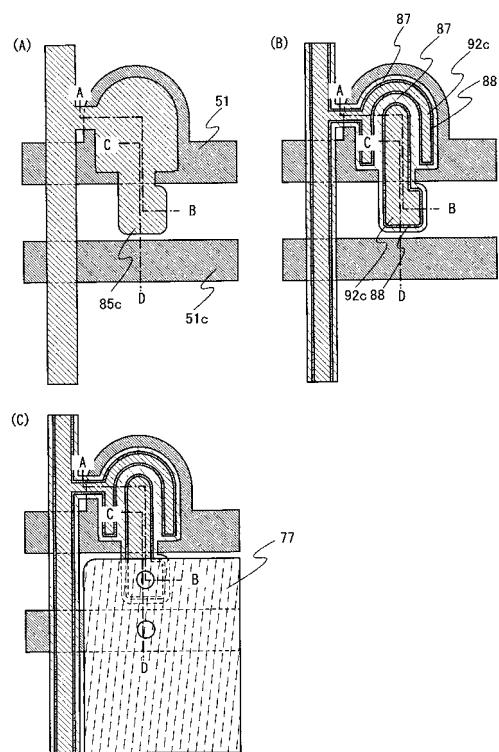
【図16】



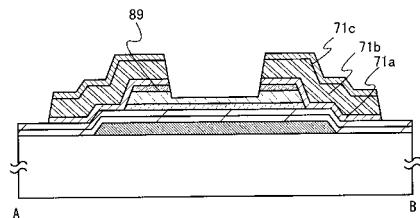
【図17】



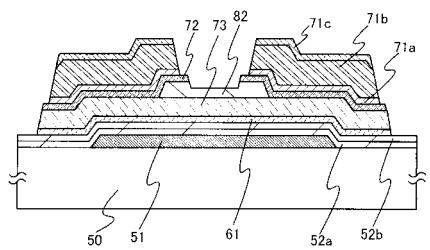
【図18】



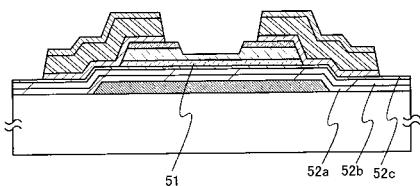
【図19】



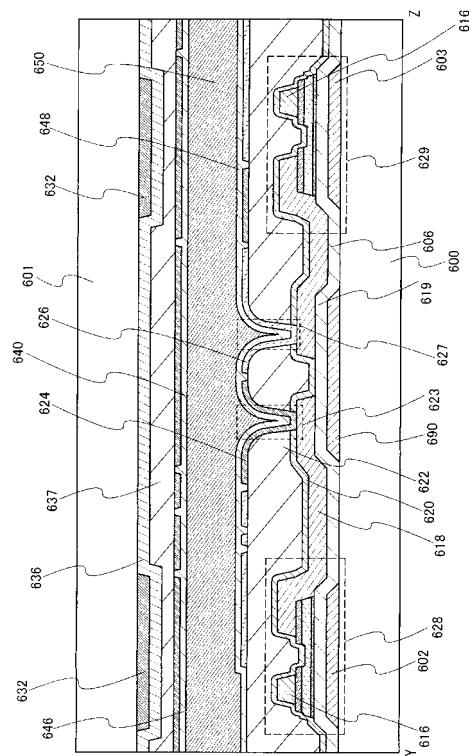
【図20】



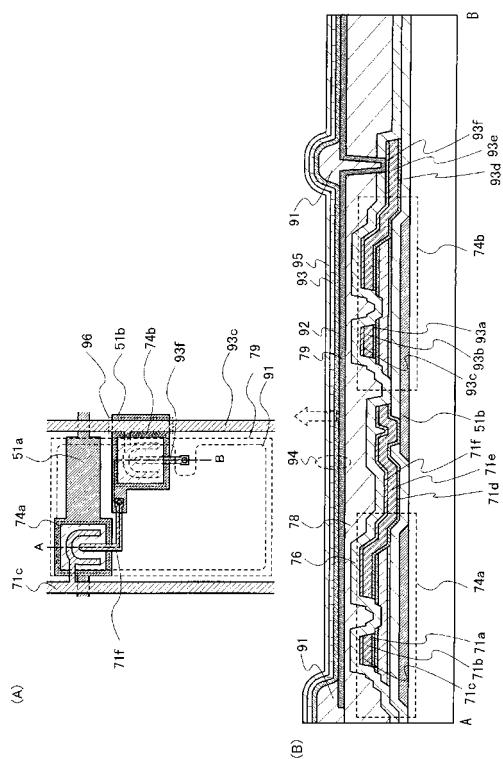
【図21】



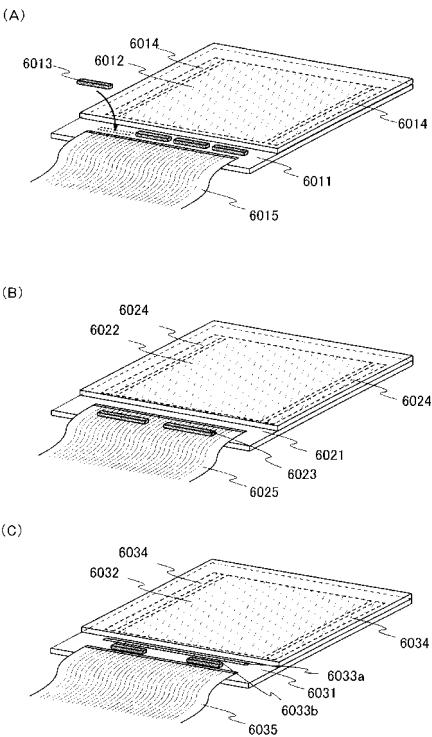
【図22】



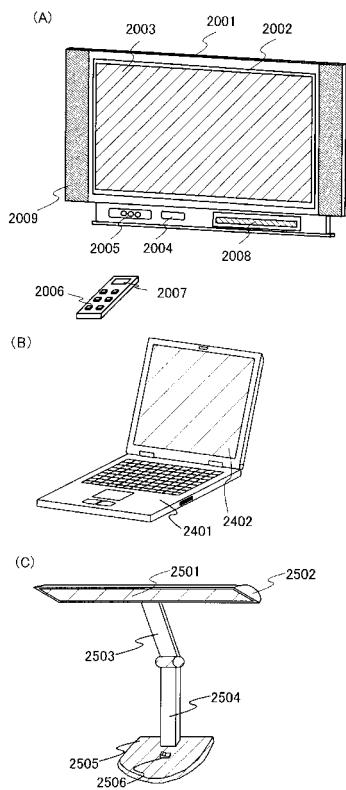
【図25】



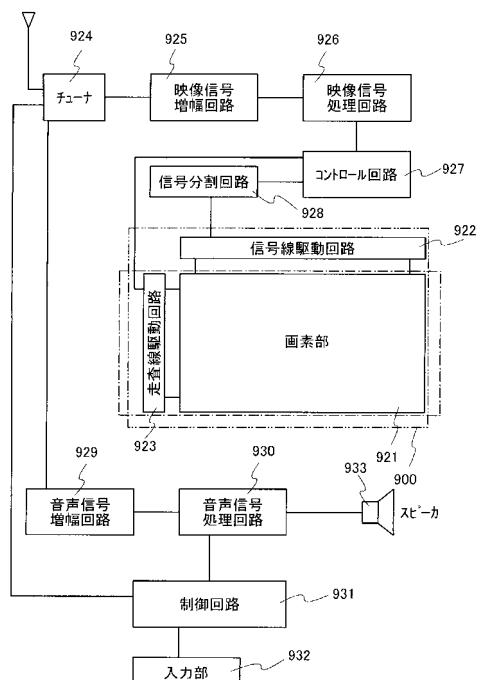
【図26】



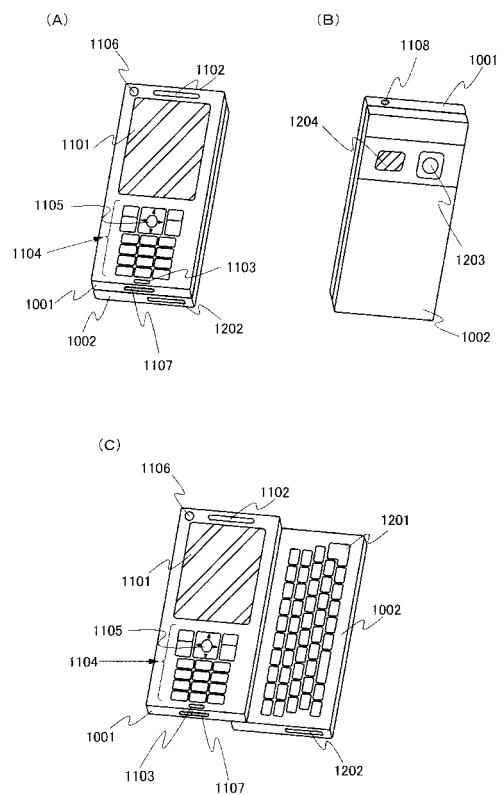
【図27】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平05-267662(JP,A)
特開2005-005509(JP,A)
特開2000-150906(JP,A)
特開2001-203359(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 29/786
H01L 21/336