

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5331407号  
(P5331407)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>H01L 21/336</b>	<b>(2006.01)</b>	H01L 29/78	618A
<b>H01L 29/786</b>	<b>(2006.01)</b>	H01L 29/78	618E
<b>C23C 16/24</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C 16/24	
<b>C23C 16/505</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C 16/505	

請求項の数 4 (全 55 頁)

(21) 出願番号 特願2008-204717 (P2008-204717)  
 (22) 出願日 平成20年8月7日 (2008.8.7)  
 (65) 公開番号 特開2009-71291 (P2009-71291A)  
 (43) 公開日 平成21年4月2日 (2009.4.2)  
 審査請求日 平成23年6月28日 (2011.6.28)  
 (31) 優先権主張番号 特願2007-213102 (P2007-213102)  
 (32) 優先日 平成19年8月17日 (2007.8.17)  
 (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  
 (72) 発明者 手塚 祐朗  
 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  
 (72) 発明者 鳥海 智志  
 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  
 (72) 発明者 古野 誠  
 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

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】

絶縁表面を有する基板上にゲート電極を形成し、  
 前記ゲート電極上に絶縁膜を成膜し、  
 前記基板を真空チャンバー内に導入し、  
 前記真空チャンバー内に材料ガスを導入し、  
 前記真空チャンバー内にグロー放電プラズマを生成する電極に、波長10m以上の周波数を有する第1の高周波電力と、波長10m未満の周波数を有する第2の高周波電力をとを重畳印加してグロー放電プラズマを生成する第1の成膜条件により微結晶半導体膜の下部を成膜し、

前記第1の成膜条件と、基板温度、電力、周波数、前記材料ガスの流量、または真空度の少なくとも1つの条件が異なる第2の成膜条件で前記真空チャンバーと同一チャンバー内で前記微結晶半導体膜の上部を堆積し、

前記微結晶半導体膜上にバッファ層を成膜し、

前記第1の成膜条件は、前記第1の高周波電力と、前記第1の高周波電力よりも電力の大きい前記第2の高周波電力を重畳印加し、

前記第2の成膜条件は、前記第1の高周波電力よりも大きい第3の高周波電力と、前記第3の高周波電力よりも電力の小さい第4の高周波電力を印加し、

前記第3の高周波電力の周波数は前記第1の高周波電力と同じであり、

前記第4の高周波電力の周波数は前記第2の高周波電力と同じである半導体装置の作製

方法。

【請求項 2】

絶縁表面を有する基板上にゲート電極を形成し、  
前記ゲート電極上に絶縁膜を成膜し、  
前記基板を真空チャンバー内に導入し、  
前記真空チャンバー内に材料ガスを導入し、  
前記真空チャンバー内にグロー放電プラズマを生成する電極に、3 MHz ~ 30 MHz の第1の高周波電力と、30 MHz ~ 300 MHz の第2の高周波電力を重畠印加してグロー放電プラズマを生成する第1の成膜条件により微結晶半導体膜の下部を成膜し、  
前記第1の成膜条件と、基板温度、電力、周波数、前記材料ガスの流量、または真空度の少なくとも1つの条件が異なる第2の成膜条件で前記真空チャンバーと同一チャンバー内で前記微結晶半導体膜の上部を堆積し、  
前記微結晶半導体膜上にバッファ層を成膜し、  
前記第1の成膜条件は、前記第1の高周波電力と、前記第1の高周波電力よりも電力の大きい前記第2の高周波電力を重畠印加し、  
前記第2の成膜条件は、前記第1の高周波電力よりも大きい第3の高周波電力と、前記第3の高周波電力よりも電力の小さい第4の高周波電力を印加し、  
前記第3の高周波電力の周波数は前記第1の高周波電力と同じであり、  
前記第4の高周波電力の周波数は前記第2の高周波電力と同じである半導体装置の作製方法。  
10  
20

【請求項 3】

絶縁表面を有する基板上にゲート電極を形成し、  
前記ゲート電極上に絶縁膜を成膜し、  
前記基板を真空チャンバー内に導入し、  
前記真空チャンバー内に材料ガスを導入し、  
前記真空チャンバー内にグロー放電プラズマを生成する電極に、波長10m以上の周波数を有する第1の高周波電力と、波長10m未満の周波数を有する第2の高周波電力を重畠印加してグロー放電プラズマを生成する第1の成膜条件により微結晶半導体膜の下部を成膜し、  
前記第1の成膜条件と、基板温度、電力、周波数、前記材料ガスの流量、または真空度の少なくとも1つの条件が異なる第2の成膜条件で前記真空チャンバーと同一チャンバー内で前記微結晶半導体膜の上部を堆積し、  
前記微結晶半導体膜上にバッファ層を成膜し、  
前記第1の成膜条件は、前記第1の高周波電力と前記第2の高周波電力を重畠印加し、  
前記第2の成膜条件は、重畠印加することなく、前記第1の高周波電力と同じ周波数の第3の高周波電力を印加する半導体装置の作製方法。  
30

【請求項 4】

絶縁表面を有する基板上にゲート電極を形成し、  
前記ゲート電極上に絶縁膜を成膜し、  
前記基板を真空チャンバー内に導入し、  
前記真空チャンバー内に材料ガスを導入し、  
前記真空チャンバー内にグロー放電プラズマを生成する電極に、3 MHz ~ 30 MHz の第1の高周波電力と、30 MHz ~ 300 MHz の第2の高周波電力を重畠印加してグロー放電プラズマを生成する第1の成膜条件により微結晶半導体膜の下部を成膜し、  
前記第1の成膜条件と、基板温度、電力、周波数、前記材料ガスの流量、または真空度の少なくとも1つの条件が異なる第2の成膜条件で前記真空チャンバーと同一チャンバー内で前記微結晶半導体膜の上部を堆積し、  
前記微結晶半導体膜上にバッファ層を成膜し、  
前記第1の成膜条件は、前記第1の高周波電力と前記第2の高周波電力を重畠印加し  
50

前記第2の成膜条件は、重疊印加することなく、前記第1の高周波電力と同じ周波数の第3の高周波電力を印加する半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は薄膜トランジスタ（以下、TFTという）で構成された回路を有する半導体装置およびその作製方法に関する。例えば、液晶表示パネルに代表される電気光学装置や有機発光素子を有する発光表示装置を部品として搭載した電子機器に関する。10

【0002】

なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、電気光学装置、半導体回路および電子機器は全て半導体装置である。

【背景技術】

【0003】

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（TFT）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。20

【0004】

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、または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。

【0005】

非晶質半導体膜を用いた薄膜トランジスタは、水素化アモルファスシリコン膜などの非晶質半導体膜を用いるため、プロセス温度に制限があり、水素が膜中から脱離する400以上の加熱や、膜中の水素により表面荒れが生じる強度のレーザ光照射などは行わない。水素化アモルファスシリコン膜は、水素を未結合手に結合させ、結果的に未結合手を消失させて膜の電気的特性を向上させた非晶質シリコン膜である。

【0006】

また、ポリシリコン膜などの多結晶半導体膜の形成方法としては、表面荒れが生じないように予め、アモルファスシリコン膜中の水素濃度を低減させる脱水素化処理を行った後、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、脱水素化させたアモルファスシリコン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。

【0007】

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移動度が2桁以上高く、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。40

【0008】

本出願人は、チャネル形成領域が結晶構造と非結晶構造の混合からなる半導体であるFET(Field effect transistor)を特許文献1で開示している。

【0009】

また、画像表示装置のスイッチング素子として、微結晶半導体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2及び3）。

【0010】

また、従来の薄膜トランジスタの作製方法として、ゲート絶縁膜上にアモルファスシリコン膜を成膜した後、その上面に金属膜を形成し、当該金属膜にダイオードレーザを照射し50

て、アモルファスシリコン膜をマイクロクリスタルシリコン膜に改質する技術（非特許文献1）が知られている。この方法によれば、アモルファスシリコン膜上に形成した金属膜は、ダイオードレーザの光エネルギーを熱エネルギーに変換するためのものであり、薄膜トランジスタの完成のためにはその後除去されるべきものであった。すなわち、金属膜からの伝導加熱によってのみアモルファスシリコン膜が加熱され、マイクロクリスタルシリコン膜を形成する方法である。

#### 【0011】

アモルファスシリコンにレーザ光を照射して微結晶半導体膜を形成する方法の他に、微結晶半導体膜をプラズマCVD法により成膜する方法がある。プラズマCVD法による微結晶シリコン膜の作製方法として、30MHz以上のVHF（Very High Frequency）帯の高周波を利用する発明が開示されている（特許文献4参照）。

10

【特許文献1】米国特許第5591987

【特許文献2】特開平4-242724号公報

【特許文献3】特開2005-49832号公報

【特許文献4】特許第3201492号公報

【非特許文献1】トシアキ・アライ（Toshiaki Araki）他、エス・アイ・ディー 07 ダイジェスト（SID 07 DIGEST）、2007、p. 1370 - 1373

#### 【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

#### 【0012】

液晶パネルは、マザーガラスと呼ばれる大面積ガラス基板上で複数枚のパネルを加工した後、最終的にテレビやパーソナルコンピュータの画面に合わせた寸法に分断して製造されている。1枚のマザーガラスから複数枚のパネルを取り出すようにして、パネル1枚当たりのコストを低減するためである。液晶テレビの市場では、画面サイズ（パネルサイズ）の大型化と販売価格の低下が急激に進んでいる。大画面化と低価格化に対応して生産性を向上するために、ここ数年、マザーガラスの大型化が進められている。

#### 【0013】

第1世代と呼ばれる1991年頃の代表的なガラス基板のサイズは300mm×400mmであった。その後、マザーガラスのサイズは、第2世代（400mm×500mm）、第3世代（550mm×650mm）、第4世代（730mm×920mm）第5世代（1000mm×1200mm）、第6世代（2450mm×1850mm）、第7世代（1870mm×2200mm）、第8世代（2000mm×2400mm）、第9世代（2450×3050mm）、第10世代（2850mm×3050mm）と一途に大型化が図られている。

30

#### 【0014】

このように、マザーガラス、即ちガラス基板が大面積化すると、そのガラス基板に微結晶シリコン膜を形成するためにプラズマCVD装置の電極面積も大型化することとなる。この場合、ガラス基板の大きさが第6世代を超える当たりから、プラズマCVD装置の電極の大きさが、高周波電源の周波数の波長に近くなってくる。例えば、27MHzの電源周波数の場合、波長は1100mmであり、60MHzでは500mm、120MHzでは250mmとなる。

40

#### 【0015】

このような場合、表面定在波の影響が顕著に現れるようになり、プラズマCVD装置の反応室内のプラズマ密度分布が不均一になり、ガラス基板に形成される薄膜の膜質や厚さの面内均一性が損なわれるといったことが問題となる。

#### 【0016】

そこでこの発明は、大面積のガラス基板上に均一性の高い膜質を有する微結晶半導体膜を成膜する微結晶半導体膜の作製方法を課題の一とする。また、効率よく微結晶半導体膜の成膜を行う微結晶半導体膜の作製方法を課題の一とする。加えて、アモルファスシリコン

50

膜を用いる TFT より電界効果移動度を高め、且つ、オフ電流値を下げる半導体装置の作製方法を提供することを課題の一とする。また、アモルファスシリコン膜を主としてチャネル形成領域に用いる TFT よりも信頼性の高い半導体装置の作製方法を課題の一とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

大面積のガラス基板上に微結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタを作製する際、成膜初期に形成される半導体領域の品質および均一性を向上するため、周波数の異なる二以上の高周波電力を供給してグロー放電プラズマを生成し、微結晶半導体膜を形成する。また、ゲート絶縁膜なども周波数の異なる二以上の高周波電力を供給してグロー放電プラズマを生成して形成する。

10

【0018】

第一の高周波電力は表面定在波効果が現れない周波数帯の電力であり、概ね波長として 10 m 以上の高周波が適用され、当該高周波電力に波長がそれより短い第 2 の高周波電力を加える。周波数の異なる（波長が異なる）高周波電力を plasma CVD 装置の電極に重畠印加することで、プラズマの高密度化と、プラズマの表面定在波効果が生じないように均一化を図る。

【0019】

また、微結晶半導体膜の成膜において、成膜条件を多段階に分けて変えることで成膜速度を向上させ、大量生産に向いたプロセスとする。例えば、成膜初期に形成される半導体領域の品質を向上するため、ゲート電極上にゲート絶縁膜を形成した後、成膜速度は低いが品質のよい第 1 の成膜条件でゲート絶縁膜界面付近の微結晶半導体膜の下部を形成し、その後、高い成膜速度の第 2 の成膜条件に変えて微結晶半導体膜の上部を堆積する。

20

【0020】

成膜速度は低いが品質のよい第 1 の成膜条件としては、予め成膜前に真空チャンバー（反応容器）内の酸素や H<sub>2</sub>O などのガスの残留を極力低減するため、到達最低圧力を  $1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-7}$  Torr ( 約  $1 \times 10^{-8}$  Pa を超え  $1 \times 10^{-5}$  Pa 以下 ) の超高真空 ( UHV ) 領域に下げ、高い純度の材料ガスを流し、成膜時の基板温度を 100

以上 300 未満の範囲とする。また、表面定在波の影響が出ない高周波電力と、 VHF 帯に属する高周波電力との両方を印加してプラズマを形成する。異なる周波数の高周波電力を印加する、即ち重畠印加することによりインキュベーション時間を大幅に減少または解消することができ、膜質の均一性を向上させることができる。微結晶半導体膜は成膜開始とともに膜厚が増加するのではなく、成膜を開始してから暫くは膜がほとんど成長せずに、ある程度時間が経ってから膜成長の速度が急に増加するという現象が生じことがある。この成膜開始から有効な膜成長が始まるまでの時間をインキュベーション時間と呼び、このインキュベーション時間はわずかではあるが、存在することで膜質の不均一性を招く恐れがある。また、膜の堆積開始時にこのようなインキュベーション時間が存在するとプロセスのスループットが低下する恐れがある。

30

【0021】

本明細書で開示する発明の構成は、絶縁表面を有するガラス基板上にゲート電極を形成し、該ゲート電極上に絶縁膜を成膜し、ガラス基板を真空チャンバー内に導入し、真空チャンバー内に材料ガスを導入し、該真空チャンバー内にグロー放電プラズマを生成する電極に、波長 10 m 以上の周波数を有する第 1 の高周波電力と、波長 10 m 未満の周波数を有する第 2 の高周波電力を重畠印加してグロー放電プラズマを生成する第 1 の成膜条件により微結晶半導体膜の下部を成膜し、上記第 1 の成膜条件と、基板温度、電力、周波数、材料ガス流量、または真空度の少なくとも 1 つの条件が異なる第 2 の成膜条件で上記真空チャンバーと同一チャンバー内で微結晶半導体膜の上部を堆積し、前記微結晶半導体膜上にバッファ層を成膜する半導体装置の作製方法である。

40

【0022】

上記第 1 の成膜条件で得られる微結晶半導体膜の下部は、膜中の酸素濃度が  $1 \times 10^{-7}$

50

/cm 以下である。微結晶半導体膜の成膜の際、酸素は結晶化を阻害し、シリコン膜中に取り込まれた場合にはドナーとして作用する恐れがあるため、特に低減すべき不純物である。この第 1 の成膜条件で得られる微結晶半導体膜の下部の品質が、後に形成される TFT のオン電流増大および電界効果移動度の向上に寄与する。

[ 0 0 2 3 ]

また、微結晶半導体膜の成膜前に予め、真空チャンバーをベーキング（200℃以上300℃以下）して真空チャンバー内に存在する水分を主成分とする残留ガスを取り除き、真空チャンバー内を超高真空領域の真空中度の圧力環境にすることが好ましい。また、微結晶半導体膜の成膜中も真空チャンバー内壁を加熱（50℃以上300℃以下）して成膜反応を促進させてよい。

10

【 0 0 2 4 】

また、第2の成膜条件としては、少なくとも第1の成膜条件の成膜速度よりも速い成膜速度が得られる条件とすればよく、例えば、シランガスと水素ガスの流量比を第1の成膜条件とは変えて微結晶シリコン膜が形成される範囲内で水素濃度を下げればよい。また、第2の成膜条件としては、第1の成膜条件の基板温度よりも高い温度、例えば300℃以上の基板温度として成膜速度を速くしてもよい。また、第2の成膜条件として、第1の成膜条件よりも電力を増大させることにより、成膜速度を速くしてもよい。また、真空チャンバーのコンダクタンスバルブなどの排気バルブを調節して第2の成膜条件を第1の成膜条件と異なる真空度として成膜速度を速くしてもよい。

[ 0 0 2 5 ]

20

また、第1の成膜条件よりも成膜速度を速くする第2の成膜条件として、VHF帯の高周波電力をパルスで供給することで、成膜時において気相中で粉体が異常成長することを防ぐことができる。粉体の成長を抑えるためには、気体分子の平均滞留時間を考慮する必要があるが、パルスの発振周波数を概略  $1 \sim 100\text{ kHz}$  とすれば良い。

【 0 0 2 6 】

また、第1の成膜条件よりも成膜速度を速くする第2の成膜条件として、微結晶半導体膜を成膜する真空チャンバーの内壁を基板温度よりも高い温度で加熱し、微結晶半導体膜を成膜してもよい。第1の成膜条件における基板温度が100℃であれば、真空チャンバーの内壁を150℃とすることで、チャンバー内壁よりも低温の基板表面に微結晶半導体膜を効率よく形成する。

30

[ 0 0 2 7 ]

また、真空チャンバー内の雰囲気中を  $1 \times 10^{-8}$  Pa を超え  $1 \times 10^{-5}$  Pa 以下の真空度に真空排気した後、基板導入前に予め、真空チャンバー内に水素ガスまたは希ガスを導入してプラズマを発生させ、真空チャンバー内に存在する水分を主成分とする残留ガスを取り除き、真空チャンバー内の残留酸素濃度を低減させた環境にすることが好ましい。

[ 0 0 2 8 ]

また、真空チャンバー内の雰囲気中を  $1 \times 10^{-8}$  Pa を超え  $1 \times 10^{-5}$  Pa 以下の真空度に真空排気した後、基板導入前に予め、シランガスを真空チャンバー内に流し、真空チャンバー内の残留酸素と反応させ酸化珪素に変えることで、さらに真空チャンバー内の酸素を低減してもよい。また、微結晶半導体膜の成膜中に混入するアルミニウムなどの金属元素の混入を防止するため、基板導入前に予め、シランガスを真空チャンバー内に流し、プラズマを発生させて内壁に成膜する処理（プレコート処理とも呼ぶ）を行ってもよい。

40

[ 0 0 2 9 ]

第1の成膜条件は、成膜速度が遅いため、特に膜厚を厚くすると成膜時間が長くなり、その結果、膜中に酸素などの不純物が混入しやすい。従って、このように、基板導入前に真空チャンバー内の酸素及び水分を十分に低減することによって、成膜時間が長くなつても膜中の酸素などの不純物がほとんど混入されず、後に成膜する微結晶シリコン膜の品質を向上させる上で重要である。

[ 0 0 3 0 ]

50

さらに、基板導入後、微結晶シリコン膜の成膜前に予め、基板上の吸着水を除去するため、アルゴンプラズマ処理などの希ガスプラズマ処理及び水素プラズマ処理を行って、微結晶シリコン膜中の酸素濃度を  $1 \times 10^{-17} / \text{cm}$  以下に低減してもよい。

#### 【0031】

このように、基板導入後に基板が有する酸素及び水分を十分に低減することも、後に成膜する微結晶シリコン膜の品質を向上させる上で重要である。

#### 【0032】

また、成膜初期（第1の成膜期間）の第1の成膜条件から成膜後期の高い成膜速度の第2の成膜条件（第2の成膜期間）に変えることによって、成膜初期に微結晶が形成されているため、成膜後期では、成膜初期で得られた微結晶を核として品質の高い微結晶シリコン膜を堆積することができる。また、成膜初期に予め、微結晶を形成しておくことにより成膜後期の成膜速度を速くすることができる。10

#### 【0033】

成膜条件を途中で変えずに第1の成膜条件のみで所望の膜厚を得る時間に比べて、第1の成膜条件での成膜の後に引き続き同じチャンバーで第2の成膜条件での成膜を行うことで、所望の膜厚を得る時間を短縮することができる。所望の膜厚を得る時間を短縮することができれば、微結晶シリコン膜中に酸素などの不純物がほとんど混入されずに成膜を行うことができる。また、成膜条件を途中で変えずに第1の成膜条件のみで微結晶シリコン膜の膜厚を薄くすると、後に積層するバッファ層の影響が大きくなり、薄膜トランジスタの電界効果移動度が低下する恐れがある。20

#### 【0034】

また、上記第1の成膜条件で得られる微結晶シリコン膜は、酸素に反応しやすいため、高い成膜速度の第2の成膜条件に成膜途中で変えて成膜することによってゲート絶縁膜界面付近の膜を保護することができる。この第2の成膜条件で得られる微結晶シリコン膜の品質が、後に形成されるTFTのオフ電流低減にも寄与する。

#### 【0035】

こうして成膜条件を2段階に変化させて得られる微結晶シリコン膜は、少なくとも柱状の結晶を含んでおり、膜中の酸素濃度が  $1 \times 10^{-17} / \text{cm}$  以下である。また、2段階に変化させて得られる微結晶シリコン膜の合計膜厚は、 $5 \text{ nm} \sim 100 \text{ nm}$ 、好ましくは  $10 \text{ nm} \sim 30 \text{ nm}$  の範囲とする。30

#### 【0036】

初期の成膜条件が品質の高い微結晶シリコン膜を形成する条件であれば、成膜条件を2段階に変化させて微結晶シリコン膜を形成することに限定されず、3段階以上に変化させて成膜することもできる。さらに成膜条件を連続的に変化させることもできる。成膜条件を連続的に変化させると、単位時間あたりのレベル変化を連続的に生じさせることであり、例えば、チャンバー内に導入する材料ガス（シランガス等）の平均流量を時間経過に伴って増加させ、ガス流量と時間との関係をグラフ（縦軸をガス流量、横軸を時間とするグラフ）で示した時に右上がりの直線または右上がりの曲線を描くことを指している。或いはチャンバー内に導入するシランガスなどの流量を一定または増加させ、その他のガス（水素、希ガスなど）の平均流量を時間経過に伴って減少させて、その他のガス流量と時間との関係をグラフで示した時に右下がりの直線または右下がりの曲線を描くことを指している。連続的に変化させることは、少なくとも大気に触れることなく成膜条件を変えて1枚の基板に成膜を行うことを指している。40

#### 【0037】

また、上記微結晶シリコン膜は、非晶質シリコン膜に比べて酸素に反応しやすいため、さらに大気にさらすことなく、結晶粒を含まないバッファ層を積層して保護することが好ましい。バッファ層は、微結晶シリコン膜を成膜する真空チャンバーと異なる真空チャンバーで上記第1の成膜条件及び上記第2の成膜条件よりも高い基板温度、例えば  $300^\circ$  以上  $400^\circ$  未満とする。バッファ層の成膜時の基板温度を上記第1の成膜条件及び上記第2の成膜条件よりも高い基板温度とすることは有用である。なぜなら、工程を増やすこと50

なく、バッファ層の成膜時に微結晶シリコン膜をアニールすることができ、微結晶シリコン膜の膜質を向上させることができるからである。バッファ層の成膜時に微結晶シリコン膜をアニールすることにより、電圧印加を繰り返し行う信頼性試験における TFT 特性の変動（閾値の変動など）も抑え、TFT の信頼性も向上させることができる。バッファ層は、代表的には、100 nm 以上 400 nm 以下、好ましくは 200 nm 以上 300 nm 以下の厚さで形成する。また、バッファ層は、上記微結晶シリコン膜よりも欠陥密度の高い非晶質シリコン膜を用いる。バッファ層に欠陥密度の高い非晶質シリコン膜を用いることで、後に形成される TFT のオフ電流低減に寄与する。

#### 【0038】

また、上記微結晶シリコン膜は、不純物が混入して n 型の導電性を示しやすいため、材料ガスにトリメチルボロンガスなどを微量に加えて、i 型となるように成膜条件を調節することが好ましい。シランガス及び水素ガスが主の材料ガスにトリメチルボロンガスなどを微量に加えることによって、薄膜トランジスタのしきい値制御が可能となる。

10

#### 【0039】

なお、本明細書において、微結晶半導体膜とは、非晶質と結晶構造（単結晶、多結晶を含む）の中間的な構造の半導体を含む膜である。この半導体は、自由エネルギー的に安定な第3の状態を有する半導体であって、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 ~ 20 nm 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、微結晶半導体と非単結晶半導体とが混在している。微結晶半導体の代表例である微結晶シリコンは、そのラマンスペクトルが単結晶シリコンを示す 520.5 cm<sup>-1</sup> よりも低波数側に、シフトしている。即ち、単結晶シリコンを示す 520.5 cm<sup>-1</sup> とアモルファスシリコンを示す 480 cm<sup>-1</sup> の間に微結晶シリコンのラマンスペクトルのピークがある。また、未結合手（ダングリングボンド）を終端するため水素またはハロゲンを少なくとも 1 原子% またはそれ以上含ませている。さらに、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、ネオンなどの希ガス元素を含ませて格子歪みをさらに助長させることで、安定性が増し良好な微結晶半導体膜が得られる。このような微結晶半導体膜に関する記述は、例えば、米国特許 4,409,134 号で開示されている。

20

#### 【0040】

また、大面積のガラス基板の処理を複数枚行うときスループット上で不利となるが、微結晶シリコン膜を成膜する真空チャンバーと同じ真空チャンバーでバッファ層を形成してもよい。同じ真空チャンバーでバッファ層を形成すれば、基板搬送中、浮遊する汚染不純物に汚染されることなく積層界面を形成することができるので、薄膜トランジスタ特性のばらつきを低減することができる。特に大面積のガラス基板の基板搬送は、小型の基板に比べて長時間要するため、汚染不純物が付着する恐れがあり、同じ真空チャンバーで形成することは、有用である。

30

#### 【0041】

また、バッファ層上にはソース電極またはドレイン電極を形成し、それらソース電極及びドレイン電極の間のリーク電流を下げるために、バッファ層に溝を形成している。

#### 【0042】

また、バッファ層とソース電極またはドレイン電極の間には、n 型不純物元素を含む半導体膜（n+ 層）を有している。また、バッファ層は、n+ 層と微結晶シリコン膜とが接しないように、これらの間に設けられている。従って、ソース電極の下方には、n+ 層、バッファ層、微結晶シリコン膜が重なっている。同様にドレイン電極の下方には、n+ 層、バッファ層、微結晶シリコン膜が重なっている。このような積層構造とし、バッファ層の膜厚を厚くすることで、耐圧向上を図っている。また、バッファ層の膜厚を厚く成膜しておけば、酸化しやすい微結晶シリコン膜を露出させることなくバッファ層の一部に溝を形成することができる。

40

#### 【0043】

上記作製工程に引き続き、さらに、バッファ層上に n 型不純物元素を含む半導体膜を成膜し、該 n 型不純物元素を含む半導体膜上にソース電極またはドレイン電極を形成し、n 型

50

不純物元素を含む半導体膜をエッティングして、ソース領域及びドレイン領域を形成し、前記ソース領域及び前記ドレイン領域と重なる領域を残存させて前記バッファ層の一部をエッティングして除去して薄膜トランジスタを作製する。

#### 【0044】

こうして得られた薄膜トランジスタは、オン動作時に第1の成膜条件で成膜した品質の高い微結晶シリコン膜におけるゲート絶縁膜界面付近の領域がチャネル形成領域として機能し、オフ時には、バッファ層が一部エッティングされた溝の部分がごく微量のリーク電流が流れる経路となる。従って、従来のアモルファスシリコン単層を有する薄膜トランジスタや微結晶シリコン単層を有する薄膜トランジスタに比べて、オフ電流とオン電流の比を大きくすることができ、スイッチング特性に優れていると言え、表示パネルのコントラスト向上につながる。10

#### 【発明の効果】

#### 【0045】

本発明の作製方法により、表面定在波の影響が出ない高周波電力とVHF帯に属する高周波電力を供給してプラズマを生成することで、長辺が200mmを超える大面積のガラス基板に均質で品質の良い微結晶半導体膜をチャネル形成領域とする半導体装置を作製することができる。得られる薄膜トランジスタの電界効果移動度を1より大きく50以下とすることができる。このため、本発明の作製方法により得られる微結晶半導体膜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。20

#### 【0046】

本発明の作製方法により得られる薄膜トランジスタを用いた発光装置は、薄膜トランジスタの閾値の変動を抑制することが可能であり、信頼性の向上に繋がる。

#### 【0047】

また、本発明の作製方法により得られる薄膜トランジスタを用いた液晶表示装置は、電界効果移動度を大きくできるため、駆動回路の駆動周波数を高くすることが可能となる。駆動回路を高速に動作させることができるために、フレーム周波数を4倍とすること、または、黒画面挿入することなども実現することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0048】

本発明の実施形態について、以下に説明する。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することができる、本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様々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、本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。30

#### 【0049】

##### (実施の形態1)

本実施の形態では、液晶表示装置に用いられる薄膜トランジスタの作製工程について、図1乃至図6を用いて説明する。図1乃至図3は、薄膜トランジスタの作製工程を示す断面図であり、図4は、一画素における薄膜トランジスタ及び画素電極の接続領域の上面図である。また、図5は、微結晶シリコン膜の成膜方法を示すタイミングチャートである。また、図6は、周波数の異なる二以上の高周波電力を供給してグロー放電プラズマを生成できるプラズマCVD装置の一構成例を示す断面図である。40

#### 【0050】

微結晶半導体膜を有する薄膜トランジスタはp型よりもn型の方が、電界効果移動度が高いので駆動回路に用いるのにより適している。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。

#### 【0051】

図1(A)に示すように、基板50上にゲート電極を形成する。基板50は、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミニホウケイ酸ガラス、若しくはアルミニシリケートガラスなど

10

20

30

40

50

、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を用いることができる。基板 50 がマザーガラスの場合、基板の大きさは、第 1 世代 (300 mm × 400 mm)、第 2 世代 (400 mm × 500 mm)、第 3 世代 (550 mm × 650 mm)、第 4 世代 (730 mm × 920 mm)、第 5 世代 (1000 mm × 1200 mm)、第 6 世代 (2450 mm × 1850 mm)、第 7 世代 (1870 mm × 2200 mm)、第 8 世代 (2000 mm × 2400 mm)、第 9 世代 (2450 mm × 3050 mm)、第 10 世代 (2850 mm × 3050 mm) 等を用いることができる。

#### 【0052】

ゲート電極は、チタン、モリブデン、クロム、タンタル、タンゲステン、アルミニウムなどの金属材料またはその合金材料を用いて形成する。ゲート電極は、スパッタリング法や真空蒸着法や CVD 法で基板 50 上に導電膜を形成し、当該導電膜上にフォトリソグラフィ技術またはインクジェット法によりマスクを形成し、当該マスクを用いて導電膜をエッチングすることで、形成することができる。また、銀、金、銅などの導電性ナノペーストを用いてインクジェット法により吐出し焼成して、ゲート電極を形成することもできる。なお、ゲート電極の密着性向上と下地への拡散を防ぐバリアメタルとして、上記金属材料の窒化物膜を、基板 50 とゲート電極の間に設けてもよい。ここでは、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 50 上に形成された導電膜の積層をエッチングしてゲート電極を形成する。

#### 【0053】

具体的なゲート電極構造の例としては、第 1 の導電層 51a となるアルミニウム膜上に第 2 の導電層 51b となるモリブデン膜を積層させ、アルミニウム特有のヒロックやエレクトロマイグレーションを防ぐ構造にしてもよい。本実施の形態では、大面積の基板を用いて表示画面が大きい表示装置を作製する例であるので、電気抵抗の低いアルミニウムからなる第 1 の導電層 51a と、第 1 の導電層 51a よりも耐熱性の高い第 2 の導電層 51b とを積層させたゲート電極とする。また、アルミニウム膜をモリブデン膜で挟んだ 3 層構造としてもよい。また、他のゲート電極構造の例として、銅膜上にモリブデン膜の積層、銅膜上に窒化チタン膜の積層、銅膜上に窒化タンタル膜の積層が挙げられる。

#### 【0054】

なお、ゲート電極上には半導体膜や配線を形成するので、段切れ防止のため端部がテープ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も同時に形成することができる。

#### 【0055】

次に、ゲート電極の上層である第 2 の導電層 51b 上に、ゲート絶縁膜 52a、52b、52c を順に形成する。

#### 【0056】

ゲート絶縁膜 52a、52b、52c 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。ゲート絶縁膜に形成されるピンホール等による層間ショートを防ぐため、異なる絶縁層を用いて多層とすることが好ましい。ここでは、ゲート絶縁膜 52a、52b、52c として、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜、窒化珪素膜の順に積層して形成する形態を示す。

#### 【0057】

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、濃度範囲として酸素が 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をいう。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、濃度範囲として酸素が 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をいう。

#### 【0058】

ゲート絶縁膜の 1 層目及び 2 層目の膜厚はともに 50 nm よりも厚くする。ゲート絶縁膜

10

20

30

40

50

の1層目は、基板からの不純物（例えばアルカリ金属など）の拡散を防ぐために、窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜が好ましい。また、ゲート絶縁膜の1層目は、ゲート電極の酸化防止の他、ゲート電極にアルミニウムを用いる場合にヒロック防止ができる。また、微結晶半導体膜と接するゲート絶縁膜の3層目は、0 nmより厚く5 nm以下、望ましくは約1 nmとする。ゲート絶縁膜の3層目は、微結晶半導体膜との密着性を向上させるために設けるものである。また、ゲート絶縁膜の3層目を窒化珪素膜とすることで後に行われる熱処理やレーザ照射によって、微結晶半導体膜の酸化防止を図ることができる。例えば、酸素の含有量が多い絶縁膜と微結晶半導体膜とを接した状態で熱処理を行うと、微結晶半導体膜が酸化する恐れがある。

## 【0059】

10

更には、周波数が1 GHzのマイクロ波プラズマCVD装置を用いてゲート絶縁膜を形成することが好ましい。マイクロ波プラズマCVD装置で形成した酸化窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜は、耐圧が高く、薄膜トランジスタの信頼性を高めることができる。

## 【0060】

本実施の形態では、希ガスプラズマ処理、水素プラズマ処理若しくはこの両者の併用により行う下地前処理を行い、続いて成膜処理を行うことが好ましい。また、反応室内は予めゲート絶縁膜と同種の皮膜でコーティングされていることが好ましい。反応室内壁の金属不純物等がゲート絶縁膜中に混入しないようにするためである。

## 【0061】

20

反応ガスはシランなどの水素化珪素気体と、酸素若しくは窒素含有気体を反応ガスとして用いる。そして、HF帯(3 MHz ~ 30 MHz、代表的には13.56 MHz)とVF帯(30 MHz ~ 300 MHz)の高周波電力を重畠印加してグロー放電プラズマを生成する。周波数帯の異なる高周波電力を印加することで、プラズマ密度を高めると共にプラズマ密度の基板面内均一性を高めることができる。ゲート絶縁膜の成膜温度は200 ~ 400で行なうことが好ましく、プラズマ密度が高められることにより緻密で耐圧の高い絶縁膜を形成することができる。ここまで工程を終えた断面図が図1(A)に相当する。

## 【0062】

ここでは、ゲート絶縁膜を3層構造としたが、液晶表示装置のスイッチング素子に用いる場合、交流駆動させるため、窒化珪素膜の単層のみでもよい。

30

## 【0063】

次いで、ゲート絶縁膜の成膜後、大気に触れさせることなく基板を搬送し、ゲート絶縁膜を成膜する真空チャンバーとは異なる真空チャンバーで微結晶半導体膜53を成膜することが好ましい。

## 【0064】

以下に、図5も参照しながら微結晶半導体膜53を形成する手順について説明する。図5の説明は反応室を大気圧から真空排気200する段階から示されており、その後に行われるプレコート201、基板搬入202、下地前処理203、成膜処理204、基板搬出205、クリーニング206の各処理が時系列的に示されている。ただし、大気圧から真空排気することに限定されず、常時ある程度の真空度に反応室を保っておくことが、量産を行う上好ましい、または短時間で到達真空度を下げる上で好ましい。

40

## 【0065】

本実施の形態では、基板搬入前の真空チャンバー内の真空度を $10^{-5}$  Paよりもさらに高い真空度を確保するために超高真空排気を行う。この段階が図5の真空排気200に対応する。このような超高真空排気を行う場合、ターボ分子ポンプとクライオポンプを併用し、ターボ分子ポンプによる排気を行い、さらにクライオポンプを使って真空排気することが好ましい。また、反応室を加熱処理して内壁からの脱ガス処理を行うことが好ましい。また、基板を加熱するヒータも動作させて温度を安定化させる。基板の加熱温度は100以上300以下、好ましくは120以上220以下で行う。

## 【0066】

50

次いで、基板搬入前にプレコート 201 を行い、内壁被覆膜としてシリコン膜を形成する。プレコート 201 として、水素または希ガスを導入してプラズマを発生させて反応室の内壁に付着した気体（酸素及び窒素などの大気成分、若しくは反応室のクリーニングに使用したエッティングガス）を除去した後、シランガスを導入して、プラズマを生成する。シランガスは酸素、水分等と反応するので、シランガスを流し、さらにシランプラズマを生成することで反応室内の酸素、水分を除去することができる。また、プレコート 201 の処理をしておくことで、微結晶シリコン膜中に反応室を構成する部材の金属元素を不純物として取り込んでしまうのを防ぐことができる。すなわち、反応室内をシリコンで被覆しておきことで、反応室内がプラズマにより食刻されるのを防ぐことができ、後に成膜する微結晶シリコン膜中に含まれる不純物濃度を低減することができる。プレコート 201 は 10 反応室の内壁を基板上に堆積されるべき膜と同種の膜で被覆する処理が含まれている。

#### 【0067】

プレコート 201 の後、基板搬入 202 が行われる。微結晶シリコン膜が堆積されるべき基板は、真空排気されたロード室に保管されているので、基板を搬入したとしても反応室内の真空中度が著しく悪化することはない。

#### 【0068】

次いで、下地前処理 203 を行う。下地前処理 203 は、微結晶シリコン膜を形成する場合において、特に有効な処理であり行うことが好ましい。すなわち、ガラス基板表面、絶縁膜の表面若しくは非晶質シリコンの表面上に微結晶シリコン膜をプラズマ CVD 法で成膜する場合には、不純物や格子不整合などの要因により堆積初期段階において非晶質層が形成されてしまう恐れがある。この非晶質層の厚さを極力低減し、可能であれば無くするために下地前処理 203 を行うことが好ましい。下地前処理としては希ガスプラズマ処理、水素プラズマ処理若しくはこの両者の併用により行うことが好ましい。希ガスプラズマ処理としては、アルゴン、クリプトン、キセノンなど質量数の大きい希ガス元素を用いることが好ましい。表面に付着した酸素、水分、有機物、金属元素などの不純物をスパッタリングの効果で除去するためである。水素プラズマ処理は、水素ラジカルにより、表面に吸着した上記不純物の除去と、絶縁膜若しくは非晶質シリコン膜に対するエッティング作用により清浄な被成膜表面を形成するのに有効である。また、希ガスプラズマ処理と水素プラズマ処理を併用することにより微結晶核生成を促進する作用も期待される。 20

#### 【0069】

微結晶核の生成を促進させるという意味においては、図 5 中の破線 207 で示すように、微結晶シリコン膜の成膜初期においてアルゴンなどの希ガスを供給し続けることは有効である。

#### 【0070】

次いで、下地前処理 203 に続いて微結晶シリコン膜を形成する成膜処理 204 を行う。本実施の形態では、成膜速度は低いが品質のよい第 1 の成膜条件でゲート絶縁膜界面付近の微結晶シリコン膜の下部を形成し、その後、高い成膜速度の第 2 の成膜条件に変えて微結晶シリコン膜の上部を堆積する。例えば、第 1 の成膜条件として周波数の異なる 2 つの高周波電力を重畠印加することにより成膜を行い、第 2 の成膜条件として重畠印加することなく、3 MHz ~ 30 MHz の第 3 の高周波電力を印加する成膜条件に切り替えて引き続き微結晶半導体膜の成膜を行う。また、第 1 の成膜条件としては、第 1 の高周波電力と、前記第 1 の高周波電力よりも電力の大きい第 2 の高周波電力を重畠印加し、第 2 の成膜条件としては、前記第 1 の成膜条件よりも電力の大きい第 3 の高周波電力と、第 3 の高周波電力よりも電力の小さい第 4 の高周波電力を印加する成膜条件に切り替えて引き続き微結晶半導体膜の成膜を行う。なお、第 3 の高周波電力の周波数は、第 1 の高周波電力と同じであり、第 4 の高周波電力の周波数は、第 2 の高周波電力と同じである。 40

#### 【0071】

第 1 の成膜条件での成膜速度よりも第 2 の成膜条件の成膜速度が速ければ特に限定されない。本実施の形態では、HF 帯（3 MHz ~ 30 MHz、代表的には 13.56 MHz）の高周波電力と VHF 帯（30 MHz ~ 300 MHz 程度まで）の高周波電力を重畠印加 50

して生成されるグロー放電プラズマを利用するプラズマCVD装置を用いる。図7にHF帯の高周波電力と、VHF帯の高周波電力を重畠させた場合の波形の一例を示す。

#### 【0072】

微結晶シリコン膜は、代表的には、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ などの水素化珪素を水素で希釈してプラズマ生成することで成膜することができる。また、水素化珪素及び水素に加え、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微結晶半導体膜を形成することができる。これらのときの水素化珪素に対して水素の流量比を12倍以上1000倍以下、好ましくは50倍以上200倍以下、更に好ましくは100倍とする。なお、水素化珪素の代わりに、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{SiHCl}_3$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiF}_4$ 等を用いることができる。

10

#### 【0073】

また、材料ガスにヘリウムを加えた場合、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、微結晶シリコン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。

#### 【0074】

また、シラン等のガス中に $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ などの炭素の水素化物、 $\text{GeH}_4$ 、 $\text{GeF}_4$ などの水素化ゲルマニウム、フッ化ゲルマニウムを混合して、エネルギー・バンド幅を1.5~2.4eV、若しくは0.9~1.1eVに調節しても良い。シリコンに炭素又はゲルマニウムを加えると TFT の温度特性を変えることができる。

20

#### 【0075】

ここでは、第1の成膜条件は、シランは水素及び/又は希ガスで100倍を超える2000倍以下に希釈し、基板の加熱温度は100以上300未満、好ましくは120以上220以下とする。微結晶シリコンの成長を促進するためには120以上220以下で成膜を行うことが好ましい。

#### 【0076】

第1の成膜条件を終えた段階での断面図を図1(B)に示す。ゲート絶縁膜52c上には、成膜速度は低いが品質のよい微結晶半導体膜23が成膜されている。この第1の成膜条件で得られる微結晶半導体膜23の品質が、後に形成されるTFTのオン電流増大および電界効果移動度の向上に寄与するため、膜中の酸素濃度が $1 \times 10^{-7} / \text{cm}$ 以下となるように十分酸素濃度を低減することが重要である。また、上記手順により、酸素だけではなく、窒素、及び炭素が微結晶半導体膜の膜中に混入する濃度を低減するため、微結晶半導体膜がn型化になることを防止することができる。

30

#### 【0077】

次いで、上記第1の成膜条件から第2の成膜条件に変えて成膜速度を上げて微結晶半導体膜53を成膜する。この段階での断面図が図1(C)に相当する。微結晶半導体膜53の膜厚は、50nm~500nm(好ましくは100nm~250nm)の厚さとすれば良い。なお、本実施の形態では、微結晶半導体膜53の成膜時間は、第1の成膜条件で成膜が行われる第1の成膜期間と第2の成膜条件で成膜が行われる第2の成膜期間とを有する。なお、第1の成膜条件で得られる膜を第1の微結晶半導体膜と呼び、第2の成膜条件で得られる膜を第2の微結晶半導体膜と呼ぶこともできるが、成膜後に第1の微結晶半導体膜と第2の微結晶半導体膜の明確な界面を確認することは困難であるため、ここでは成膜途中で条件を変えて得られた積層膜を微結晶半導体膜として表記している。

40

#### 【0078】

本実施の形態において、第2の成膜条件は、シランは水素及び/又は希ガスで12倍以上100倍以下に希釈し、基板の加熱温度は100以上400未満、好ましくは220以下とする。本実施の形態においてはシランガスの流量を増やすことで、第2の成膜条

50

件の成膜速度を第1の成膜条件よりも速くしたが特に限定されず、H F 帯の高周波電力とV H F 帯の高周波電力とを印加する条件を変更して第2の成膜条件の成膜速度を第1の成膜条件よりも速くしてもよい。例えば、第1の成膜条件では、図7に示すようにH F 帯の高周波電源の出力波形に、V H F 帯の高周波電源の出力波形が重畠する電力印加を行い、第2の成膜条件では、図8に示すようにV H F 帯の高周波電力のオンオフを繰り返してパルス発振させて一部が重畠する波形として成膜を行ってもよい。

#### 【0079】

次いで、第2の成膜条件での微結晶シリコンの成膜が終了した後、次いで、シラン、水素などの材料ガス及び高周波電力の供給を止めて基板搬出205を行う。引き続き次の基板に対して成膜処理を行う場合には、基板搬入202の段階に戻り同じ処理が行われる。  
反応室内に付着した被膜や粉末を除去するには、クリーニング206を行う。

10

#### 【0080】

クリーニング206はN F<sub>3</sub>、S F<sub>6</sub>に代表されるエッティングガスを導入してプラズマエッティングを行う。また、C l F<sub>3</sub>のようにプラズマを利用しなくてもエッティングが可能なガスを導入して行う。クリーニング206においては基板加熱用のヒータを切って、チャンバー内壁温度を下げて行なうことが好ましい。エッティングによる反応副生成物の生成を抑えるためである。クリーニング206の終了後はプレコート201に戻り、次の基板に対して上述した同様の処理を行えば良い。

#### 【0081】

ここで、ゲート絶縁膜や微結晶シリコンの成膜に用いる複数の高周波電力が印加されるプラズマC V D装置の一構成例を図6に示す。

20

#### 【0082】

反応室100はアルミニウム又はステンレスなど剛性のある素材で形成され、内部を真空排気できるように構成されている。反応室100には第1の電極101と第2の電極102が備えられている。

#### 【0083】

第1の電極101には高周波電力供給手段103が連結され、第2の電極102は接地電位が与えられ、基板を載置できるように構成されている。第1の電極101は絶縁材116により反応室100と絶縁分離され、高周波電力が漏洩しないように構成されている。なお、図6では、第1の電極101と第2の電極102について容量結合型(平行平板型)の構成を示しているが、異なる二以上の高周波電力を印加して反応室100の内部にグロー放電プラズマを生成できるものであれば、誘導結合型など他の構成を適用することもできる。

30

#### 【0084】

高周波電力供給手段103は、第1の高周波電源104と第2の高周波電源105、及びそれらに対応して第1の整合器106と第2の整合器107が含まれている。第1の高周波電源104と第2の高周波電源105から出力される高周波電力は、共に第1の電極101に供給される。第1の整合器106又は第2の整合器107の出力側には、他方の高周波電力が流入しないように帯域通過フィルタを設けても良い。

#### 【0085】

第1の高周波電源104が供給する高周波電力は、概ね波長として10m以上の高周波が適用され、H F 帯である3MHzから30MHz、代表的には13.56MHzの周波数が適用される。第2の高周波電源105が供給する高周波電力は、V H F 帯の周波数であり概ね波長が10m未満、すなわち30MHz～300MHzの高周波電力が適用される。

40

#### 【0086】

第1の高周波電源104が供給する高周波電力の波長は、第1の電極101の1辺の長さの3倍以上を有し、第2の高周波電源105が供給する高周波の波長は、それよりも短い波長を適用する。表面定在波の影響が出ない高周波電力を第1の電極101に供給してグロー放電プラズマを生成し、V H F 帯に属する高周波電力を供給してグロー放電プラズマ

50

の高密度化を図ることで、長辺が 2 0 0 0 m m を超える大面積基板に均質で膜質の良い薄膜を形成することが可能となる。

#### 【 0 0 8 7 】

図 7 は第 1 の高周波電源 1 0 4 の高周波電力と、第 2 の高周波電源 1 0 5 の高周波電力を重畠させた場合の波形の一例を示す。H F 帯（代表的には 1 3 . 5 6 M H z ）の周波数が適用される第 1 の高周波電源 1 0 4 の出力波形に、V H F 帯の周波数が適用される第 2 の高周波電源 1 0 5 の出力波形が重畠されることで、プラズマの高密度化を図り、表面定在波の影響を無くしてプラズマ密度の面内均一性を高めることができる。図 8 は第 2 の高周波電源 1 0 5 としてパルス発振する電源を用いる場合の一例を概念図として示している。V H F 帯の高周波電力をパルスで供給することで、成膜時において気相中で粉体が異常成長することを防ぐことができる。粉体の成長を抑えるためには、気体分子の平均滞留時間を考慮する必要があるが、パルスの発振周波数を概略 1 ~ 1 0 0 k H z とすれば良い。  
10

#### 【 0 0 8 8 】

第 1 の電極 1 0 1 はガス供給手段 1 0 8 にも連結されている。ガス供給手段 1 0 8 は、反応ガスが充填されるシリンドラ 1 1 0 、圧力調整弁 1 1 1 、ストップバルブ 1 1 2 、マスフローコントローラ 1 1 3 などで構成されている。反応室 1 0 0 内において、第 1 の電極 1 0 1 は基板と対向する面がシャワー板状に加工され、多数の細孔が設けられている。第 1 の電極 1 0 1 に供給される反応ガスは、この細孔から反応室 1 0 0 内に供給される。

#### 【 0 0 8 9 】

図 9 は第 1 の電極 1 0 1 の他の構成を示す。第 1 の電極 1 0 1 は、第 1 の高周波電源 1 0 4 から高周波電力が供給される第 1 の電極 1 0 1 a と、第 2 の高周波電源 1 0 5 から高周波電力が供給される第 1 の電極 1 0 1 b に分離されている。第 1 の電極 1 0 1 a と第 1 の電極 1 0 1 b は基板と対向する面は細孔が設けられると共に、櫛歯状にかみ合うように構成され、隣接するもの同士は接触しないように絶縁材 1 1 6 で分離されている。図 9 に示す構成は、図 6 で示す第 1 の電極 1 0 1 と置き換えることが可能であり、同様な効果を得ることができる。  
20

#### 【 0 0 9 0 】

反応室 1 0 0 に接続される排気手段 1 0 9 は真空排気と、反応ガスを流す場合において反応室 1 0 0 内を所定の圧力に保持するように制御する機能が含まれている。排気手段 1 0 9 の構成としては、バタフライバルブ 1 1 7 、コンダクタンスバルブ 1 1 8 、ターボ分子ポンプ 1 1 9 、ドライポンプ 1 2 0 などが含まれる。バタフライバルブ 1 1 7 とコンダクタンスバルブ 1 1 8 を並列に配置する場合には、バタフライバルブ 1 1 7 を閉じてコンダクタンスバルブ 1 1 8 を動作させることで、反応ガスの排気速度を制御して反応室 1 0 0 の圧力を所定の範囲に保つことができる。また、コンダクタンスの大きいバタフライバルブ 1 1 7 を開くことで高真空排気が可能となる。  
30

#### 【 0 0 9 1 】

真空度として  $1 0 ^{-5}$  P a よりもさらに高真空にするために超高真空排気を行う場合には、クライオポンプ 1 2 1 を併用することが好ましい。ターボ分子ポンプを 2 台直列に連結して真空排気することも有効である。その他、到達真空度として超高真空まで排気する場合には、反応室 1 0 0 の内壁を鏡面加工し、内壁からのガス放出を低減するためにベーキング用のヒータを設けても良い。  
40

#### 【 0 0 9 2 】

ヒータコントローラ 1 1 5 により温度制御される基板加熱ヒータ 1 1 4 は、第 2 の電極 1 0 2 に設けられている。基板加熱ヒータ 1 1 4 が第 2 の電極 1 0 2 内に設けられる場合、熱伝導加熱方式が採用される。例えば、基板加熱ヒータ 1 1 4 はシーズヒータで構成される。第 1 の電極 1 0 1 と第 2 の電極 1 0 2 の電極間隔は適宜変更できるようになっている。この間隔の調節は、反応室 1 0 0 内で第 2 の電極 1 0 2 の高さ変更ができるようにペローズを用いて構成されている。

#### 【 0 0 9 3 】

次いで、微結晶半導体膜 5 3 の成膜後、大気に触れさせることなく基板を搬送し、微結晶  
50

半導体膜53を成膜する真空チャンバーとは異なる真空チャンバーでバッファ層54を成膜することが好ましい。バッファ層54の真空チャンバーと別にすることで、微結晶半導体膜53を成膜する真空チャンバーは基板導入前に超高真空にする専用チャンバーとすることができ、不純物汚染を極力抑え、且つ、超高真空に到達する時間を短縮することができる。超高真空に到達するためにベークを行う場合、チャンバー内壁温度が下がって安定になるまで時間がかかるため、特に有効である。また、真空チャンバーを別々とすることで、得ようとする膜質に合わせてそれぞれ高周波電力の周波数を異ならせることができる。

#### 【0094】

バッファ層54は、水素、窒素、若しくはハロゲンを含む非晶質半導体膜を用いて形成する。水素化珪素の流量の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、水素を含む非晶質半導体膜を形成することができる。また、上記水素化珪素と窒素またはアンモニアとを用いることで、窒素を含む非晶質半導体膜を形成することができる。また、上記水素化珪素と、フッ素、塩素、臭素、またはヨウ素を含む気体( $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$ 、 $HF$ 、 $HCl$ 、 $HBr$ 、 $HI$ 等)を用いることで、フッ素、塩素、臭素、またはヨウ素を含む非晶質半導体膜を形成することができる。なお、水素化珪素の代わりに、 $SiH_2Cl_2$ 、 $SiHCl_3$ 、 $SiCl_4$ 、 $SiF_4$ 等を用いることができる。

10

#### 【0095】

また、バッファ層54は、ターゲットに非晶質半導体を用いて水素、または希ガスでスパッタリングして非晶質半導体膜を形成することができる。このとき、アンモニア、窒素、または $N_2O$ を雰囲気中に含ませることにより、窒素を含む非晶質半導体膜を形成することができる。また、雰囲気中にフッ素、塩素、臭素、またはヨウ素を含む気体( $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$ 、 $HF$ 、 $HCl$ 、 $HBr$ 、 $HI$ 等)を含ませることにより、フッ素、塩素、臭素、またはヨウ素を含む非晶質半導体膜を形成することができる。

20

#### 【0096】

バッファ層54は、結晶粒を含まない非晶質半導体膜で形成することが好ましい。このため、周波数が数十MHz～数百MHzの高周波プラズマCVD法、またはマイクロ波プラズマCVD法で形成する場合は、結晶粒を含まない非晶質半導体膜となるように、成膜条件を制御することが好ましい。勿論、プラズマの高密度化と、プラズマの表面定在波効果が生じないように均一化を図るため、バッファ層54を図6のプラズマCVD装置を用いてHF帯の高周波電力とVHF帯の高周波電力とを両方印加して成膜を行ってもよい。

30

#### 【0097】

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、一部エッチングする。そのときに、微結晶半導体膜53が露呈しないようにバッファ層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、100nm以上400nm以下、好ましくは200nm以上300nm以下の厚さで形成する。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の膜厚を上記範囲に示すように厚く形成すると、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、薄膜トランジスタが劣化することを回避することができる。

40

#### 【0098】

なお、バッファ層54には、リンやボロン等の一導電型を付与する不純物が添加されていない。一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55から不純物が微結晶半導体膜53へ拡散しないように、バッファ層54がバリア層として機能している。バッファ層54を設けない場合、微結晶半導体膜53と一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55とが接してしまうと、後のエッチング工程や加熱処理により不純物が移動し、しきい値電圧制御が困難になる恐れがある。

#### 【0099】

さらにバッファ層54を微結晶半導体膜53の表面上に形成することで、微結晶半導体膜

50

53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、非晶質半導体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、酸化珪素が形成されてしまう。

#### 【0100】

非晶質半導体膜であるバッファ層54のエネルギーギャップが微結晶半導体膜53に比べて大きく(非晶質半導体膜のエネルギーギャップは1.6~1.8eV、微結晶半導体膜53のエネルギーギャップは1.1~1.5eV)、また抵抗が高く、移動度が低く、微結晶半導体膜53の1/5~1/10である。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、微結晶半導体膜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、微結晶半導体膜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

#### 【0101】

なお、微結晶半導体膜53上に、プラズマCVD法によりバッファ層54を300以上400未満の基板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半導体膜53に供給され、微結晶半導体膜53を水素化したのと同等の効果が得られる。すなわち、微結晶半導体膜53上にバッファ層54を堆積することにより、微結晶半導体膜53に水素を拡散させて、ダングリングボンドの終端を行うことができる。また、バッファ層54の成膜時に微結晶半導体膜53のアニールを行うこともでき、膜質を向上させることができる。特に第2の成膜条件で得られる膜は、第1の成膜条件に比べ成膜速度が速い一方、第1の成膜条件で得られる結晶性よりも低下する傾向にあるが、バッファ層の成膜時におけるアニールによって結晶性などの膜質を向上させることができる。また、バッファ層54の成膜時にアニールを行うことによって、電圧印加を繰り返し行う信頼性試験におけるTFT特性の変動(閾値電圧の変動など)も抑え、アモルファスシリコン膜を主としてチャネル形成領域に用いるTFTよりも信頼性の高いTFTを得ることができる。20

#### 【0102】

次いで、バッファ層54の成膜後、大気に触れさせることなく基板を搬送し、バッファ層54を成膜する真空チャンバーとは異なる真空チャンバーで一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55を成膜することが好ましい。この段階での断面図が図1(D)に相当する。バッファ層54を成膜する真空チャンバーとは異なる真空チャンバーで一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55を成膜することでバッファ層の成膜時に一導電型を付与する不純物が混入しないようにすることができます。30

#### 【0103】

一導電型を付与する不純物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、水素化珪素にPH<sub>3</sub>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、水素化珪素にB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>などの不純物気体を加えれば良い。一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55は、微結晶半導体、または非晶質半導体で形成することができる。一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜55は2nm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。40

#### 【0104】

次いで、図2(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55上にレジストマスク56を形成する。レジストマスク56は、フォトリソグラフィ技術またはインクジェット法により形成する。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。50

**【 0 1 0 5 】**

次いで、レジストマスク 5 6 を用いて微結晶半導体膜 5 3、バッファ層 5 4、及び導電型を付与する不純物が添加された半導体膜 5 5 をエッチングして、図 2 ( B ) に示すように、微結晶半導体膜 6 1、バッファ層 6 2、及び一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜 6 3 を形成する。この後、レジストマスク 5 6 を除去する。

**【 0 1 0 6 】**

微結晶半導体膜 6 1、バッファ層 6 2 の端部側面が傾斜していることにより、バッファ層 6 2 上に形成されるソース領域及びドレイン領域と微結晶半導体膜 6 1 との間にリーク電流が生じること防止することが可能である。また、ソース電極及びドレイン電極と、微結晶半導体膜 6 1 との間にリーク電流が生じるのを防止することが可能である。微結晶半導体膜 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、段差形状によるソース電極またはドレイン電極の段切れを防ぐことができる。

10

**【 0 1 0 7 】**

次に、図 2 ( C ) 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 c を覆うように導電膜として導電膜 6 5 a～6 5 c を形成する。導電膜 6 5 a～6 5 c は、アルミニウム、銅、若しくはシリコン、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好ましい。また、一導電型を付与する不純物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、導電膜 6 5 a～6 5 c 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導電膜を示す。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。

20

**【 0 1 0 8 】**

次に、図 2 ( D ) に示すように、導電膜 6 5 a～6 5 c 上に第 3 のフォトマスクを用いてレジストマスク 6 6 を形成し、導電膜 6 5 a～6 5 c の一部をエッチングしてソース電極及びドレイン電極 7 1 a～7 1 c を形成する。導電膜 6 5 a～6 5 c をウエットエッチングすると、導電膜 6 5 a～6 5 c が選択的にエッチングされる。この結果、導電膜を等方的にエッチングするため、レジストマスク 6 6 より面積の小さいソース電極及びドレイン電極 7 1 a～7 1 c を形成することができる。

30

**【 0 1 0 9 】**

次に、図 3 ( A ) に示すように、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が添加された半導体膜 6 3 をエッチングして、一対のソース領域及びドレイン領域 7 2 を形成する。さらに、当該エッチング工程において、バッファ層 6 2 の一部もエッチングする。一部エッチングされた、窪み(溝)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、バッファ層の窪み(溝)とを同一工程で形成することができる。バッファ層の窪み(溝)の深さをバッファ層の一一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。

40

**【 0 1 1 0 】**

特にドライエッチングなどで用いるプラズマに曝されるとレジストマスクは変質し、レジスト除去工程で完全には除去されず、残渣が残ることを防ぐためにバッファ層を 50 nm 程度エッチングする。レジストマスク 6 6 は、導電膜 6 5 a～6 5 c の一部のエッチング処理と、ソース領域及びドレイン領域 7 2 の形成時のエッチング処理の 2 回に用いられて

50

おり、どちらもドライエッティングを用いる場合には、残渣が残りやすいため、残渣を完全に除去する際にエッティングされてもよいバッファ層の膜厚を厚く形成することは有効である。また、バッファ層73は、ドライエッティングの際にプラズマダメージが微結晶半導体膜61に与えられることを防止することもできる。

#### 【0111】

次に、図3(B)に示すように、ソース電極及びドレイン電極71a～71c、ソース領域及びドレイン領域72、バッファ層73、微結晶半導体膜61、及びゲート絶縁膜52cを覆う絶縁膜76を形成する。絶縁膜76は、ゲート絶縁膜52a、52b、52cと同じ成膜方法を用いて形成することができる。なお、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、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 $5 \times 10^{19}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下、好ましくは $1 \times 10^{19}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下とすることができる。  
10

#### 【0112】

図3(B)に示すように、ソース電極及びドレイン電極71a～71cの端部と、ソース領域及びドレイン領域72の端部は一致せずずれた形状となることで、ソース電極及びドレイン電極71a～71cの端部の距離が離れるため、ソース電極及びドレイン電極間のリーク電流やショートを防止することができる。また、ソース電極及びドレイン電極71a～71cの端部と、ソース領域及びドレイン領域72の端部は一致せずずれた形状であるため、ソース電極及びドレイン電極71a～71c及びソース領域及びドレイン領域72の端部に電界が集中せず、ゲート電極と、ソース電極及びドレイン電極71a～71cとの間でのリーク電流を防止することができる。このため、信頼性が高く、且つ耐圧の高い薄膜トランジスタを作製することができる。  
20

#### 【0113】

以上の工程により、薄膜トランジスタ74を形成することができる。

#### 【0114】

本実施の形態で示す薄膜トランジスタは、ゲート電極上にゲート絶縁膜、微結晶半導体膜、バッファ層、ソース領域及びドレイン領域、ソース電極及びドレイン電極が積層され、チャネル形成領域として機能する微結晶半導体膜の表面をバッファ層が覆う。また、バッファ層の一部には窪み(溝)が形成されており、当該窪み以外の領域がソース領域及びドレイン領域で覆われる。即ち、バッファ層に形成される窪みにより、ソース領域及びドレイン領域の距離が離れているため、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。また、バッファ層の一部をエッティングすることにより窪みを形成するため、ソース領域及びドレイン領域の形成工程において発生するエッティング残渣を除去することができるため、残渣を介してソース領域及びドレイン領域にリーク電流(寄生チャネル)が発生することを回避することができる。  
30

#### 【0115】

また、チャネル形成領域として機能する微結晶半導体膜とソース領域及びドレイン領域との間に、バッファ層が形成されている。また、微結晶半導体膜の表面がバッファ層で覆われている。高抵抗のバッファ層は、微結晶半導体膜と、ソース領域及びドレイン領域との間にまで延在しているため、薄膜トランジスタにリーク電流が発生することを低減することができると共に、高い電圧の印加による劣化を低減することができる。また、バッファ層と、微結晶半導体膜と、ソース領域及びドレイン領域は、全てゲート電極と重なる領域上に形成される。従って、ゲート電極の端部形状に影響されない構造と言える。ゲート電極を積層構造とした場合、下層としてアルミニウムを用いると、ゲート電極側面にアルミニウムが露出し、ヒロックが発生する恐れがあるが、さらにソース領域及びドレイン領域をゲート電極端部とも重ならない構成とすることで、ゲート電極側面と重なる領域でショートが発生することを防ぐことができる。また、微結晶半導体膜の表面に水素で表面が終端された非晶質半導体膜がバッファ層として形成されているため、微結晶半導体膜の酸化を防止することができると共に、ソース領域及びドレイン領域の形成工程に発生する  
40  
50

エッティング残渣が微結晶半導体膜に混入することを防ぐことができる。このため、電気特性が優れ、且つ耐圧に優れた薄膜トランジスタである。

**【 0 1 1 6 】**

また、薄膜トランジスタのチャネル長を短くすることができ、薄膜トランジスタの平面面積を縮小することができる。

**【 0 1 1 7 】**

次に、絶縁膜 7 6 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し、当該コンタクトホールにおいてソース電極またはドレイン電極 7 1 c に接する画素電極 7 7 を形成する。なお、図 3 ( C ) は、図 4 の鎖線 A - B の断面図に相当する。

10

**【 0 1 1 8 】**

図 4 に示すように、ソース領域及びドレイン領域 7 2 の端部は、ソース電極及びドレイン電極 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 の端部はソース電極及びドレイン電極 7 1 c 及びソース領域及びドレイン領域 7 2 の端部の外側に位置する。また、ソース電極及びドレイン電極の一方はソース電極及びドレイン電極の他方を囲む形状（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るのであるため、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、微結晶半導体膜、ソース電極及びドレイン電極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。なお、ソース電極またはドレイン電極の一方は、ソース配線またはドレイン配線としても機能する。

20

**【 0 1 1 9 】**

また、画素電極 7 7 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、インジウム錫酸化物、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。

**【 0 1 2 0 】**

また、画素電極 7 7 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、シート抵抗が 1 0 0 0 0 / 以下、波長 5 5 0 nm における透光率が 7 0 % 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。

30

**【 0 1 2 1 】**

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。

**【 0 1 2 2 】**

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インジウム錫酸化物膜を成膜した後、インジウム錫酸化物膜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インジウム錫酸化物膜をエッティングして画素電極 7 7 を形成する。

40

**【 0 1 2 3 】**

以上により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 2 4 】**

( 実施の形態 2 )

本形態は実施の形態 1 で示される TFT を構成するゲート絶縁膜、微結晶半導体膜、n + 層の成膜に適したマルチチャンバ方式のプラズマ CVD 装置の一例を示す。

**【 0 1 2 5 】**

図 1 0 は複数の反応室を備えたマルチチャンバ方式の CVD 装置の一例を示す。この装置は共通室 1 2 3 と、ロード / アンロード室 1 2 2 、第 1 反応室 1 0 0 a 、第 2 反応室 1 0

50

0 b、第3反応室100cを備えた構成となっている。ロード／アンロード室122のカセット124に装填される基板は、共通室123の搬送機構126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123と各室の間にはゲートバルブ125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。

#### 【0126】

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100aはゲート絶縁膜などの絶縁膜を成膜し、第2反応室100bはチャネルを形成する微結晶半導体層を成膜し、第3反応室100cはバッファ層と、ソース及びドレインを形成する一導電型の不純物半導体層とを積層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。10

#### 【0127】

また、他の区分の例として、例えば、第1反応室100aはゲート絶縁膜などの絶縁膜を成膜し、第2反応室100bはチャネルを形成する微結晶半導体層と、バッファ層とを積層成膜し、第3反応室100cはソース及びドレインを形成する一導電型の不純物半導体層を成膜する反応室として充当してもよい。

#### 【0128】

各反応室には排気手段としてターボ分子ポンプ119とドライポンプ120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<sup>-5</sup>Paから10<sup>-1</sup>Pa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。また、微結晶半導体膜を形成する第2反応室100b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121が連結されている。排気手段と各反応室との間にはバタフライバルブ117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118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。また、図10に示す排気手段の組み合わせは一例であって特に限定されない。20

#### 【0129】

ガス供給手段108は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ラ110、ストップバルブ112、マスフローコントローラ113などで構成されている。ガス供給手段108gは第1反応室100a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108iは第2反応室100bに接続され、微結晶半導体膜用のガスを供給する。ガス供給手段108nは第3反応室100cに接続され、例えばn型半導体膜用のガスを供給する。ガス供給手段108aはアルゴンを供給し、ガス供給手段108fは反応室内のクリーニングに用いるエッティ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

#### 【0130】

各反応室にはグロー放電プラズマを形成するための高周波電力供給手段103が連結されている。高周波電力供給手段103は高周波電源と整合器が含まれる。この場合、実施の形態1と同様に、第1の高周波電源104と第2の高周波電源105、第1の整合器106と第2の整合器107で構成することにより、均一性の良い薄膜を形成することができる。プラズマCVD装置の構成を、各種ガラス基板のサイズ（第1世代と呼ばれる300mm×400mm、第2世代の400mm×500mm、第3世代の550mm×650mm、第4世代の730mm×920mm、第5世代の1000mm×1200mm、第6世代の2450mm×1850mm、第7世代の1870mm×2200mm、第8世代の2000mm×2400mm、第9世代の2450mm×3050mm、第10世代の2850mm×3050mmなど）に合わせれば、どのようなサイズの基板に対しても均一性の良い薄膜を形成することができる。40

#### 【0131】

本形態で示すように、図10で示す反応室を複数個用い、共通室で連結することにより複50

数の異なる層を大気に触れさせることなく積層することが可能となる。

**【0132】**

本実施の形態は実施の形態1と自由に組み合わせることができる。

**【0133】**

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態2に示した図10と異なるマルチチャンバ方式のCVD装置を用いる薄膜トランジスタの作製工程について、図11を用いて説明する。図10は、3つの反応室を備えた装置であるのに対し、図11は、4つの反応室を備えたマルチチャンバ方式のCVD装置の上面図である。

**【0134】**

図11は、図10のマルチチャンバ方式のCVD装置の構成に、第4反応室100dを追加した構成である。図11において図10と同一の部分は同じ符号とし、詳細な説明をここでは省略する。また、図11に示す排気手段の組み合わせは一例であって特に限定されない。

**【0135】**

第4反応室100dには、ガス供給手段108bが連結されている。その他、高周波電力供給手段、排気手段の構成は図10と同様である。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。例えば、第1反応室100aはゲート絶縁膜などの絶縁膜を成膜し、第2反応室100bはチャネルを形成する微結晶半導体層を成膜し、第4反応室100dではチャネル形成用の半導体層を保護するバッファ層を形成し、第3反応室100cはソース及びドレインを形成する一導電型の不純物半導体層を成膜する反応室として用いることができる。それぞれの薄膜は最適な成膜温度（基板温度とも呼ぶ）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容易となる。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。

**【0136】**

また、図11において第2反応室100bには、第1の高周波電力の投入と、第2の高周波電力の投入を制御するスイッチ127を設けている。スイッチ127のオンオフを切り替えることで、重畠させる出力波形を変更することができ、例えば、スイッチ127が両方オン状態であれば、図7の出力波形を示し、一方がオンオフを繰り返すと、図8に示す出力波形となる。

**【0137】**

このようにスイッチ127を設けることで、成膜条件の調節の幅を広げることができる。例えば、第1の高周波電力と、第2の高周波電力の両方を印加して、微結晶半導体膜を形成した後、一方の高周波電力を印加してバッファ層を積層することもできる。

**【0138】**

本実施の形態は実施の形態1または実施の形態2と自由に組み合わせることができる。

**【0139】**

(実施の形態4)

実施の形態1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16を用いて説明する。ここでは、上記実施の形態1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。

**【0140】**

実施の形態1に示した図1(A)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。ここでは実施の形態1とは異なり、導電膜単層の例を示す。次に、ゲート電極51上に、図6に示すプラズマCVD装置を用いてゲート絶縁膜52a、52b、52cを順に形成する。

**【0141】**

10

20

30

40

50

次に、実施の形態 1 に示した図 1 ( B ) と同様に、第 1 の成膜条件で微結晶半導体膜 2 3 を形成する。引き続き、同じチャンバーで第 2 の成膜条件で成膜を行って、実施の形態 1 に示した図 1 ( C ) と同様に、図 6 に示すプラズマ C V D 装置を用いて微結晶半導体膜 5 3 を形成する。次に、実施の形態 1 に示した図 1 ( D ) と同様に、微結晶半導体膜 5 3 上に、バッファ層 5 4 、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜 5 5 を順に形成する。

#### 【 0 1 4 2 】

次に、一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜 5 5 上に導電膜 6 5 a ~ 6 5 c を形成する。次に、図 1 3 ( A ) に示すように、導電膜 6 5 a 上にレジスト 8 0 を塗布する。

10

#### 【 0 1 4 3 】

レジスト 8 0 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。

#### 【 0 1 4 4 】

次に、第 2 のフォトマスクとして多階調マスク 5 9 を用いて、レジスト 8 0 に光を照射して、レジスト 8 0 を露光する。

#### 【 0 1 4 5 】

ここで、多階調マスク 5 9 を用いた露光について、図 1 2 を用いて説明する。

#### 【 0 1 4 6 】

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。

20

#### 【 0 1 4 7 】

多階調マスクの代表例としては、図 1 2 ( A ) に示すようなグレートーンマスク 5 9 a 、図 1 2 ( C ) に示すようなハーフトーンマスク 5 9 b がある。

#### 【 0 1 4 8 】

図 1 2 ( A ) に示すように、グレートーンマスク 5 9 a は、透光性を有する基板 1 6 3 及びその上に形成される遮光部 1 6 4 並びに回折格子 1 6 5 で構成される。遮光部 1 6 4 においては、光の透過率が 0 % である。一方、回折格子 1 6 5 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 1 6 5 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。

30

#### 【 0 1 4 9 】

透光性を有する基板 1 6 3 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 1 6 4 及び回折格子 1 6 5 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。

#### 【 0 1 5 0 】

グレートーンマスク 5 9 a に露光光を照射した場合、図 1 2 ( B ) に示すように、遮光部 1 6 4 においては、光の透過率 1 6 6 は 0 % であり、遮光部 1 6 4 及び回折格子 1 6 5 が設けられていない領域では光の透過率 1 6 6 は 1 0 0 % である。また、回折格子 1 6 5 においては、 1 0 ~ 7 0 % の範囲で調整可能である。回折格子 1 6 5 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。

40

#### 【 0 1 5 1 】

図 1 2 ( C ) に示すように、ハーフトーンマスク 5 9 b は、透光性を有する基板 1 6 3 及びその上に形成される半透過部 1 6 7 並びに遮光部 1 6 8 で構成される。半透過部 1 6 7 は、 Mo Si N 、 Mo Si 、 Mo Si O 、 Mo Si O N 、 Cr Si などを用いることができる。遮光部 1 6 8 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

50

ことができる。

**【0152】**

ハーフトーンマスク 59b に露光光を照射した場合、図 12 (D) に示すように、遮光部 168においては、光の透過率 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の透過率 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は、半透過部 167 の材料により調整可能である。

**【0153】**

多階調マスクを用いて露光した後、現像することで、図 13 (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。

10

**【0154】**

次に、レジストマスク 81 により、微結晶半導体膜 53、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、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、微結晶半導体膜 61、バッファ層 62、一導電型を付与する不純物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) は図 16 (A) の A - B における断面図に相当する(但しレジストマスク 86 を除く)。

**【0155】**

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 の一部と重畠する領域)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。

20

**【0156】**

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、一対のソース電極及びドレイン電極 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 の端部が選択的にエッチングされる。この結果、導電膜を等方的にエッチングするため、レジストマスク 86 より面積の小さいソース電極及びドレイン電極 92a ~ 92c を形成することができる。

**【0157】**

30

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する。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、バッファ層の窪み(溝)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 87 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。この後、レジストマスク 86 を除去する。また、ソース電極及びドレイン電極 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、ソース電極及びドレイン電極 92a ~ 92c の端部の外側に、ソース領域及びドレイン領域 88 の端部が形成される。

40

**【0158】**

なお、図 14 (C) は、図 16 (B) の A - B の断面図に相当する。図 16 (B) に示すように、ソース領域及びドレイン領域 88 の端部は、ソース電極及びドレイン電極 92c の端部の外側に位置することが分かる。また、バッファ層 87 の端部はソース電極及びドレイン電極 92c 及びソース領域及びドレイン領域 88 の端部の外側に位置する。また、ソース電極及びドレイン電極の一方はソース領域及びドレイン領域の他方を囲む形状(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るのであるため、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、微結晶半導体膜、ソース電極及

50

びドレイン電極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。なお、ソース電極またはドレイン電極の一方は、ソース配線またはドレイン配線としても機能する。

#### 【0159】

図14(C)に示すように、ソース電極及びドレイン電極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た形状となることで、ソース電極及びドレイン電極92a～92cの端部の距離が離れるため、ソース電極及びドレイン電極間のリーク電流やショートを防止することができる。また、ソース電極及びドレイン電極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た形状であるため、ソース電極及びドレイン電極92a～92c及びソース領域及びドレイン領域88の端部に電界が集中せず、ゲート電極51と、ソース電極及びドレイン電極92a～92cとの間でのリーク電流を防止することができる。このため、信頼性が高く、且つ耐圧の高い薄膜トランジスタを作製することができる。

#### 【0160】

以上の工程により、薄膜トランジスタ83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。

#### 【0161】

次に、図15(A)に示すように、ソース電極及びドレイン電極92a～92c、ソース領域及びドレイン領域88、バッファ層87、微結晶半導体膜90、及びゲート絶縁膜52c上に絶縁膜76を形成する。絶縁膜76は、ゲート絶縁膜52a、52b、52cと同じ作製方法で形成することができる。

#### 【0162】

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する。次に、当該コンタクトホールにおいてソース電極またはドレイン電極92cに接する画素電極77を形成する。ここでは、画素電極77としては、スパッタリング法によりインジウム錫酸化物膜を成膜した後、インジウム錫酸化物膜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インジウム錫酸化物膜をエッチングして画素電極77を形成する。なお、図15(B)は、図16(C)のA-Bの断面図に相当する。

#### 【0163】

以上により、多階調マスクを用いてマスク数を減らし、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。

#### 【0164】

また、本実施の形態は、実施の形態1乃至3のいずれか一と自由に組み合わせができる。

#### 【0165】

##### (実施の形態5)

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。

#### 【0166】

はじめにVA(Vertical Alignment)型の液晶表示装置について示す。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。

#### 【0167】

図18及び図19は、それぞれ画素電極及び対向電極を示している。なお、図18は画

10

20

30

40

50

素電極が形成される基板側の平面図であり、図中に示す切断線 A - B に対応する断面構造を図 17 に表している。また、図 19 は対向電極が形成される基板側の平面図である。以下の説明ではこれらの図を参照して説明する。

#### 【0168】

図 17 は、TFT628 とそれに接続する画素電極 624、及び保持容量部 630 が形成された基板 600 と、対向電極 640 等が形成される対向基板 601 とが重ね合わせられ、液晶が注入された状態を示している。

#### 【0169】

対向基板 601においてスペーサ 642 が形成される位置には、遮光膜 632、第 1 の着色膜 634、第 2 の着色膜 636、第 3 着色膜 638、対向電極 640 が形成されている。  
10 この構造により、液晶の配向を制御するための突起 644 とスペーサ 642 の高さを異ならせている。画素電極 624 上には配向膜 648 が形成され、同様に対向電極 640 上にも配向膜 646 が形成されている。この間に液晶層 650 が形成されている。

#### 【0170】

スペーサ 642 はここでは柱状スペーサを用いて示したがビーズスペーサを散布してもよい。さらには、スペーサ 642 を基板 600 上に形成される画素電極 624 上に形成してもよい。

#### 【0171】

基板 600 上には、TFT628 とそれに接続する画素電極 624、及び保持容量部 630 が形成される。画素電極 624 は、TFT628、配線、及び保持容量部 630 を覆う絶縁膜 620、絶縁膜を覆う第 3 絶縁膜 622 をそれぞれ貫通するコンタクトホール 623 で、配線 618 と接続する。TFT628 は実施の形態 1 で示す薄膜トランジスタを適宜用いることができる。また、保持容量部 630 は、TFT628 のゲート配線 602 と同様に形成した第 1 の容量配線 604 と、ゲート絶縁膜 606 と、配線 616、618 と同様に形成した第 2 の容量配線 617 で構成される。

#### 【0172】

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、液晶素子が形成されている。

#### 【0173】

図 18 に基板 600 上の構造を示す。画素電極 624 は実施の形態 1 で示した材料を用いて形成する。画素電極 624 にはスリット 625 を設ける。スリット 625 は液晶の配向を制御するためのものである。

#### 【0174】

図 18 に示す TFT629 とそれに接続する画素電極 626 及び保持容量部 631 は、それぞれ TFT628、画素電極 624 及び保持容量部 630 と同様に形成することができる。TFT628 と TFT629 は共に配線 616 と接続している。この液晶パネルの画素（ピクセル）は、画素電極 624 と画素電極 626 により構成されている。画素電極 624 と画素電極 626 はサブピクセルである。

#### 【0175】

図 19 に対向基板側の構造を示す。遮光膜 632 上に対向電極 640 が形成されている。対向電極 640 は、画素電極 624 と同様の材料を用いて形成することが好ましい。対向電極 640 上には液晶の配向を制御する突起 644 が形成されている。また、遮光膜 632 の位置に合わせてスペーサ 642 が形成されている。

#### 【0176】

この画素構造の等価回路を図 20 に示す。TFT628 と TFT629 は、共にゲート配線 602、配線 616 と接続している。この場合、容量配線 604 と容量配線 605 の電位を異ならせることで、液層素子 651 と液晶素子 652 の動作を異ならせることができる。すなわち、容量配線 604 と容量配線 605 の電位を個別に制御することにより液晶の配向を精密に制御して視野角を広げている。

#### 【0177】

10

20

30

40

50

スリット 625 を設けた画素電極 624 に電圧を印加すると、スリット 625 の近傍には電界の歪み（斜め電界）が発生する。このスリット 625 と、対向基板 601 側の突起 644 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で、液晶が配向する方向を場所によって異ならせている。すなわち、マルチドメイン化して液晶パネルの視野角を広げている。

#### 【0178】

次に、上記とは異なるVA型の液晶表示装置について、図21乃至図24を用いて説明する。

#### 【0179】

図21と図22は、VA型液晶パネルの画素構造を示している。図22は基板600の平面図であり、図中に示す切断線Y-Zに対応する断面構造を図21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。

10

#### 【0180】

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TFTが接続されている。各TFT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。

#### 【0181】

画素電極624はコンタクトホール623において、配線618でTFT628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TFT629と接続している。TFT628のゲート配線602と、TFT629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、TFT628とTFT629で共通に用いられている。TFT628とTFT629は実施の形態1で示す薄膜トランジスタを適宜用いることができる。

20

#### 【0182】

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、TFT628及びTFT629により異ならせることで、液晶の配向を制御している。この画素構造の等価回路を図24に示す。TFT628はゲート配線602と接続し、TFT629はゲート配線603と接続している。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、TFT628とTFT629の動作タイミングを異ならせることができる。

30

#### 【0183】

対向基板601には、遮光膜632、第2の着色膜636、対向電極640が形成されている。また、第2の着色膜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。図23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。

40

#### 【0184】

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。

#### 【0185】

次に、横電界方式の液晶表示装置について示す。横電界方式は、セル内の液晶分子に対し

50

て水平方向に電界を加えることで液晶を駆動して階調表現する方式である。この方式によれば、視野角を約180度にまで広げることができる。以下の説明では、横電界方式を採用する液晶表示装置について説明する。

#### 【0186】

図25は、TFT628とそれに接続する画素電極624が形成された基板600と、対向基板601を重ね合わせ、液晶を注入した状態を示している。対向基板601には遮光膜632、第2の着色膜636、平坦化膜637などが形成されている。画素電極は基板600側に有るので、対向基板601側には設けられていない。基板600と対向基板601の間に液晶層650が形成されている。

#### 【0187】

基板600上には、第1の画素電極607及び第1の画素電極607に接続する容量配線604、並びに及び実施の形態1で示すTFT628が形成される。第1の画素電極607は、実施の形態1で示す画素電極77と同様の材料を用いることができる。また、第1の画素電極607は略画素の形状に区画化した形状で形成する。なお、第1の画素電極607及び容量配線604上にはゲート絶縁膜606が形成される。

10

#### 【0188】

TFT628の配線616、配線618がゲート絶縁膜606上に形成される。配線616は液晶パネルにおいてビデオ信号をのせるデータ線であり一方向に伸びる配線であると同時に、ソース領域610と接続し、ソース及びドレインの一方の電極となる。配線618はソース及びドレインの他方の電極となり、第2の画素電極624と接続する配線である。

20

#### 【0189】

配線616、配線618上に第2の絶縁膜620が形成される。また、絶縁膜620上には、絶縁膜620に形成されるコンタクトホールにおいて、配線618に接続する第2の画素電極624が形成される。画素電極624は実施の形態1で示した画素電極77と同様の材料を用いて形成する。

#### 【0190】

このようにして、基板600上にTFT628とそれに接続する第2の画素電極624が形成される。なお、保持容量は第1の画素電極607と第2の画素電極624の間で形成している。

30

#### 【0191】

図26は、画素電極の構成を示す平面図である。第2の画素電極624にはスリット625が設けられる。スリット625は液晶の配向を制御するためのものである。この場合、電界は第1の画素電極607と第2の画素電極624の間で発生する。第1の画素電極607と第2の画素電極624の間にはゲート絶縁膜606が形成されているが、ゲート絶縁膜606の厚さは50~200nmであり、2~10μmである液晶層の厚さと比較して十分薄いので、基板600と平行な方向(水平方向)に電界が発生する。この電界により液晶の配向が制御される。この基板と略平行な方向の電界を利用して液晶分子を水平に回転させる。この場合、液晶分子はどの状態でも水平であるため、見る角度によるコントラストなどの影響は少なく、視野角が広がることとなる。また、第1の画素電極607と第2の画素電極624は共に透光性の電極であるので、開口率を向上させることができる。

40

#### 【0192】

次に、横電界方式の液晶表示装置の他の一例について示す。

#### 【0193】

図27と図28は、IPS型の液晶表示装置の画素構造を示している。図28は平面図であり、図中に示す切断線A-Bに対応する断面構造を図27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。

#### 【0194】

図27は、TFT628とそれに接続する画素電極624が形成された基板600と、

50

対向基板 601 を重ね合わせ、液晶を注入した状態を示している。対向基板 601 には遮光膜 632、第 2 の着色膜 636、平坦化膜 637 などが形成されている。画素電極は基板 600 側にあるので、対向基板 601 側には設けられていない。基板 600 と対向基板 601 の間に液晶層 650 が形成されている。

#### 【0195】

基板 600 上には、共通電位線 609、及び実施の形態 1 で示す TFT628 が形成される。共通電位線 609 は薄膜トランジスタ 628 のゲート配線 602 と同時に形成することができる。また、画素電極 624 は略画素の形状に区画化した形状で形成する。

#### 【0196】

TFT628 の配線 616、配線 618 がゲート絶縁膜 606 上に形成される。配線 616 は液晶パネルにおいてビデオ信号をのせるデータ線であり一方向に伸びる配線であると同時に、ソース領域 610 と接続し、ソース及びドレインの一方の電極となる。配線 618 はソース及びドレインの他方の電極となり、画素電極 624 と接続する配線である。

#### 【0197】

配線 616、配線 618 上に第 2 の絶縁膜 620 が形成される。また、絶縁膜 620 上には、絶縁膜 620 に形成されるコンタクトホール 623 において、配線 618 に接続する画素電極 624 が形成される。画素電極 624 は実施の形態 1 で示した画素電極 77 と同様の材料を用いて形成する。なお、図 28 に示すように、画素電極 624 は、共通電位線 609 と同時に形成した櫛形の電極と横電界が発生するように形成される。また、画素電極 624 の櫛歯の部分が共通電位線 609 と同時に形成した櫛形の電極と交互に咬み合うように形成される。

#### 【0198】

画素電極 624 に印加される電位と共通電位線 609 の電位との間に電界が生じると、この電界により液晶の配向が制御される。この基板と略平行な方向の電界を利用して液晶分子を水平に回転させる。この場合、液晶分子はどの状態でも水平であるため、見る角度によるコントラストなどの影響は少なく、視野角が広がることとなる。

#### 【0199】

このようにして、基板 600 上に TFT628 とそれに接続する画素電極 624 が形成される。保持容量は共通電位線 609 と容量電極 615 の間にゲート絶縁膜 606 を設け、それにより形成している。容量電極 615 と画素電極 624 はコンタクトホール 633 を介して接続されている。

#### 【0200】

次に、TN型の液晶表示装置の形態について示す。

#### 【0201】

図 29 と図 30 は、TN型の液晶表示装置の画素構造を示している。図 30 は平面図であり、図中に示す切断線 A - B に対応する断面構造を図 29 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。

#### 【0202】

画素電極 624 はコンタクトホール 623 により、配線 618 で TFT628 と接続している。データ線として機能する配線 616 は、TFT628 と接続している。TFT628 は実施の形態 1 に示す TFT のいずれかを適用することができる。

#### 【0203】

画素電極 624 は、実施の形態 1 で示す画素電極 77 を用いて形成されている。

#### 【0204】

対向基板 601 には、遮光膜 632、第 2 の着色膜 636、対向電極 640 が形成されている。また、第 2 の着色膜 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。液晶層 650 は画素電極 624 と対向電極 640 の間に形成されている。

#### 【0205】

画素電極 624 と液晶 650 と対向電極 640 が重なり合うことで、液晶素子が形成され

10

20

30

40

50

ている。

#### 【0206】

また、基板600または対向基板601にカラーフィルタや、ディスクリネーションを防ぐための遮蔽膜（ブラックマトリクス）などが形成されていても良い。また、基板600の薄膜トランジスタが形成されている面とは逆の面に偏光板を貼り合わせ、また対向基板601の対向電極640が形成されている面とは逆の面に、偏光板を貼り合わせておく。

#### 【0207】

対向電極640は、画素電極624と同様の材料を適宜用いることができる。画素電極624と液晶650と対向電極640が重なり合うことで、液晶素子が形成されている。

10

#### 【0208】

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、信頼性の高い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である。また、図6に示すプラズマCVD装置を用い、表面定在波の影響が出ない高周波電力とVHF帯に属する高周波電力を供給してプラズマを生成することで、長辺が2000mmを超える大面積基板に均質で膜質の良い薄膜を得ることができ、液晶表示装置の電気特性バラツキを抑え、大量生産を行うことができる。

#### 【0209】

##### (実施の形態6)

20

本実施の形態では、表示装置の一形態である発光装置について、図13乃至図15、図31、及び図32を用いて説明する。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。

#### 【0210】

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。

30

#### 【0211】

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、発光素子の駆動を制御する薄膜トランジスタとして、実施の形態1の薄膜トランジスタを用いて示す。実施の形態1により得られる薄膜トランジスタを用いた発光装置は、薄膜トランジスタの閾値の変動を抑制することが可能であり、信頼性の向上に繋がる。特に、発光装置で用いる薄膜トランジスタは直流駆動させるため、ゲート絶縁膜を3層構造とし、1層目を窒化珪素膜、2層目を酸化窒化珪素膜、3層目を窒化珪素膜とした実施の形態1の薄膜トランジスタは、主に2層目の酸化窒化珪素膜で閾値のドリフトを抑制することができる。

40

#### 【0212】

図13乃至図15の工程を経て、図31に示すように基板50上に薄膜トランジスタ83を形成し、薄膜トランジスタ83上に保護膜として機能する絶縁膜87を形成する。また、駆動回路12にも薄膜トランジスタ84を形成する。薄膜トランジスタ84は、画素部11の薄膜トランジスタ83と同じ工程で作製することができる。次に、絶縁膜87上に

50

平坦化膜93を形成し、平坦化膜93上に薄膜トランジスタ83のソース電極またはドレイン電極に接続する画素電極94を形成する。

【0213】

平坦化膜93は、アクリル、ポリイミド、ポリアミドなどの有機樹脂、またはシロキサンを用いて形成することが好ましい。

【0214】

図31(A)では画素部11の薄膜トランジスタがn型であるので、画素電極94として、陰極を用いるのが望ましいが、逆にp型の場合は陽極を用いるのが望ましい。具体的には、陰極としては、仕事関数が小さい公知の材料、例えば、カルシウム、アルミニウム、フッ化カルシウム、マグネシウム銀合金、リチウムアルミニウム合金等を用いることができる。10

【0215】

次に図31(B)に示すように、平坦化膜93及び画素電極94の端部上に、隔壁91を形成する。隔壁91は開口部を有しており、該開口部において画素電極94が露出している。隔壁91は、有機樹脂膜、無機絶縁膜または有機ポリシロキサンを用いて形成する。特に感光性の材料を用い、画素電極上に開口部を形成し、その開口部の側壁が連続した曲率を持って形成される傾斜面となるように形成することが好ましい。

【0216】

次に、隔壁91の開口部において画素電極94と接するように、発光層95を形成する。発光層95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もどちらでも良い。20

【0217】

そして発光層95を覆うように、陽極を用いた共通電極96を形成する。共通電極96は、実施の形態1に画素電極77として列挙した透光性を有する導電性材料を用いた透光性導電膜で形成することができる。共通電極96として上記透光性導電膜の他に、窒化チタン膜またはチタン膜を用いても良い。図31(B)では、共通電極96としインジウム錫酸化物を用いている。隔壁91の開口部において、画素電極94と発光層95と共に電極96が重なり合うことで、発光素子98が形成されている。この後、発光素子98に酸素、水素、水分、二酸化炭素等が侵入しないように、共通電極96及び隔壁91上に保護膜97を形成することが好ましい。保護膜97としては、窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜、DLC膜等を形成することができる。30

【0218】

さらに、実際には、図31(B)まで完成したら、さらに外気に曝されないように気密性が高く、脱ガスの少ない保護フィルム(ラミネートフィルム、紫外線硬化樹脂フィルム等)やカバー材でパッケージング(封入)することが好ましい。

【0219】

次に、発光素子の構成について、図32を用いて説明する。ここでは、駆動用TFTがn型の場合を例に挙げて、画素の断面構造について説明する。

【0220】

発光素子は発光を取り出すために少なくとも陽極又は陰極の一方が透明であればよい。そして、基板上に薄膜トランジスタ及び発光素子を形成し、基板とは逆側の面から発光を取り出す上面射出や、基板側の面から発光を取り出す下面射出や、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があり、本発明の画素構成はどの射出構造の発光素子にも適用することができる。40

【0221】

上面射出構造の発光素子について図32(A)を用いて説明する。

【0222】

図32(A)に、駆動用TFT7001がn型で、発光素子7002から発せられる光が陽極7005側に抜ける場合の、画素の断面図を示す。図32(A)では、発光素子7002の陰極7003と駆動用TFT7001が電気的に接続されており、陰極700350

上に発光層 7004、陽極 7005 が順に積層されている。陰極 7003 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、カルシウム、アルミニウム、フッ化カルシウム、マグネシウム銀合金、リチウムアルミニウム合金等が望ましい。そして発光層 7004 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 7003 上に電子注入層、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 7005 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、インジウム錫酸化物、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。10

#### 【0223】

陰極 7003 及び陽極 7005 で発光層 7004 を挟んでいる領域が発光素子 7002 に相当する。図 32 (A) に示した画素の場合、発光素子 7002 から発せられる光は、白抜きの矢印で示すように陽極 7005 側に射出する。

#### 【0224】

次に、下面射出構造の発光素子について図 32 (B) を用いて説明する。駆動用 TFT 7011 が n 型で、発光素子 7012 から発せられる光が陰極 7013 側に射出する場合の、画素の断面図を示す。図 32 (B) では、駆動用 TFT 7011 と電気的に接続された透光性を有する導電性材料 7017 上に、発光素子 7012 の陰極 7013 が成膜されており、陰極 7013 上に発光層 7014、陽極 7015 が順に積層されている。なお、陽極 7015 が透光性を有する場合、陽極上を覆うように、光を反射または遮蔽するための遮蔽膜が成膜されていてもよい。陰極 7013 は、図 32 (A) の場合と同様に、仕事関数が小さい導電膜であれば公知の材料を用いることができる。ただしその膜厚は、光を透過する程度（好ましくは、5 nm ~ 30 nm 程度）とする。例えば 20 nm の膜厚を有する A1 を、陰極 7013 として用いることができる。そして発光層 7014 は、図 32 (A) と同様に、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。陽極 7015 は光を透過する必要はないが、図 32 (A) と同様に、透光性を有する導電性材料を用いて形成することができる。そして遮蔽膜は、例えば光を反射する金属等を用いることができるが、金属膜に限定されない。例えば黒の顔料添加した樹脂等を用いることもできる。2030

#### 【0225】

陰極 7013 及び陽極 7015 で、発光層 7014 を挟んでいる領域が発光素子 7012 に相当する。図 32 (B) に示した画素の場合、発光素子 7012 から発せられる光は、白抜きの矢印で示すように陰極 7013 側に射出する。

#### 【0226】

次に、両面射出構造の発光素子について、図 32 (C) を用いて説明する。図 32 (C) では、駆動用 TFT 7021 と電気的に接続された透光性を有する導電性材料 7027 上に、発光素子 7022 の陰極 7023 が成膜されており、陰極 7023 上に発光層 7024、陽極 7025 が順に積層されている。陰極 7023 は、図 32 (A) の場合と同様に、仕事関数が小さい導電膜であれば公知の材料を用いることができる。ただしその膜厚は、光を透過する程度とする。例えば 20 nm の膜厚を有する A1 を、陰極 7023 として用いることができる。そして発光層 7024 は、図 32 (A) と同様に、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。陽極 7025 は、図 32 (A) と同様に、光を透過する透光性を有する導電性材料を用いて形成することができる。40

#### 【0227】

陰極 7023 と、発光層 7024 と、陽極 7025 とが重なっている部分が発光素子 7022 に相当する。図 32 (C) に示した画素の場合、発光素子 7022 から発せられる光は、白抜きの矢印で示すように陽極 7025 側と陰極 7023 側の両方に射出する。50

**【 0 2 2 8 】**

なお、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 9 】**

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T F T）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T F Tと発光素子との間に電流制御用T F Tが接続されている構成であってもよい。

**【 0 2 3 0 】**

なお本実施の形態で示す発光装置は、図32に示した構成に限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

10

**【 0 2 3 1 】**

以上の工程により、発光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、信頼性の高い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、視認性の高い発光装置である。また、図6に示すプラズマC V D装置を用い、表面定在波の影響が出ない高周波電力とV H F帯に属する高周波電力を供給してプラズマを生成することで、長辺が2000mmを超える大面積基板に均質で膜質の良い薄膜を得ることができ、発光装置の電気特性バラツキを抑え、大量生産を行うことができる。

**【 0 2 3 2 】**

（実施の形態7）

20

本発明の表示装置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 3 3 】**

図33（A）に、信号線駆動回路6013のみを別途形成し、基板6011上に形成された画素部6012と接続している表示パネルの形態を示す。画素部6012及び走査線駆動回路6014は、微結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタを用いて形成する。微結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタよりも高い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、単結晶の半導体を用いたトランジスタ、多結晶の半導体を用いた薄膜トランジスタ、またはS O Iを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、F P C 6015を介して供給される。

30

**【 0 2 3 4 】**

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。

**【 0 2 3 5 】**

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F P C上に貼り合わせるようにしても良い。図33（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と接続している液晶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、微結晶半導体膜を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、F P C 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、F P C 6025を介して供給される。

40

**【 0 2 3 6 】**

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、微結晶半導体膜を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33（C）に、信号線駆動回路の一部であ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60

50

31上に形成し、信号線駆動回路の一部であるシフトレジスタ6033bを別途異なる基板に形成して貼り合わせる液晶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、微結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタを用いて形成する。信号線駆動回路の一部であるシフトレジスタ6033bは、FPC6035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、FPC6035を介して供給される。

#### 【0237】

図33に示すように、本発明の液晶表示装置は、駆動回路の一部または全部を、画素部と同じ基板上に、微結晶半導体膜を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。

10

#### 【0238】

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33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。

#### 【0239】

なお本発明で用いる信号線駆動回路は、シフトレジスタとアナログスイッチのみを有する形態に限定されない。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。

20

#### 【0240】

図36に本発明の液晶表示装置のブロック図を示す。図36に示す表示装置は、表示素子を備えた画素を複数有する画素部701と、各画素を選択する走査線駆動回路702と、選択された画素へのビデオ信号の入力を制御する信号線駆動回路703とを有する。

#### 【0241】

図36において信号線駆動回路703は、シフトレジスタ704、アナログスイッチ705を有している。シフトレジスタ704には、クロック信号(CLK)、スタートパルス信号(SP)が入力されている。クロック信号(CLK)とスタートパルス信号(SP)が入力されると、シフトレジスタ704においてタイミング信号が生成され、アナログスイッチ705に入力される。

30

#### 【0242】

またアナログスイッチ705には、ビデオ信号(video signal)が与えられている。アナログスイッチ705は入力されるタイミング信号に従ってビデオ信号をサンプリングし、後段の信号線に供給する。

#### 【0243】

次に、走査線駆動回路702の構成について説明する。走査線駆動回路702は、シフトレジスタ706、バッファ707を有している。また場合によってはレベルシフタを有していても良い。走査線駆動回路702において、シフトレジスタ706にクロック信号(CLK)及びスタートパルス信号(SP)が入力されることによって、選択信号が生成される。生成された選択信号はバッファ707において緩衝増幅され、対応する走査線に供給される。走査線には、1ライン分の画素のトランジスタのゲートが接続されている。そして、1ライン分の画素のトランジスタを一斉にONにしなくてはならないので、バッファ707は大きな電流を流すことが可能なものが用いられる。

40

#### 【0244】

フルカラーの液晶表示装置で、R(赤)、G(緑)、B(青)に対応するビデオ信号を、順にサンプリングして対応する信号線に供給している場合、シフトレジスタ704とアナログスイッチ705とを接続するための端子数が、アナログスイッチ705と画素部701の信号線を接続するための端子数の1/3程度に相当する。よって、アナログスイッ

50

チ705を画素部701と同じ基板上に形成することで、アナログスイッチ705を画素部701と異なる基板上に形成した場合に比べて、別途形成した基板の接続に用いる端子の数を抑えることができ、接続不良の発生確率を抑え、歩留まりを高めることができる。

#### 【0245】

なお、図36の走査線駆動回路702は、シフトレジスタ706、及びバッファ707を有するが、シフトレジスタ706で走査線駆動回路702を構成してもよい。

#### 【0246】

なお、図36に示す構成は、本発明の表示装置の一形態を示したに過ぎず、信号線駆動回路と走査線駆動回路の構成はこれに限定されない。図36に示したような回路を、微結晶半導体を用いたトランジスタで構成した液晶表示装置は、回路を高速に動作させることができ。例えは、非晶質半導体膜を用いた場合と微結晶半導体膜を用いた場合とを比較すると、微結晶半導体膜を用いた場合の方が、トランジスタの移動度が大きいため、駆動回路（例えは走査線駆動回路702のシフトレジスタ706）の駆動周波数を高くすることが可能となる。走査線駆動回路702を高速に動作させることができるために、フレーム周波数を高くすること、または、黒画面挿入を実現することなども実現することができる。

10

#### 【0247】

フレーム周波数を上げる場合は、画像の動きの方向に応じて、画面のデータを生成することが望ましい。つまり、動き補償を行って、データを補間することが望ましい。このように、フレーム周波数を上げ、画像データを補間することにより、動画の表示特性が改善され、滑らかな表示を行うことが出来る。例えは、2倍（例えは120ヘルツ、100ヘルツ）以上、より好ましくは4倍（例えは480ヘルツ、400ヘルツ）以上にすることにより、動画における画像のぼけや残像を低減することができる。その場合、走査線駆動回路702も、駆動周波数を高くして、動作させることにより、フレーム周波数を上げることが出来る。

20

#### 【0248】

黒画面挿入を行う場合は、画像データもしくは黒表示となるデータを画素部701に供給できるようとする。その結果、インパルス駆動に近い形となり、残像を低減することができる。その場合、走査線駆動回路702も、駆動周波数を高くして、動作させることにより、黒画面挿入を行うことが出来る。

30

#### 【0249】

さらに、走査線駆動回路702のトランジスタのチャネル幅を大きくすることや、複数の走査線駆動回路を配置することなどによって、さらに高いフレーム周波数を実現することができる。例えは8倍（例えは960ヘルツ、800ヘルツ）以上のフレーム周波数とすることができる。複数の走査線駆動回路を配置する場合は、偶数行の走査線を駆動する為の走査線駆動回路を片側に配置し、奇数行の走査線を駆動するための走査線駆動回路をその反対側に配置することにより、フレーム周波数を高くすることを実現することができる。

#### 【0250】

なお、図36に示したような回路を、微結晶半導体を用いたトランジスタで構成することにより、レイアウト面積を小さくすることができる。そのため、表示装置の一例である液晶表示装置の額縁を小さくすることができる。例えは、非晶質半導体膜を用いた場合と微結晶半導体膜を用いた場合とを比較すると、微結晶半導体膜を用いた場合の方が、トランジスタの移動度が大きいため、トランジスタのチャネル幅を小さくすることができる。その結果、液晶表示装置を狭額縫化させることが可能となる。

40

#### 【0251】

しかしながら、非晶質半導体膜を用いた場合と微結晶半導体膜を用いた場合とを比較すると、微結晶半導体膜を用いた場合の方が、劣化しにくい。したがって、微結晶半導体膜を用いた場合は、トランジスタのチャネル幅を小さくすることができる。または、劣化に対する補償用の回路を配置しなくても正常に動作させることができます。これらにより、画素

50

1つ当たりのトランジスタの平面面積を小さくすることが出来る。

**【0252】**

(実施の形態8)

本発明の表示装置の一形態に相当する液晶表示パネルの外観及び断面について、図37を用いて説明する。図37(A)は、第1の基板4001上に形成された微結晶半導体膜を有する薄膜トランジスタ4010及び液晶素子4013を、第2の基板4006との間にシール材4005によって封止した、パネルの上面図であり、図37(B)は、図37(A)のA-A'における断面図相当する。

**【0253】**

第1の基板4001上に設けられた画素部4002と、走査線駆動回路4004とを囲むようにして、シール材4005が設けられている。また画素部4002と、走査線駆動回路4004の上に第2の基板4006が設けられている。よって画素部4002と、走査線駆動回路4004とは、第1の基板4001とシール材4005と第2の基板4006とによって、液晶4008と共に封止されている。また第1の基板4001上のシール材4005によって囲まれている領域とは異なる領域に、別途用意された基板上に多結晶半導体膜で形成された信号線駆動回路4003が実装されている。なお本実施の形態では、多結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタを有する信号線駆動回路を、第1の基板4001に貼り合わせる例について説明するが、単結晶半導体を用いたトランジスタで信号線駆動回路を形成し、貼り合わせるようにしても良い。図37では、信号線駆動回路4003に含まれる、多結晶半導体膜で形成された薄膜トランジスタ4009を例示する。

**【0254】**

また第1の基板4001上に設けられた画素部4002と、走査線駆動回路4004は、薄膜トランジスタを複数有しており、図37(B)では、画素部4002に含まれる薄膜トランジスタ4010とを例示している。薄膜トランジスタ4010は微結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタに相当する。

**【0255】**

また4013は液晶素子に相当し、液晶素子4013が有する画素電極4030は、薄膜トランジスタ4010と配線4041を介して電気的に接続されている。そして液晶素子4013の対向電極4031は第2の基板4006上に形成されている。画素電極4030と対向電極4031と液晶4008とが重なっている部分が、液晶素子4013に相当する。

**【0256】**

なお、第1の基板4001、第2の基板4006としては、ガラス、金属(代表的にはステンレス)、セラミックス、プラスチックを用いることができる。プラスチックとしては、F R P (F i b e r g l a s s - R e i n f o r c e d P l a s t i c s )板、P V F (ポリビニルフルオライド)フィルム、ポリエステルフィルム、またはアクリル樹脂フィルムを用いることができる。また、アルミニウムホイルをP V F フィルムやポリエスチルフィルムで挟んだ構造のシートを用いることもできる。

**【0257】**

また4035は球状のスペーサであり、画素電極4030と対向電極4031との間の距離(セルギャップ)を制御するために設けられている。なお絶縁膜を選択的にエッチングすることで得られるスペーサを用いていても良い。

**【0258】**

また別途形成された信号線駆動回路4003と、走査線駆動回路4004または画素部4002に与えられる各種信号及び電位は、引き回し配線4014、4015を介して、F P C 4018から供給されている。

**【0259】**

本実施の形態では、接続端子4016が、液晶素子4013が有する画素電極4030と同じ導電膜から形成されている。また、引き回し配線4014、4015は、配線4041と同じ導電膜で形成されている。

10

20

30

40

50

**【 0 2 6 0 】**

接続端子 4 0 1 6 は、F P C 4 0 1 8 が有する端子と、異方性導電膜 4 0 1 9 を介して電気的に接続されている。

**【 0 2 6 1 】**

なお図示していないが、本実施の形態に示した液晶表示装置は配向膜、偏光板を有し、更にカラーフィルタや遮蔽膜を有していても良い。

**【 0 2 6 2 】**

また図 3 7 では、信号線駆動回路 4 0 0 3 を別途形成し、第 1 の基板 4 0 0 1 に実装している例を示しているが、本実施の形態はこの構成に限定されない。走査線駆動回路を別途形成して実装しても良いし、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別途形成して実装しても良い。10

**【 0 2 6 3 】**

本実施の形態は、他の実施の形態に記載した構成と組み合わせて実施することが可能である。

**【 0 2 6 4 】****( 実施の形態 9 )**

次に、本発明の表示装置の一形態に相当する発光表示パネルの外観及び断面について、図 3 8 を用いて説明する。図 3 8 ( A ) は、第 1 の基板上に形成された微結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタ及び発光素子を、第 2 の基板との間にシール材によって封止した、パネルの上面図であり、図 3 8 ( B ) は、図 3 8 ( A ) の A - A ' における断面図に相当する。20

**【 0 2 6 5 】**

第 1 の基板 4 0 0 1 上に設けられた画素部 4 0 0 2 と、走査線駆動回路 4 0 0 4 とを囲むようにして、シール材 4 0 0 5 が設けられている。また画素部 4 0 0 2 と、走査線駆動回路 4 0 0 4 の上に第 2 の基板 4 0 0 6 が設けられている。よって画素部 4 0 0 2 と、走査線駆動回路 4 0 0 4 とは、第 1 の基板 4 0 0 1 とシール材 4 0 0 5 と第 2 の基板 4 0 0 6 とによって、充填材 4 0 0 7 と共に密封されている。また第 1 の基板 4 0 0 1 上のシール材 4 0 0 5 によって囲まれている領域とは異なる領域に、別途用意された基板上に多結晶半導体膜で形成された信号線駆動回路 4 0 0 3 が実装されている。なお本実施の形態では、多結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタを有する信号線駆動回路を、第 1 の基板 4 0 0 1 に貼り合わせる例について説明するが、単結晶半導体を用いたトランジスタで信号線駆動回路を形成し、貼り合わせるようにしても良い。図 3 8 ( B ) では、信号線駆動回路 4 0 0 3 に含まれる、多結晶半導体膜で形成された薄膜トランジスタ 4 0 0 9 を例示する。30

**【 0 2 6 6 】**

また第 1 の基板 4 0 0 1 上に設けられた画素部 4 0 0 2 と、走査線駆動回路 4 0 0 4 は、薄膜トランジスタを複数有しており、図 3 8 ( B ) では、画素部 4 0 0 2 に含まれる薄膜トランジスタ 4 0 1 0 とを例示している。なお本実施の形態では、薄膜トランジスタ 4 0 1 0 が駆動用 T F T であると仮定するが、薄膜トランジスタ 4 0 1 0 は電流制御用 T F T であっても良いし、消去用 T F T であっても良い。薄膜トランジスタ 4 0 1 0 は微結晶半導体膜を用いた薄膜トランジスタに相当する。40

**【 0 2 6 7 】**

また 4 0 1 1 は発光素子に相当し、発光素子 4 0 1 1 が有する画素電極は、薄膜トランジスタ 4 0 1 0 のソース電極またはドレイン電極と、配線 4 0 1 7 を介して電気的に接続されている。そして本実施の形態では、発光素子 4 0 1 1 の共通電極と透光性を有する導電性膜 4 0 1 2 が電気的に接続されている。なお発光素子 4 0 1 1 の構成は、本実施の形態に示した構成に限定されない。発光素子 4 0 1 1 から取り出す光の方向や、薄膜トランジスタ 4 0 1 0 の極性などに合わせて、発光素子 4 0 1 1 の構成は適宜変えることができる。

**【 0 2 6 8 】**

10

20

30

40

50

また、別途形成された信号線駆動回路 4003 と、走査線駆動回路 4004 または画素部 4002 に与えられる各種信号及び電位は、図 38 (B) に示す断面図では図示されていないが、引き回し配線 4014 及び 4015 を介して、FPC 4018 から供給されている。

#### 【0269】

本実施の形態では、接続端子 4016 が、配線 4017 と同じ導電膜から形成されている。また、引き回し配線 4014、4015 は、薄膜トランジスタ 4010 のソース電極またはドレイン電極と同じ導電膜から形成されている。

#### 【0270】

接続端子 4016 は、FPC 4018 が有する端子と、異方性導電膜 4019 を介して電気的に接続されている。 10

#### 【0271】

発光素子 4011 からの光の取り出し方向に位置する第 2 の基板は透明でなければならない。その場合には、ガラス板、プラスチック板、ポリエステルフィルムまたはアクリルフィルムのような透光性を有する材料を用いる。

#### 【0272】

また、充填材 4007 としては窒素やアルゴンなどの不活性な気体の他に、紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂を用いることができ、PVC (ポリビニルクロライド)、アクリル、ポリイミド、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、PVB (ポリビニルブチラル) または EVA (エチレンビニルアセテート) を用いることができる。本実施の形態では充填材として窒素を用いた。 20

#### 【0273】

また、必要であれば、発光素子の射出面に偏光板、又は円偏光板 (楕円偏光板を含む)、位相差板 (1/4 板、1/2 板)、カラーフィルタなどの光学フィルムを適宜設けてよい。また、偏光板又は円偏光板に反射防止膜を設けてよい。例えば、表面の凹凸により反射光を拡散し、映り込みを低減できるアンチグレア処理を施すことができる。

#### 【0274】

なお、図 38 では、信号線駆動回路 4003 を別途形成し、第 1 の基板 4001 に実装している例を示しているが、本実施の形態はこの構成に限定されない。走査線駆動回路を別途形成して実装しても良いし、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別途形成して実装しても良い。 30

#### 【0275】

本実施の形態は、他の実施の形態に記載した構成と組み合わせて実施することが可能である。

#### 【0276】

##### (実施の形態 10)

本発明により得られる表示装置等によって、アクティブマトリクス型表示装置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。

#### 【0277】

その様な電子機器としては、ビデオカメラ、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 34 に示す。 40

#### 【0278】

図 34 (A) はテレビジョン装置である。表示モジュールを、図 34 (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。FPC まで取り付けられた表示パネルのことを表示モジュールとも呼ぶ。表示モジュールにより主画面 2003 が形成され、その他付属設備としてスピーカー部 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。 50

## 【0279】

図34(A)に示すように、筐体2001に表示素子を利用した表示用パネル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、モジュール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、このリモコン装置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。

## 【0280】

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の表示用パネルで形成し、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を視野角の優れた液晶表示パネルで形成し、サブ画面を低消費電力で表示可能な発光表示パネルで形成しても良い。また、低消費電力化を優先させるためには、主画面2003を発光表示パネルで形成し、サブ画面を発光表示パネルで形成し、サブ画面は点滅可能とする構成としても良い。

10

## 【0281】

図35はテレビ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。

## 【0282】

20

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増幅回路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。

## 【0283】

チューナ924で受信した信号のうち、音声信号は、音声信号増幅回路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931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。

30

## 【0284】

勿論、本発明はテレビジョン装置に限定されず、パソコン用のモニタをはじめ、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。

## 【0285】

図34(B)は携帯電話機2301の一例を示している。この携帯電話機2301は、表示部2302、操作部2303などを含んで構成されている。表示部2302においては、上記実施の形態で説明した表示装置を適用することで、量産性を高めることができる。

40

## 【0286】

また、図34(C)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、量産性を高めることができる。

## 【0287】

図34(D)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6で説明した発光装置を照明部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6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

50

きる。

【実施例 1】

【0288】

本実施例では、一つの高周波電力印加によりプラズマ形成する成膜条件と、2つの高周波電力を重畠印加させてプラズマ形成する成膜条件とでそれぞれ微結晶シリコン膜の成膜を行い、成長速度の比較を行った。なお、成長速度とは、成膜開始から膜がほとんど成長しないインキュベーション時間を除き、インキュベーション時間経過直後を時間ゼロとして膜の堆積が開始されてからの堆積速度を示している。また、成膜速度とは、シランガスなどのガスをチャンバー内に導入し、且つ、高周波電力を投入した時間をゼロとして成膜開始からの堆積速度を指すものとする。

10

【0289】

各成膜条件は、 $\text{SiH}_4$  流量を 4 sccm、 $\text{H}_2$  流量を 400 sccm とし、成膜圧力を 100 Pa とし、基板温度 200 度で固定した。また、ガラス基板上に窒化シリコン膜 50 nm を形成し、その上に 50 nm の微結晶シリコン膜の成膜を行い、成長速度を比較した。

【0290】

比較例 1 は、一つの高周波電力印加（電源周波数 60 MHz、電力パワー 15 W）により成膜を行った例であり、電極間隔を 20 mm として成膜を行った結果、微結晶シリコン膜の成長速度は 2.8 nm/min となり、インキュベーション時間は 0.7 分となった。

20

【0291】

また、比較例 2 は、一つの高周波電力印加（電源周波数 13.56 MHz、電力パワー 80 W）により成膜を行った例であり、電極間隔を 30 mm として成膜を行った結果、微結晶シリコン膜の成長速度は 4.8 nm/min となり、インキュベーション時間は 0.4 分となった。

【0292】

また、比較例 3 は、一つの高周波電力印加（電源周波数 60 MHz、電力パワー 80 W）により成膜を行った例であり、電極間隔を 30 mm として成膜を行った結果、微結晶シリコン膜の成長速度は 3.3 nm/min となり、インキュベーション時間は 0.6 分となった。

【0293】

30

また、サンプル 1 は、2つの高周波電力を重畠印加させて成膜を行ったものであり、第 1 の高周波電力として 13.56 MHz の周波数で電力パワー 60 W とし、第 2 の高周波電力として 60 MHz の周波数で電力パワー 20 W とし、電極間隔を 30 mm として成膜を行った。サンプル 1 において、微結晶シリコン膜の成長速度は 6.3 nm/min となり、インキュベーション時間は 0.8 分となった。

【0294】

また、サンプル 2 は、2つの高周波電力を重畠印加させて成膜を行ったものであり、第 1 の高周波電力条件を 13.56 MHz の周波数で電力パワー 40 W とし、第 2 の高周波電力条件を 60 MHz の周波数で電力パワー 40 W とし、電極間隔を 30 mm として成膜を行った。サンプル 2 において、微結晶シリコン膜の成長速度は 5.5 nm/min となり、インキュベーション時間は 0.3 分となった。

40

【0295】

また、サンプル 3 は、2つの高周波電力を重畠印加させて成膜を行ったものであり、第 1 の高周波電力条件を 13.56 MHz の周波数で電力パワー 20 W とし、第 2 の高周波電力条件を 60 MHz の周波数で電力パワー 60 W とし、電極間隔を 30 mm として成膜を行った。サンプル 3 において、微結晶シリコン膜の成長速度は 3.6 nm/min となり、インキュベーション時間は 0 分となった。

【0296】

サンプル 1 においては、重畠印加することにより成長速度を向上させることができている。インキュベーション時間は 0.8 分となっているが、微結晶シリコン膜の成長速度

50

を最も速くする条件と言える。

**【0297】**

サンプル2においては、比較例1～3に比べてインキュベーション時間を減少することができている。さらに、サンプル3においては、高周波電力を重畠印加することによりインキュベーション時間を解消することが実現できており、解消することで膜質の均一性を図ることができる。サンプル3においては、インキュベーション時間が解消されているため、サンプル3の成長速度は成膜速度と言える。特に1枚ずつ成膜処理する枚葉式の成膜プロセスでは、基板ごとにインキュベーション時間に対応する待ち時間が生じ、半導体装置の製造工程全体においてスループットの低下を招く恐れがあるため、インキュベーション時間を解消することは大量生産上有用である。

10

**【0298】**

即ち、サンプル2の成膜条件は、成膜初期に形成される半導体領域の品質および均一性を向上させる微結晶半導体膜の成膜条件に適していると言える。例えば、サンプル2の成膜条件を第1の成膜条件とし、第2の成膜条件としてサンプル1の成膜条件とすれば、成膜速度は低いが品質のよい第1の成膜条件でゲート絶縁膜界面付近の膜の下部を形成し、その後、高い成膜速度の第2の成膜条件に変えて膜の上部を堆積することができる。この場合、既に第2の成膜条件に変更する前の1の成膜条件により核となる結晶粒を含む膜が形成されているため、第2の成膜条件のインキュベーション時間はほとんど発生せず、効率よく微結晶半導体膜の成膜を行うことができる。

20

**【0299】**

勿論、サンプル2の成膜条件を第1の成膜条件とし、第2の成膜条件として比較例2の成膜条件として微結晶シリコン膜を形成することも有用である。即ち、成膜初期は、2つの高周波電力を重畠印加することにより成膜を行い、一方の高周波電力の投入を停止した成膜条件に切り替えて引き続き微結晶半導体膜の成膜を行う。

**【0300】**

なお、上記実験結果を図39に示す。重畠印加させて成膜を行ったサンプル1～3においては、微結晶シリコン膜の膜厚の面内分布が±3%未満に抑えられており、良好な膜厚均一性も示している。

**【図面の簡単な説明】**

**【0301】**

30

【図1】本発明の作製方法を説明する断面図である。

【図2】本発明の作製方法を説明する断面図である。

【図3】本発明の作製方法を説明する断面図である。

【図4】本発明の作製方法を説明する上面図である。

【図5】微結晶シリコン膜を形成する工程を説明するタイムチャートの一例を示す図である。

【図6】複数の高周波電力が一の電極に印加される反応室の構成を説明する図。

【図7】第1の高周波電源の高周波電力と、第2の高周波電源の高周波電力を重畠させた場合の波形の一例を示す模式図。

【図8】第1の高周波電源の高周波電力と、第2の高周波電源の高周波電力を重畠させた場合の波形の一例を示す模式図。

40

【図9】複数の高周波電力が一の電極に印加される反応室における電極構造の他の一例を示す図。

【図10】3つの処理室を備えたマルチチャンバ方式のCVD装置の構成を示す上面図である。

【図11】4つの処理室を備えたマルチチャンバ方式のCVD装置の構成を示す上面図である。

【図12】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13】本発明の作製工程の断面図を示す図。

【図14】本発明の作製工程の断面図を示す図。

50

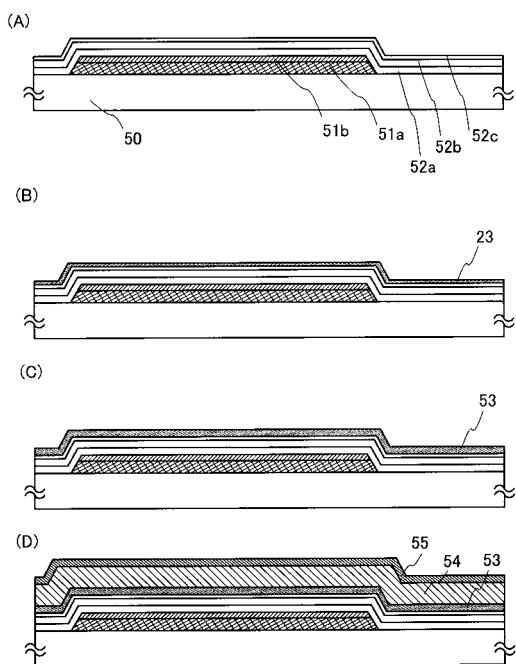
- 【図15】本発明の作製工程の断面図を示す図。
- 【図16】本発明の作製工程の上面図を示す図。
- 【図17】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図18】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図19】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図20】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図21】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図22】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図23】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図24】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図25】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図26】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図27】本発明の液晶表示装置を説明する図である。
- 【図28】本発明の液晶表示装置を説明する図である。
- 【図29】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図30】液晶表示装置の一例を説明する図である。
- 【図31】発光装置の作製方法の一例を説明する断面図である。
- 【図32】発光装置に適用可能な画素を説明する断面図である。
- 【図33】表示パネルを説明する斜視図である。
- 【図34】発光装置を用いた電子機器を説明する斜視図である。
- 【図35】発光装置を用いた電子機器を説明する図である。
- 【図36】発光装置の構成を説明するブロック図である。
- 【図37】表示パネルを説明する上面図及び断面図である。
- 【図38】表示パネルを説明する上面図及び断面図である。
- 【図39】異なる周波数の高周波電力を重畠させて成膜を得た実験結果を示す図である。
- 【符号の説明】
- 【0302】
- 11：画素部  
12：駆動回路部  
23：微結晶半導体膜  
50：基板  
51：ゲート電極  
52a、52b、52c：ゲート絶縁膜  
53：微結晶半導体膜  
54：バッファ層  
55：一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜  
56：レジストマスク  
59：多階調マスク  
61：微結晶半導体膜  
62：バッファ層  
63：一導電型を付与する不純物が添加された半導体膜  
65a、65b、65c：導電膜  
66：レジストマスク  
71a、71b、71c：ソース電極及びドレイン電極  
72：ソース領域及びドレイン領域  
73：バッファ層  
74：薄膜トランジスタ  
76：絶縁膜  
77：画素電極  
80：レジストマスク

8 1 : レジストマスク	
8 3 : 薄膜トランジスタ	
8 4 : 薄膜トランジスタ	
8 5 a ~ 8 5 c 導電膜	
8 7 : バッファ層	
8 6 : レジストマスク	
8 8 : ソース領域及びドレイン領域	
9 0 : 微結晶半導体膜	
9 1 : 隔壁	
9 2 a、9 2 b、9 2 c : ソース電極及びドレイン電極	10
9 3 : 平坦化膜	
9 4 : 画素電極	
9 5 : 発光層	
9 6 : 共通電極	
9 7 : 保護膜	
9 8 : 発光素子	
1 0 0 a 第1反応室	
1 0 0 b 第2反応室	
1 0 0 c 第3反応室	
1 0 0 d 第4反応室	20
1 0 1 第1の電極	
1 0 1 a 第1の電極	
1 0 1 b 第1の電極	
1 0 2 第2の電極	
1 0 3 高周波電力供給手段	
1 0 4 第1の高周波電源	
1 0 5 第2の高周波電源	
1 0 6 第1の整合器	
1 0 7 第2の整合器	
1 0 8 ガス供給手段	30
1 0 8 g ガス供給手段	
1 0 8 i ガス供給手段	
1 0 8 n ガス供給手段	
1 0 8 a ガス供給手段	
1 0 8 f ガス供給手段	
1 0 9 排気制御手段	
1 1 0 シリンダ	
1 1 1 圧力調整弁	
1 1 2 ストップバルブ	
1 1 3 マスフローコントローラ	40
1 1 4 基板加熱ヒータ	
1 1 5 ヒータコントローラ	
1 1 6 絶縁材	
1 1 7 バタフライバルブ	
1 1 8 コンダクタンスバルブ	
1 1 9 ターボ分子ポンプ	
1 2 0 ドライポンプ	
1 2 1 クライオポンプ	
1 2 2 ロード／アンロード室	
1 2 3 共通室	50

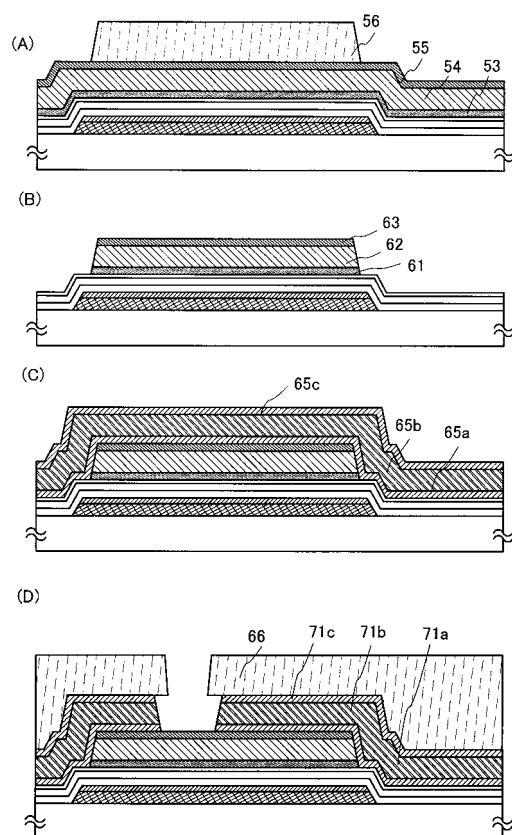
- 1 2 4 カセット  
 1 2 5 ゲートバルブ  
 1 2 6 搬送機構  
 1 2 7 スイッチ  
 2 0 0 真空排気  
 2 0 1 プレコート  
 2 0 2 基板搬入  
 2 0 3 下地前処理  
 2 0 4 成膜処理  
 2 0 5 基板搬出  
 2 0 6 クリーニング  
 2 0 7 破線

10

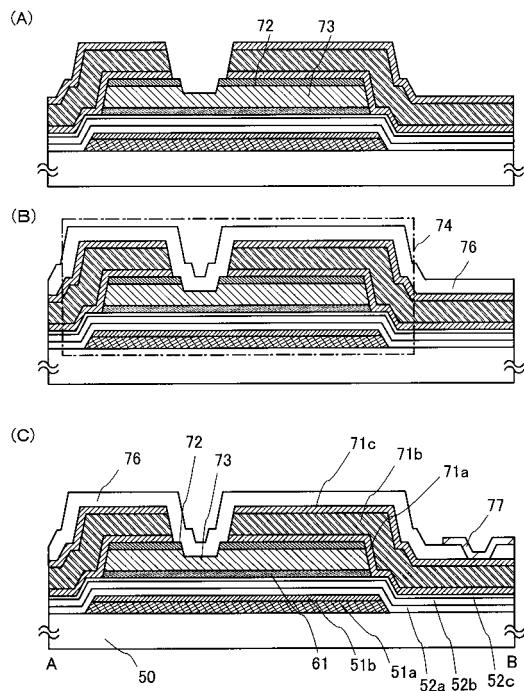
【図1】



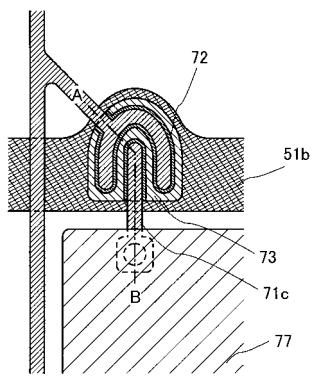
【図2】



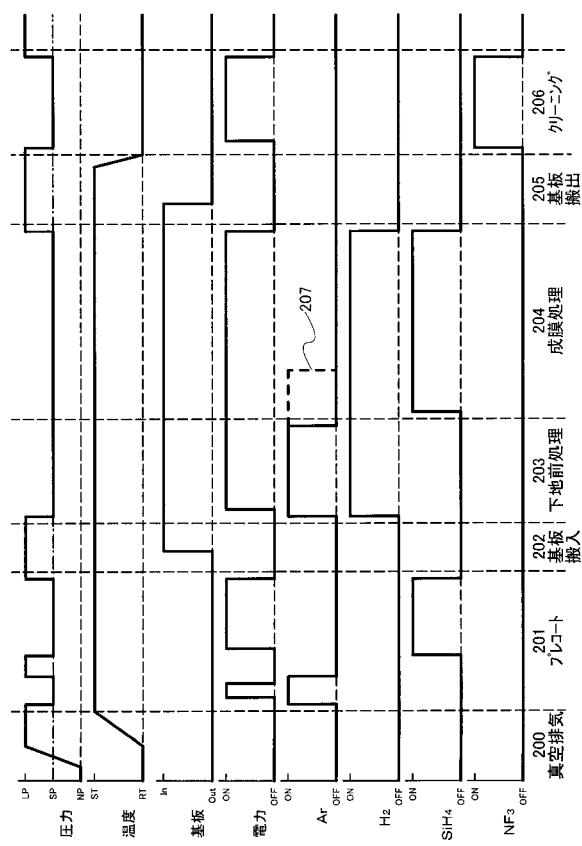
【図3】



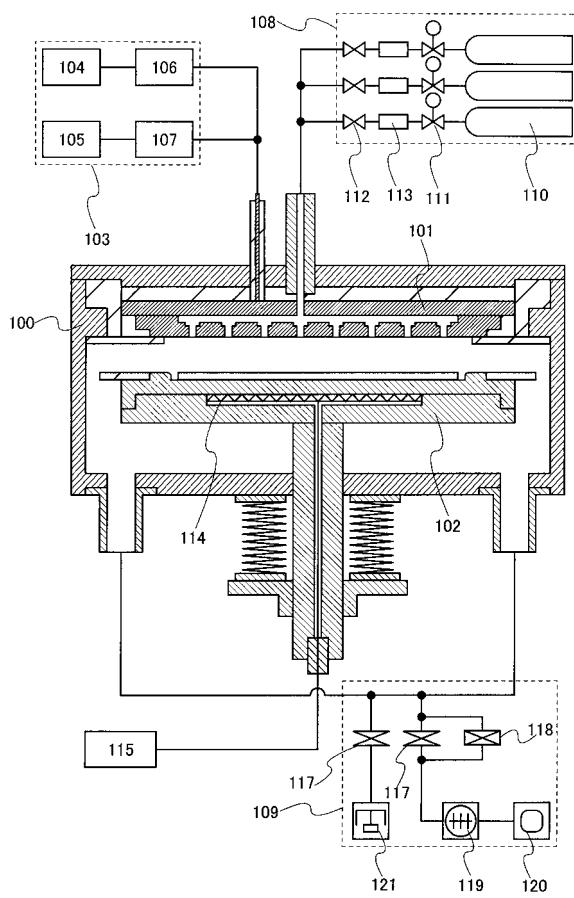
【図4】



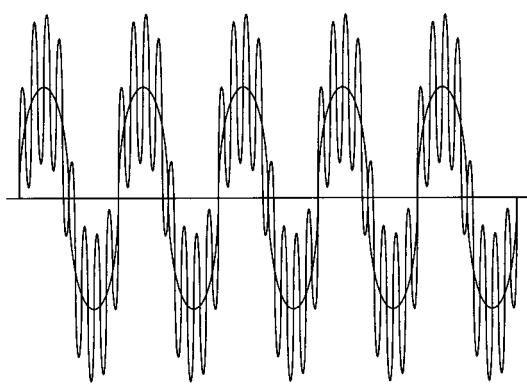
【図5】



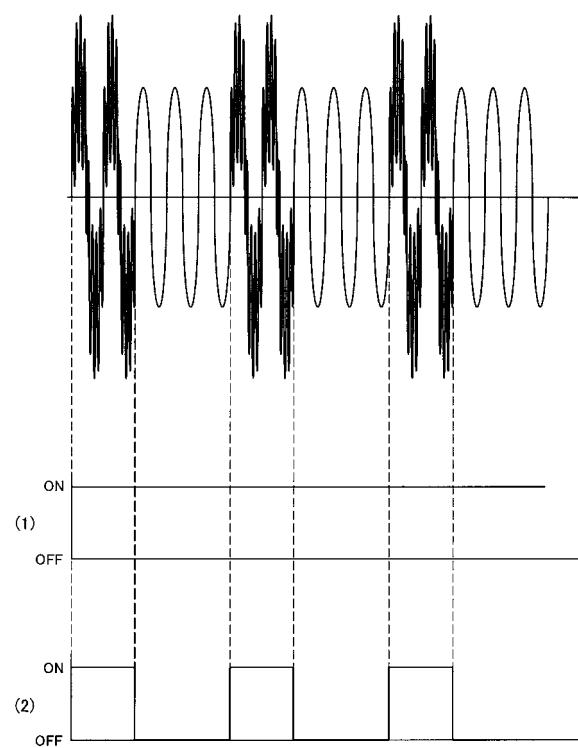
【図6】



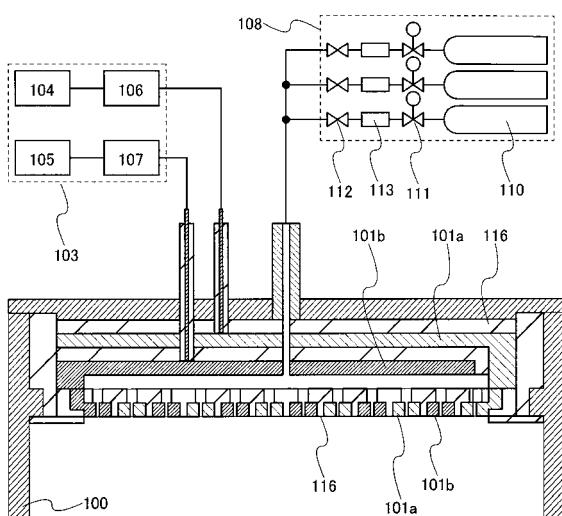
【図7】



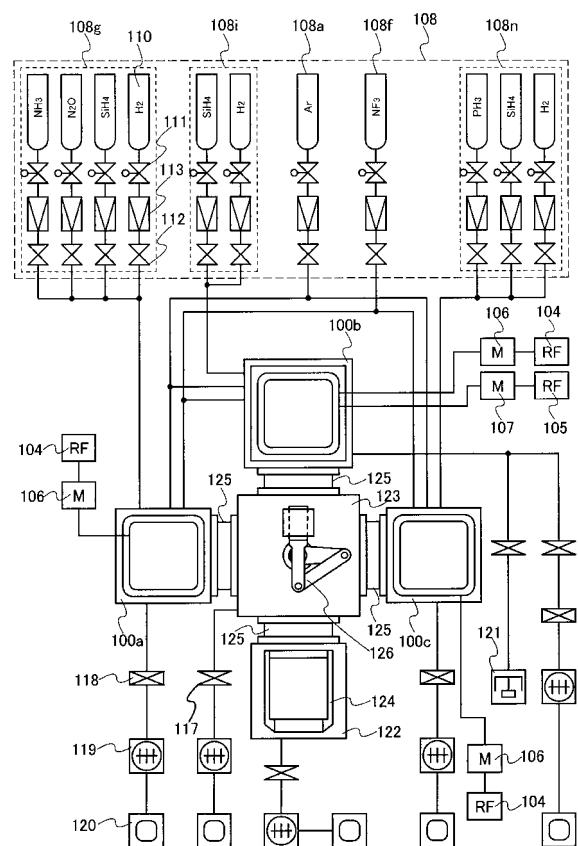
【図8】



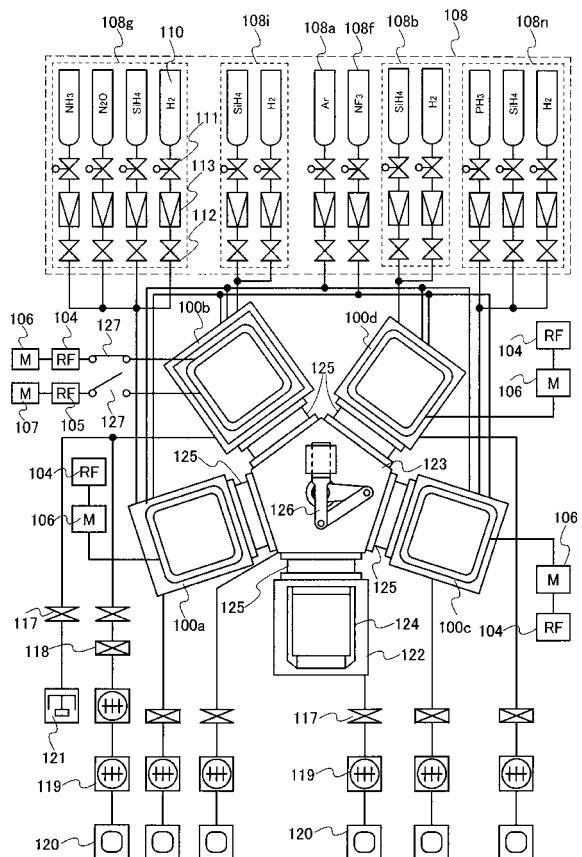
【図9】



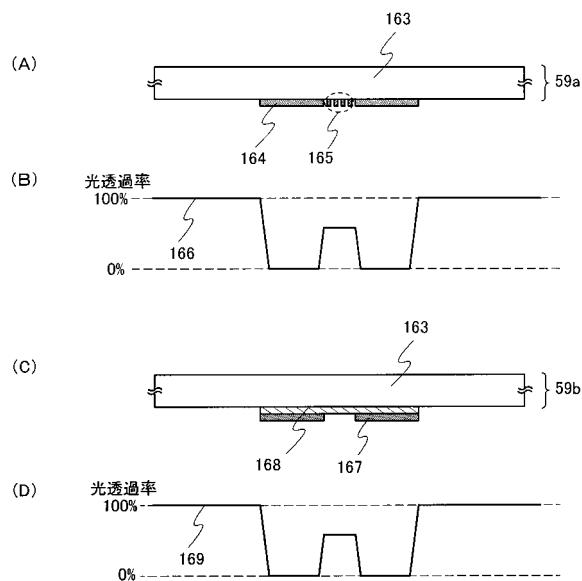
【図10】



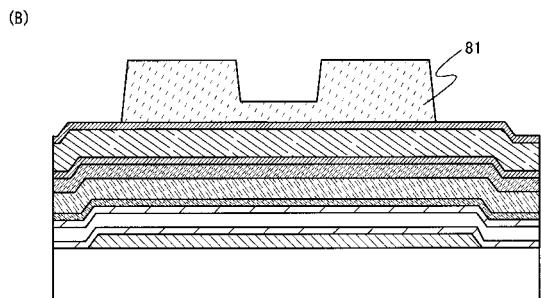
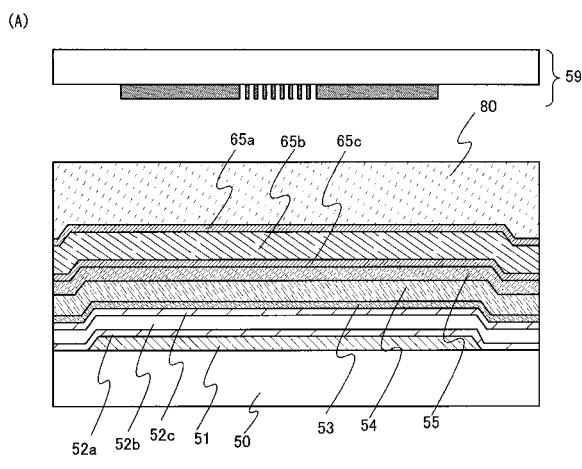
【図11】



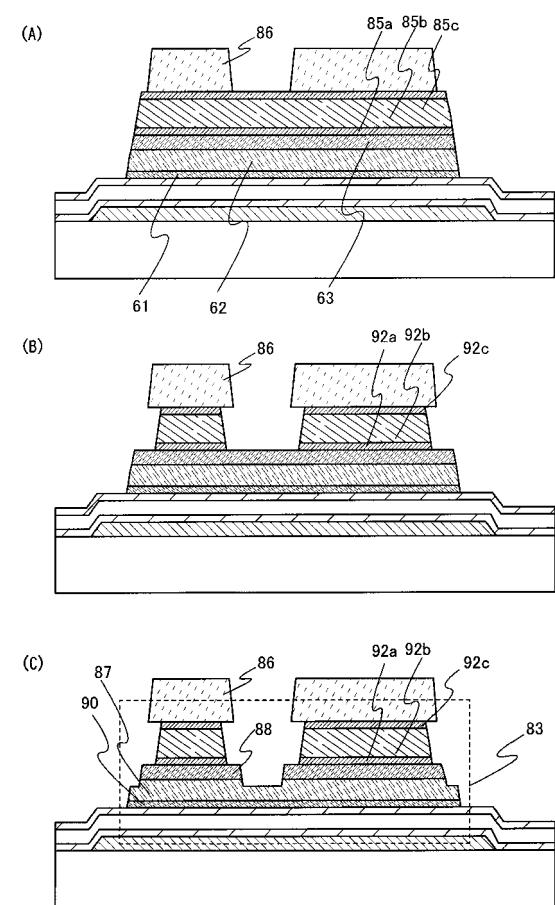
【図12】



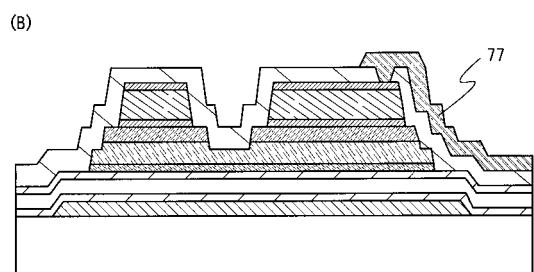
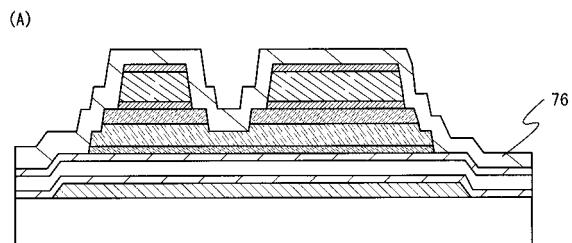
【図13】



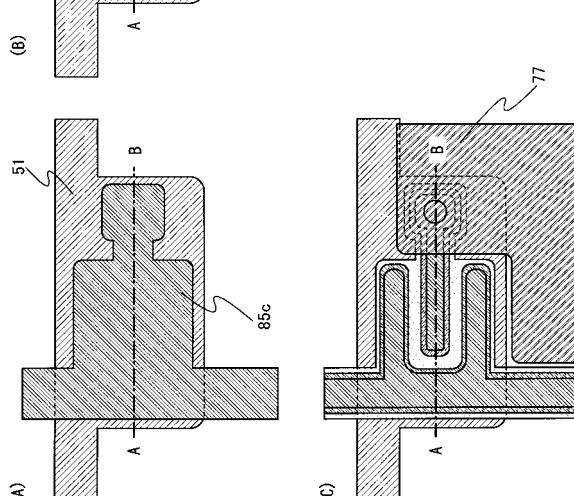
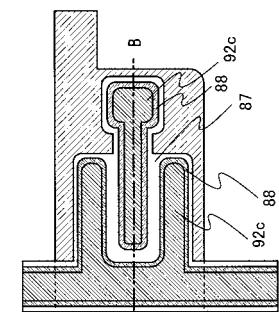
【図14】



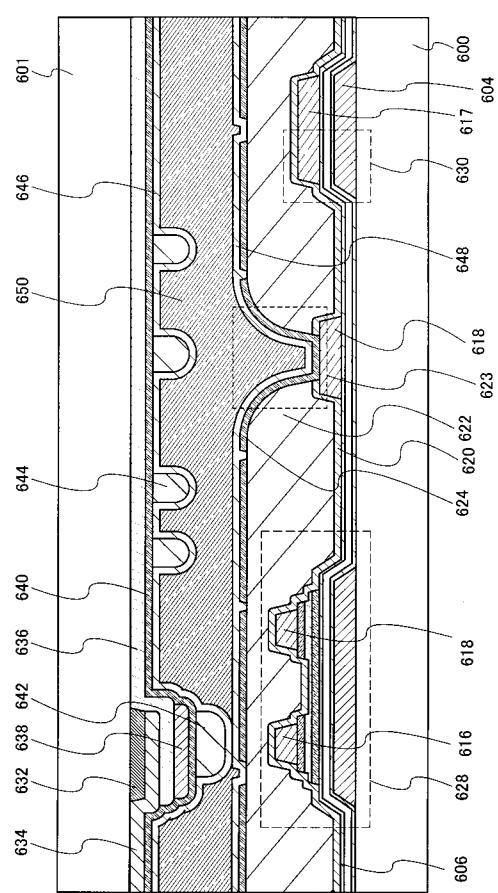
【図15】



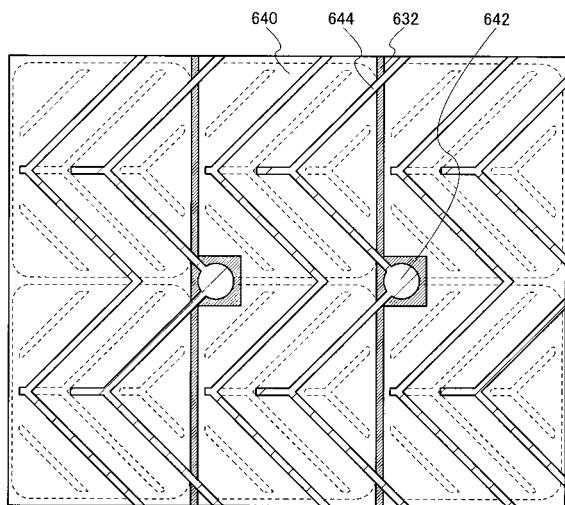
【図16】



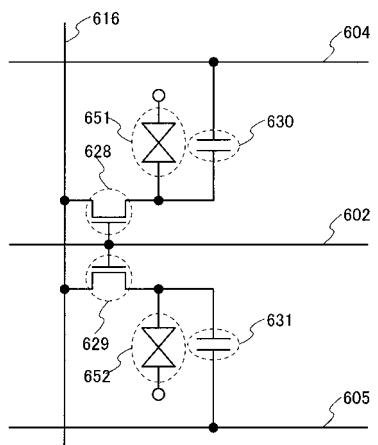
【図17】



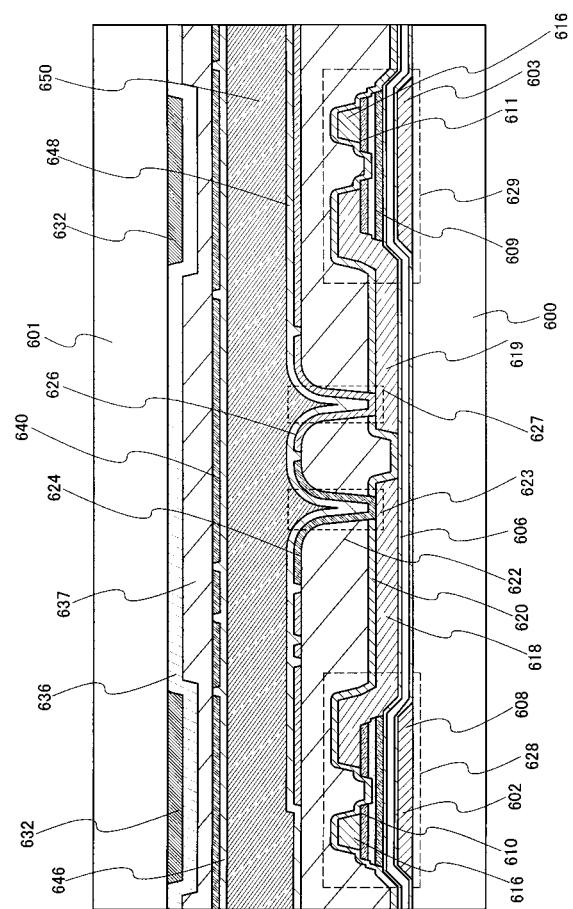
【図19】



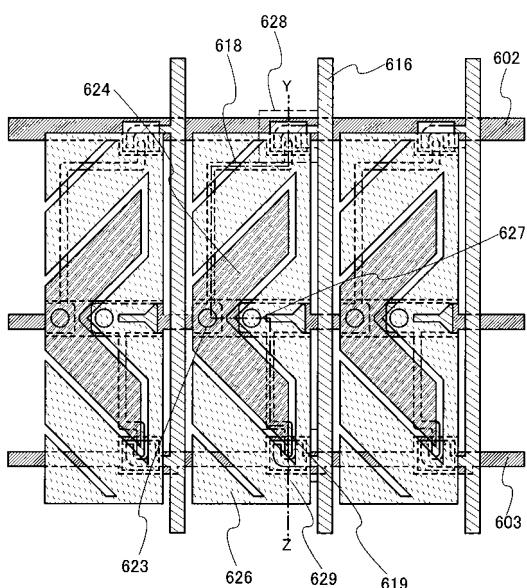
【図20】



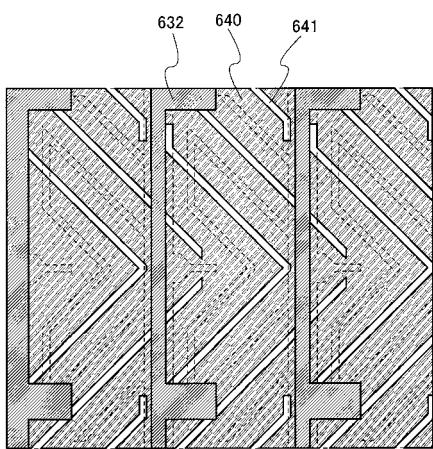
【図21】



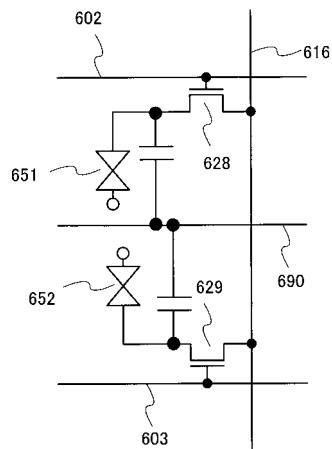
【図22】



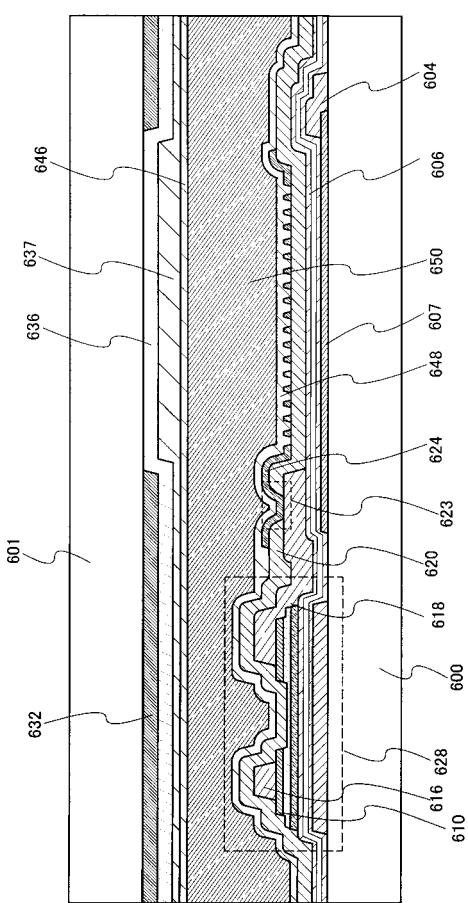
【図23】



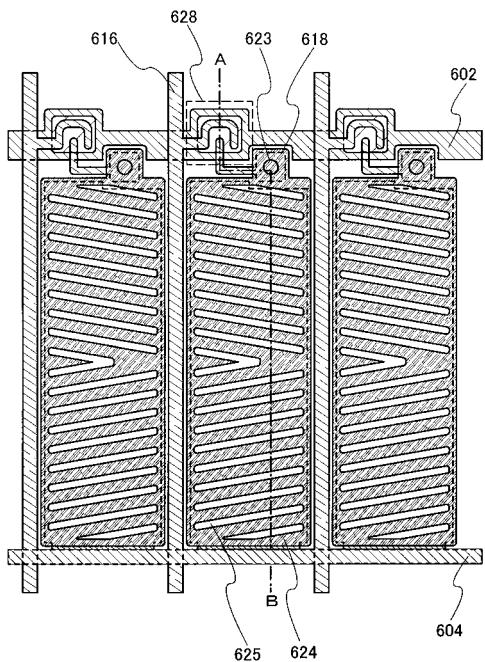
【図24】



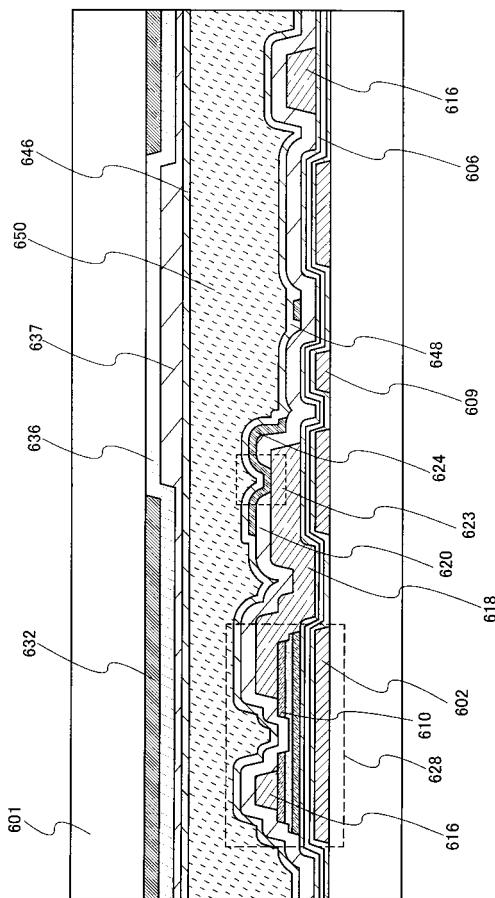
【図25】



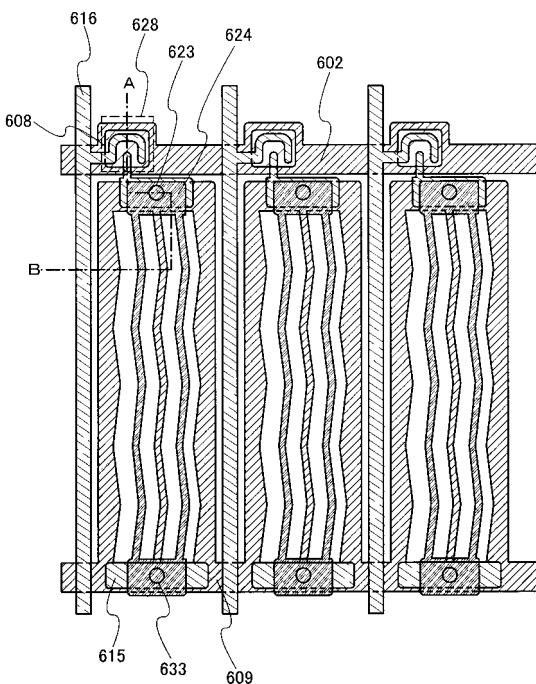
【図26】



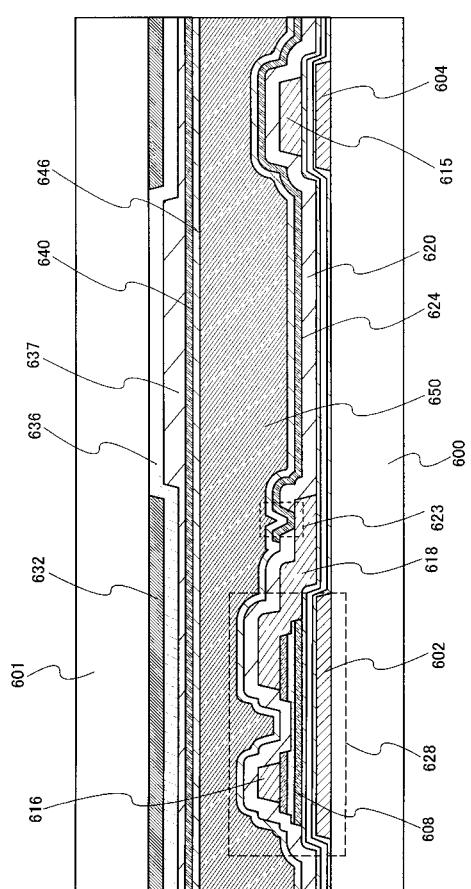
【図27】



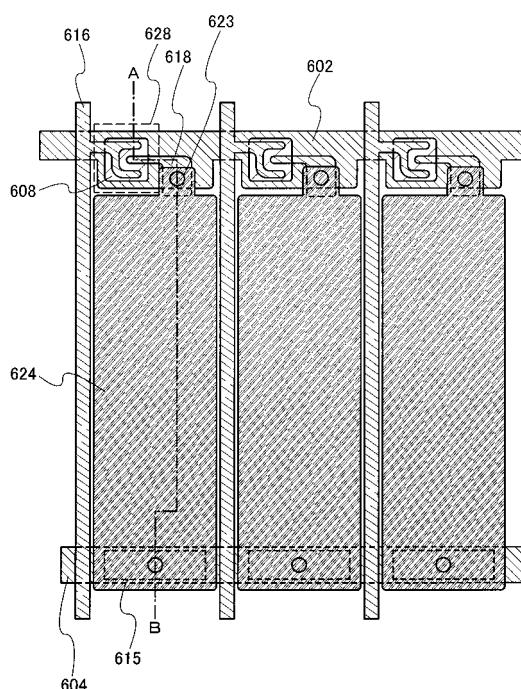
【図28】



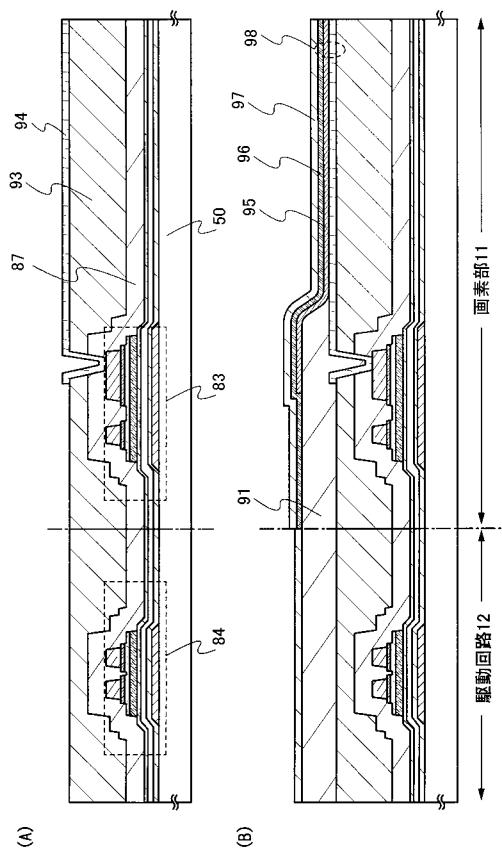
【図29】



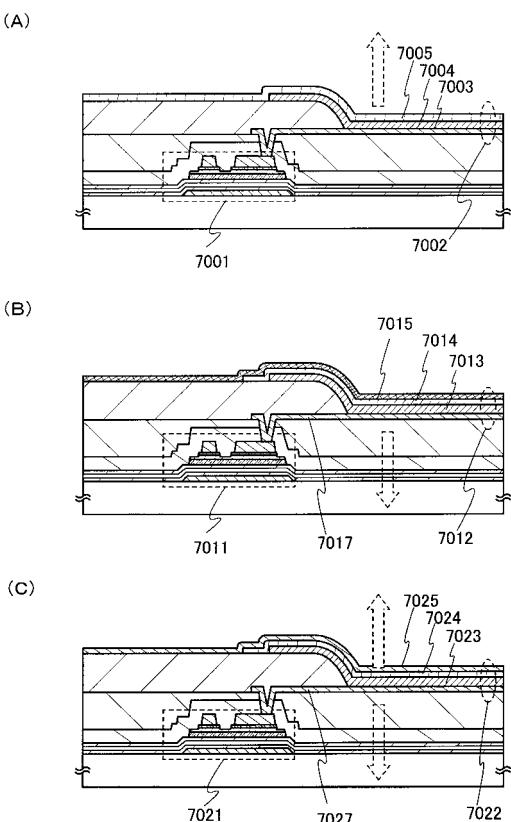
【図30】



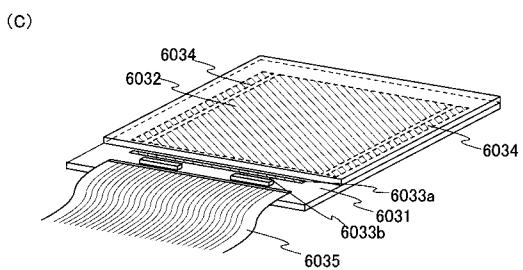
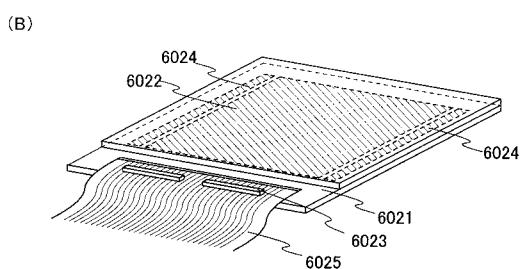
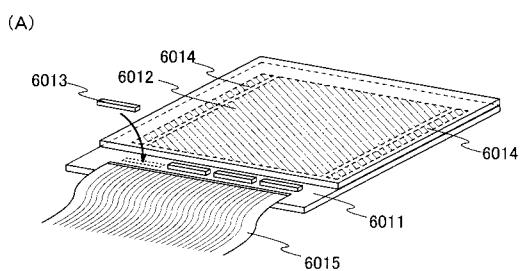
【図31】



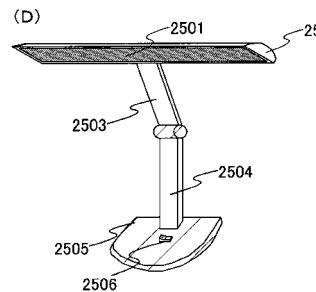
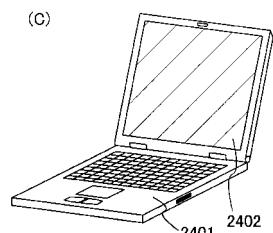
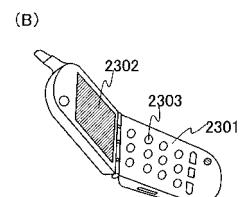
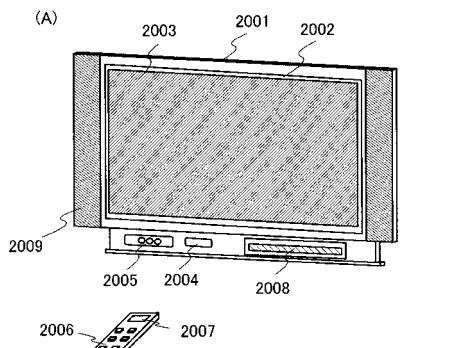
【図32】



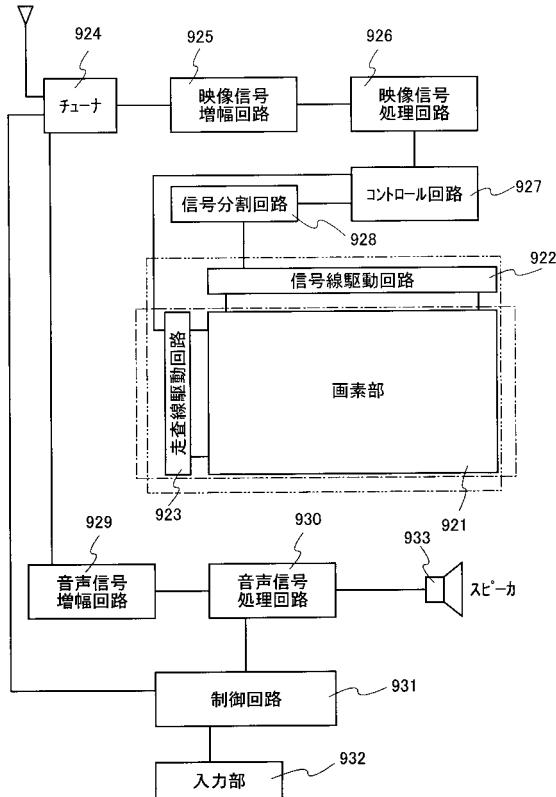
【図33】



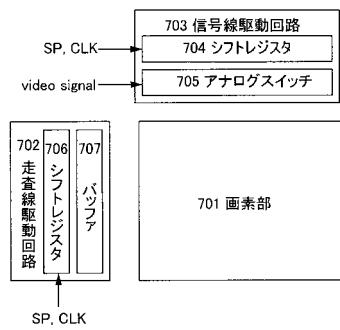
【図34】



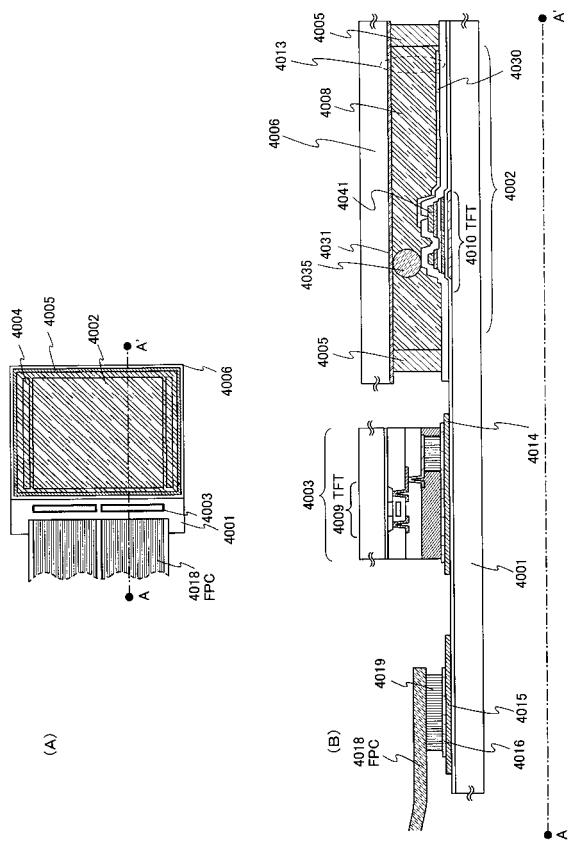
【図35】



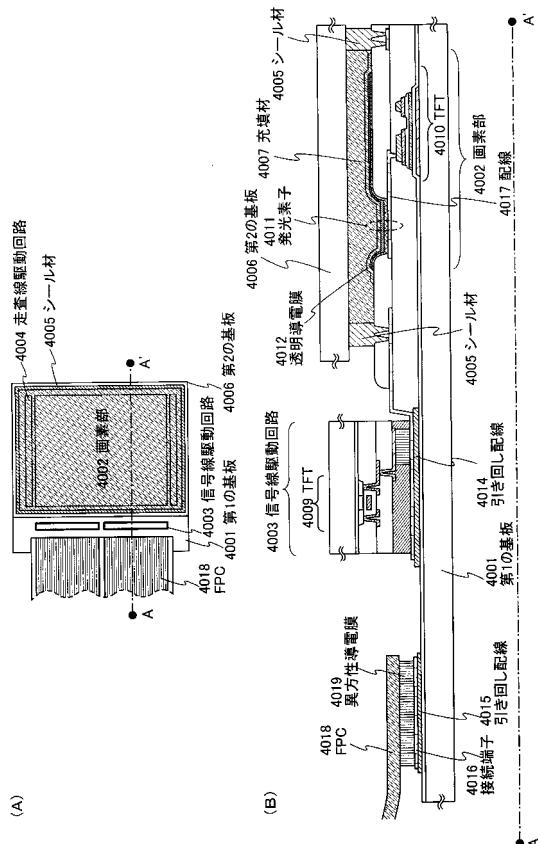
【図36】



【図37】



【図38】



【図39】

	SiH4流量 [sccm]	H2流量 [sccm]	成膜 圧力 [Pa]	電源周波 数 [MHz]	RF Power [W]	電極 間Gap [mm]	Incubation Time [min]	Growth Rate(Depo Rate) [nm/min]	膜厚分 布 [± %]
< 単位 >									
比較例 1	4	400	100	60	15	20	0.7	2.8	1.3
比較例 2	4	400	100	13.56/60	80/20	30	0.4	4.8	1.3
サンプル 1	4	400	100	13.56/60	80/20	30	0.8	6.3	1.8
サンプル 2	4	400	100	13.56/60	40/40	30	0.3	5.5	2.1
サンプル 3	4	400	100	13.56/60	20/60	30	0.0	3.6	1.7
比較例 3	4	400	100	60	80	30	0.6	3.3	3.1

---

フロントページの続き

(72)発明者 神保 安弘

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

(72)発明者 大力 浩二

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

(72)発明者 桑原 秀明

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

(56)参考文献 特開平08-088397(JP,A)

特開平07-094749(JP,A)

特開平07-162001(JP,A)

特開平09-232235(JP,A)

特開昭63-215037(JP,A)

特開2003-092200(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/336

C23C 16/24

C23C 16/505

H01L 29/786