

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-182084

(P2017-182084A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 2 F 1/1368 (2006.01)	G O 2 F 1/1368	2 H 1 9 2
H O 1 L 21/336 (2006.01)	H O 1 L 29/78 6 1 2 Z	5 F 1 1 0
H O 1 L 29/786 (2006.01)		

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 53 頁)

(21) 出願番号	特願2017-103321 (P2017-103321)	(71) 出願人	000153878
(22) 出願日	平成29年5月25日 (2017. 5. 25)		株式会社半導体エネルギー研究所
(62) 分割の表示	特願2015-200063 (P2015-200063) の分割	(72) 発明者	山崎 舜平
原出願日	平成12年2月22日 (2000. 2. 22)		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願平11-45558		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成11年2月23日 (1999. 2. 23)	(72) 発明者	村上 智史
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	小山 潤
			神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	田中 幸夫
			神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

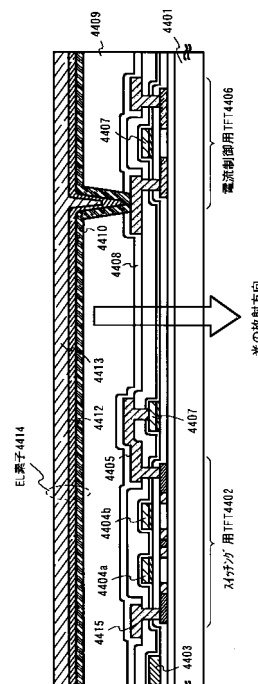
(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】動作性能および信頼性の高い E L 表示装置を提供する。

【解決手段】第1のチャンネル形成領域と、第1のソース領域及び第1のドレイン領域と、ゲート絶縁膜と、第1のゲート電極とを備えた第1の T F T と、第2のチャンネル形成領域と、第2のソース領域及び第2のドレイン領域と、ゲート絶縁膜と、第2のゲート電極とを備えた第2の T F T と、第1の T F T 及び第2の T F T 上に設けられた第1の絶縁膜と、第1のソース領域及び第1のドレイン領域の一方と接続されたソース配線と、第1のソース領域及び第1のドレイン領域の他方と接続し、且つ第2のゲート電極に接続された第1のドレイン配線と、第1の絶縁膜上に設けられ、第2のソース領域及び第2のドレイン領域の一方に接続された第2のドレイン配線と、第1の絶縁膜上に設けられ、第2のソース領域及び第2のドレイン領域の他方に接続された電流供給線と、を有する。

【選択図】 図 2 6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チャンネル形成領域を有する半導体層と、
前記チャンネル形成領域と重なる領域を有するゲート電極と、
前記チャンネル形成領域と重なる領域を有する第 1 の配線と、
前記第 1 の配線上の有機樹脂からなる第 1 の絶縁膜と、
前記第 1 の絶縁膜上の前記チャンネル形成領域と重なる領域を有する第 1 の電極と、
前記第 1 の電極上及び前記第 1 の絶縁膜上の第 2 の絶縁膜と、
前記第 2 の絶縁膜上の画素電極と、を有し、
前記第 1 の配線は、前記半導体層と電氣的に接続され、
前記第 1 の絶縁膜はコンタクトホールを有し、
前記コンタクトホールは、前記チャンネル形成領域と重なる領域を有し、
前記画素電極は、前記コンタクトホールを介して前記第 1 の配線と電氣的に接続され、
前記第 2 の絶縁膜は無機膜であり、
前記画素電極と前記第 1 の電極は、前記第 2 の絶縁膜を介して重なる領域を有すること
で容量を形成することを特徴とする液晶表示装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は絶縁表面を有する基板上に薄膜トランジスタ（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。特に本発明は、画素
部（画素マトリクス回路）とその周辺に設けられる駆動回路（ドライバー回路）を同一基
板上に設けた液晶表示装置やEL（エレクトロルミネッセンス）表示装置に代表される電
気光学装置（電子装置ともいう）、および電気光学装置を搭載した電気器具（電子機器と
もいう）に関する。

20

【0002】

尚、本願明細書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する装置全
般を指し、上記電気光学装置およびその電気光学装置を用いた電気器具も半導体装置に含
む。

【背景技術】

30

【0003】

絶縁表面を有する基板上にTFTで形成した大面積集積回路を有する半導体装置の開発
が進んでいる。アクティブマトリクス型液晶表示装置、EL表示装置、および密着型イメ
ージセンサはその代表例として知られている。特に、結晶質シリコン膜（代表的にはポリ
シリコン膜）を活性層にしたTFT（以下、ポリシリコンTFTと記す）は電界効果移動
度が高いことから、いろいろな機能回路を形成することも可能である。

【0004】

例えば、アクティブマトリクス型液晶表示装置には、機能ブロックごとに画像表示を行
う画素部や、CMOS回路を基本としたシフトレジスタ回路、レベルシフタ回路、バッフ
ァ回路、サンプリング回路などの集積回路が一枚の基板上に形成される。また、密着型イ
メージセンサでは、サンプルホールド回路、シフトレジスタ回路、マルチプレクサ回路な
どの集積回路がTFTを用いて形成されている。

40

【0005】

これらの駆動回路（周辺駆動回路ともいう）はそれぞれにおいて動作条件が必ずしも同
一でないので、当然TFTに要求される特性も少なからず異なっている。画素部において
は、スイッチ素子として機能する画素TFTと補助の保持容量を設けた構成であり、液晶
に電圧を印加して駆動させるものである。ここで、液晶は交流で駆動させる必要があり、
フレーム反転駆動と呼ばれる方式が多く採用されている。従って、要求されるTFTの特
性はオフ電流値（TFTがオフ動作時に流れるドレイン電流値）を十分低くさせておく必
要があった。また、バッファ回路は高い駆動電圧が印加されるため、高電圧がかかっても

50

壊れない程度に耐圧を高めておく必要があった。また電流駆動能力を高めるために、オン電流値（T F Tがオン動作時に流れるドレイン電流値）を十分確保する必要があった。

【0006】

しかし、ポリシリコンT F Tのオフ電流値は高くなりやすいといった問題点がある。また、I Cなどで使われるM O Sトランジスタと同様にポリシリコンT F Tにはオン電流値の低下といった劣化現象が観測される。主たる原因はホットキャリア注入であり、ドレイン近傍の高電界によって発生したホットキャリアが劣化現象を引き起こすものと考えられている。

【0007】

オフ電流値を低減するためのT F Tの構造として、低濃度ドレイン（L D D : Lightly Doped Drain）構造が知られている。この構造はチャンネル形成領域と、高濃度に不純物が添加されるソース領域またはドレイン領域との間に低濃度の不純物領域を設けたものであり、この低濃度不純物領域はL D D領域と呼ばれている。

【0008】

また、ホットキャリア注入によるオン電流値の劣化を防ぐための構造として、いわゆるG O L D（Gate-drain Overlapped LDD）構造が知られている。この構造は、L D D領域がゲート絶縁膜を介してゲート配線と重なるように配置されているため、ドレイン近傍のホットキャリア注入を防ぎ、信頼性を向上させるのに有効である。例えば、「Mutsuko Hatano, Hajime Akimoto and Takeshi Sakai, IEDM97 TECHNICAL DIGEST, p523-526, 1997」では、シリコンで形成したサイドウォールによるG O L D構造を開示しているが、他の構造のT F Tと比べ、きわめて優れた信頼性が得られることが確認されている。

【0009】

また、アクティブマトリクス型液晶表示装置の画素部には、数十から数百万個の各画素にT F Tが配置され、そのT F Tのそれぞれには画素電極が設けられている。液晶を挟んだ対向基板側には対向電極が設けられており、液晶を誘電体とした一種のコンデンサを形成している。そして、各画素に印加する電圧をT F Tのスイッチング機能により制御して、このコンデンサへの電荷を制御することで液晶を駆動し、透過光量を制御して画像を表示する仕組みになっている。

【0010】

ところが、このコンデンサはオフ電流等に起因するリーク電流により次第にその蓄積容量が減少するため、透過光量に変化して画像表示のコントラストを低下させる原因となっていた。そこで、従来では容量配線を設けて、液晶を誘電体とするコンデンサとは別のコンデンサ（保持容量という）を並列に設け、液晶を誘電体とするコンデンサが損失する容量を補っていた。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、画素部の画素T F Tと、シフトレジスタ回路やバッファ回路などのロジック回路（駆動回路ともいう）のT F T（以下、駆動T F Tという）とでは、その要求される特性は必ずしも同じではない。例えば、画素T F Tにおいては、ゲート配線に大きな逆バイアス（nチャンネル型T F Tであればマイナス）電圧が印加されるが、駆動回路のT F Tは基本的に逆バイアス電圧が印加されて動作されることはない。また、前者の動作速度は後者の1 / 100以下で良い。

【0012】

また、G O L D構造は確かにオン電流値の劣化を防ぐ効果は高いが、反面、通常のL D D構造に比べてオフ電流値が大きくなってしまいう問題があった。従って、特に画素T F Tにとっては好ましい構造とは言えなかった。逆に通常のL D D構造はオフ電流値を抑える効果は高いが、ホットキャリア注入には弱いことが知られていた。

【0013】

このように、アクティブマトリクス型液晶表示装置のような複数の集積回路を有する半

10

20

30

40

50

導体装置において、全てのTFTを同じ構造で形成することは必ずしも好ましくなかった。

【0014】

さらに、従来例に示したように画素部に容量配線を用いた保持容量を形成して十分な容量を確保しようとする、開口率（一画素の面積に対して画像表示が可能な面積の割合）を犠牲にしなければならなかった。特に、プロジェクター型表示装置に用いられるような小型の高精細パネルでは、一個当たりの画素面積も小さいため、容量配線による開口率の低下は問題となっていた。

【0015】

本発明はこのような課題を解決するための技術であり、半導体装置の各回路に配置されるTFTの構造を、回路の機能に応じて適切なものとするにより半導体装置の動作性能および信頼性を向上させることを目的とする。

【0016】

また、他の目的として画素部を有する半導体装置において、画素に設けられる保持容量の面積を縮小化し、開口率を向上させるための構造を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記問題点を解決するために本発明の構成は、同一基板上に画素部と駆動回路とを含む半導体装置において、前記駆動回路を形成するnチャネル型TFTのLDD領域は、一部または全部が該nチャネル型TFTのゲート配線にゲート絶縁膜を挟んで重なるように形成され、前記画素部を形成する画素TFTのLDD領域は、該画素TFTのゲート配線にゲート絶縁膜を挟んで重ならないように形成されることを特徴とする。

【0018】

また、上記構成に加えて、前記画素部の保持容量を樹脂膜の上に設けられた遮光膜、該遮光膜の酸化物および画素電極で形成しても良い。こうすることで非常に小さい面積で保持容量を形成することができるため、画素の開口率を向上させることができる。

【0019】

また、本発明のさらに詳細な構成は、同一基板上に画素部と駆動回路とを含む半導体装置において、前記駆動回路には、LDD領域の全部がゲート絶縁膜を挟んでゲート配線に重なるように形成された第1のnチャネル型TFTと、LDD領域の一部がゲート絶縁膜を挟んでゲート配線に重なるように形成された第2のnチャネル型TFTとが含まれ、前記画素部には、LDD領域がゲート絶縁膜を挟んでゲート配線に重ならないように形成された画素TFTが含まれることを特徴とする。勿論、画素部の保持容量を有機樹脂膜の上に設けられた遮光膜、該遮光膜の酸化物および画素電極で形成しても良い。

【0020】

なお、上記構成において、前記駆動回路を形成するnチャネル型TFTのLDD領域には、前記画素TFTのLDD領域に比べて2～10倍の濃度で周期表の15族に属する元素を含ませておけば良い。また、前記第1のnチャネル型TFTのLDD領域をチャンネル形成領域とドレイン領域との間に形成し、前記第2のnチャネル型TFTのLDD領域をチャンネル形成領域を挟んで形成しても良い。

【0021】

また、作製工程に関する本発明の構成は、同一基板上に画素部と駆動回路とを含む半導体装置の作製方法において、前記駆動回路を形成する第1のnチャネル型TFTの活性層に、チャンネル形成領域、ソース領域、ドレイン領域並びに前記ドレイン領域と前記チャンネル形成領域との間のLDD領域を形成する工程と、前記駆動回路を形成する第2のnチャネル型TFTの活性層に、チャンネル形成領域、ソース領域、ドレイン領域並びに前記ソース領域と前記チャンネル形成領域との間のLDD領域及び前記ドレイン領域と前記チャンネル形成領域との間のLDD領域形成する工程と、前記駆動回路を形成するpチャネル型TFTの活性層に、チャンネル形成領域、ソース領域およびドレイン領域を形成する工程と、前記画素部を形成する画素TFTの活性層に、チャンネル形成領域、ソース領域、ドレイン領

域並びに前記ドレイン領域と前記チャネル形成領域との間のLDD領域を形成する工程と、を有し、前記第1のnチャネル型TFTのLDD領域は、全部が該第1のnチャネル型TFTのゲート配線にゲート絶縁膜を挟んで重なって形成され、前記第2のnチャネル型TFTのLDD領域は、一部が該第1のnチャネル型TFTのゲート配線にゲート絶縁膜を挟んで重なって形成され、前記画素TFTのLDD領域は、該画素TFTのゲート配線にゲート絶縁膜を挟んで重ならないように配置されることを特徴とする。

【0022】

また、作製工程に関する他の発明の構成は、同一基板上に画素部と駆動回路とを含む半導体装置の作製方法において、基板上に活性層を形成する第1工程と、前記活性層に接してゲート絶縁膜を形成する第2工程と、前記駆動回路を形成するnチャネル型TFTの活性層に周期表の15族に属する元素を添加して n^- 領域を形成する第3工程と、前記ゲート絶縁膜上に導電膜を形成する第4工程と、前記導電膜をパターニングしてpチャネル型TFTのゲート配線を形成する第5工程と、前記pチャネル型TFTの活性層に、該pチャネル型TFTのゲート配線をマスクとして自己整合的に周期表の13族に属する元素を添加し、 p^{++} 領域を形成する第6工程と、前記第5工程でパターニングされなかった導電膜をパターニングしてnチャネル型TFTのゲート配線を形成する第7工程と、前記nチャネル型TFTの活性層に、周期表の15族に属する元素を添加し、 n^+ 領域を形成する第8工程と、前記nチャネル型TFT及び前記pチャネル型TFTのゲート配線をマスクとして自己整合的に周期表の15族に属する元素を添加し、 n^{--} 領域を形成する第9工程と、を有することを特徴とする。

【0023】

また、本発明のさらに詳細な構成は、同一基板上に画素部と駆動回路とを含む半導体装置の作製方法において、基板上に活性層を形成する第1工程と、前記活性層に接してゲート絶縁膜を形成する第2工程と、前記駆動回路を形成するnチャネル型TFTの活性層に周期表の15族に属する元素を添加して n^- 領域を形成する第3工程と、前記ゲート絶縁膜上に導電膜を形成する第4工程と、前記導電膜をパターニングしてpチャネル型TFTのゲート配線を形成する第5工程と、前記pチャネル型TFTの活性層に、該pチャネル型TFTのゲート配線をマスクとして自己整合的に周期表の13族に属する元素を添加し、 p^{++} 領域を形成する第6工程と、前記第5工程でパターニングされなかった導電膜をパターニングしてnチャネル型TFTのゲート配線を形成する第7工程と、前記nチャネル型TFTの活性層に、周期表の15族に属する元素を添加し、 n^+ 領域を形成する第8工程と、前記nチャネル型TFT及び前記pチャネル型TFTのゲート配線をマスクとして自己整合的に周期表の15族に属する元素を添加し、 n^{--} 領域を形成する第9工程と、を有することを特徴とする。

【0024】

なお、この構成において、 p^{++} 領域、 n^+ 領域または n^{--} 領域を形成する工程の順序は適宜変更しても構わない。どのような順序としても、最終的に形成されるTFTの基本的な機能は変化せず、本発明の効果を損なうものではない。

【発明の効果】

【0025】

本願発明を用いることで同一基板上に、回路が要求する仕様に応じて適切な性能の回路を配置することが可能となり、半導体装置（ここでは具体的に電気光学装置）の動作性能や信頼性を大幅に向上させることができた。

【0026】

また、AM-LCDに代表される電気光学装置の画素部において、小さい面積で大きなキャパシティを有する保持容量を形成することができる。そのため、対角1インチ以下のAM-LCDにおいても開口率を低下させることなく、十分な保持容量を確保することが可能となった。

【0027】

また、そのような電気光学装置を表示媒体として有する半導体装置（ここでは具体的に

電気器具)の動作性能と信頼性も向上させることができた。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図2】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図3】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図4】保持容量の構成を示す図。

【図5】保持容量の作製工程を示す図。

【図6】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図7】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図8】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図9】アクティブマトリクス型液晶表示装置の断面構造図。

【図10】アクティブマトリクス型液晶表示装置の斜視図。

【図11】画素部の上面図。

【図12】保持容量の構成を示す断面図。

【図13】アクティブマトリクス型液晶表示装置の回路ブロック図。

【図14】結晶質半導体膜の作製工程を示す断面図。

【図15】結晶質半導体膜の作製工程を示す断面図。

【図16】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図17】画素部の上面図および断面図。

【図18】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図19】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図20】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図21】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図22】画素部と駆動回路の作製工程を示す図。

【図23】画素部と駆動回路の構成を示す図。

【図24】アクティブマトリクス型EL表示装置の構成を示す図。

【図25】EL表示装置の上面構造及び断面構造を示す図。

【図26】EL表示装置の断面構造を示す図。

【図27】EL表示装置の画素部の上面構造を示す図。

【図28】EL表示装置の断面構造を示す図。

【図29】EL表示装置の画素部の回路構成を示す図。

【図30】電気器具の一例を示す図。

【図31】電気器具の一例を示す図。

【図32】光学エンジンの構成を示す図。

【図33】nチャネル型TFTのID-VG曲線を示す図。

【図34】電界効果移動度の劣化率とLov領域の長さの関係を示す図。

【図35】消費電流と最低動作電圧の経時変化を示す図。

【図36】nチャネル型TFTのID-VG曲線を示す図。

【図37】電界効果移動度の劣化率とLov領域の長さの関係を示す図。

【図38】消費電流と最低動作電圧の経時変化を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0029】

本発明の実施の形態について、以下に示す実施例でもって詳細な説明を行うこととする。

【実施例1】

【0030】

本発明の実施形態を、図1～図3を用いて説明する。ここでは、画素部とその周辺に設けられる駆動回路のTFTを同時に作製する方法について説明する。

【0031】

10

20

30

40

50

〔活性層、ゲート絶縁膜形成の工程：図1（A）〕 図1（A）において、基板101には、ガラス基板、石英基板もしくはプラスチック基板（フィルムも含む）を使用することが望ましい。その他にもシリコン基板や金属基板の表面に絶縁膜を形成したものを基板としても良い。

【0032】

そして、基板101のTFTが形成される表面には、珪素（シリコン）を含む絶縁膜（本明細書中では酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、または窒化酸化シリコン膜の総称を指す）からなる下地膜102をプラズマCVD法やスパッタ法で100～400nmの厚さに形成した。なお、本明細書中において窒化酸化シリコン膜とは SiO_xN_y （但し、 $0 < x, y < 1$ ）で表される絶縁膜であり、珪素、酸素、窒素を所定の割合で含む絶縁膜を指す。

10

【0033】

本実施例では、下地膜102として、窒化シリコン膜102を25～100nm、ここでは50nmの厚さに、酸化シリコン膜103を50～300nm、ここでは150nmの厚さとした2層構造で形成した。下地膜102は基板からの不純物汚染を防ぐために設けられるものであり、石英基板を用いた場合には必ずしも設けなくても良い。

【0034】

次に下地膜102の上に20～100nmの厚さの、非晶質シリコン膜を公知の成膜法で形成した。非晶質シリコン膜は含有水素量にもよるが、好ましくは400～550℃で数時間加熱して脱水素処理を行い、含有水素量を5atom%以下として、結晶化の工程を行うことが望ましい。また、非晶質シリコン膜をスパッタ法や蒸着法などの他の作製方法で形成しても良いが、膜中に含まれる酸素、窒素などの不純物元素を十分低減させておくことが望ましい。ここでは、下地膜と非晶質シリコン膜とは、同じ成膜法で形成することが可能であるので両者を連続形成しても良い。下地膜を形成後、一旦大気雰囲気中にさらされないようにすることで表面の汚染を防ぐことが可能となり、作製されるTFTの特性バラツキを低減させることができる。

20

【0035】

非晶質シリコン膜から結晶質シリコン膜を形成する工程は、公知のレーザー結晶化技術または熱結晶化の技術を用いれば良い。また、シリコンの結晶化を助長する触媒元素を用いて熱結晶化の方法で結晶質シリコン膜を作製しても良い。その他に、微結晶シリコン膜を用いても良いし、結晶質シリコン膜を直接堆積成膜しても良い。さらに、単結晶シリコンを基板上に貼りあわせるSOI（Silicon On Insulators）の公知技術を使用して結晶質シリコン膜を形成しても良い。

30

【0036】

こうして形成された結晶質シリコン膜の不要な部分をエッチング除去して、島状の半導体膜（以下、活性層という）104～106を形成した。結晶質シリコン膜のnチャネル型TFTが作製される領域には、しきい値電圧を制御するため、あらかじめ $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度の濃度でボロン（B）を添加しておいても良い。

【0037】

次に、活性層104～106を覆って、酸化シリコンまたは窒化シリコンを主成分とするゲート絶縁膜107を形成した。ゲート絶縁膜107は、10～200nm、好ましくは50～150nmの厚さに形成すれば良い。例えば、プラズマCVD法で N_2O と SiH_4 を原料とした窒化酸化シリコン膜を75nm形成し、その後、酸素雰囲気中または酸素と塩酸の混合雰囲気中、800～1000℃で熱酸化して115nmのゲート絶縁膜としても良い。（図1（A））

40

【0038】

〔n領域の形成：図1（B）〕 活性層104、106及び配線を形成する領域の全面と、活性層105の一部（チャネル形成領域となる領域を含む）にレジストマスク108～111を形成し、n型を付与する不純物元素を添加して低濃度不純物領域112を形成した。

50

この低濃度不純物領域 112 は、後に C M O S 回路の n チャネル型 T F T に、ゲート絶縁膜を介してゲート配線と重なる L D D 領域（本明細書中ではこの L D D 領域を L o v 領域と呼ぶ。なお、ovとはoverlapの意味である。）を形成するための不純物領域である。なお、ここで形成された低濃度不純物領域に含まれる n 型を付与する不純物元素の濃度を（ n^- ）で表すこととする。従って、本明細書中では低濃度不純物領域 112 を n^- 領域と言い換えることができる。

【0039】

ここではフォスフィン（ PH_3 ）を質量分離しないでプラズマ励起したイオンドープ法でリンを添加した。勿論、質量分離を行うイオンインプランテーション法を用いても良い。この工程では、ゲート絶縁膜 107 を通してその下の半導体層にリンを添加した。添加するリン濃度は、 $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の範囲にするのが好ましく、ここでは $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ とした。

10

【0040】

その後、レジストマスク 108 ~ 111 を除去し、窒素雰囲気中で $400 \sim 900^\circ\text{C}$ 、好ましくは $550 \sim 800^\circ\text{C}$ で 1 ~ 12 時間の熱処理を行ない、この工程で添加されたりんを活性化する工程を行なった。また、この活性化をレーザーにより行っても良い。なお、この工程は省略することも可能であるが、行った方がより高い活性化率を期待できる。

【0041】

〔ゲート配線の形成：図 1（C）〕 第 1 の導電膜 113 を、タンタル（Ta）、チタン（Ti）、モリブデン（Mo）、タングステン（W）から選ばれた元素またはいずれかの元素を主成分とする導電性材料で、 $10 \sim 100 \text{ nm}$ の厚さに形成した。第 1 の導電膜 113 としては、例えば窒化タンタル（TaN）や窒化タングステン（WN）を用いることが望ましい。

20

【0042】

さらに、第 1 の導電膜 113 上に第 2 の導電膜 114 を Ta、Ti、Mo、W から選ばれた元素またはいずれかの元素を主成分とする導電性材料で、 $100 \sim 400 \text{ nm}$ の厚さに形成した。例えば、Ta を 200 nm の厚さに形成すれば良い。また、図示しないが、第 1 の導電膜 113 の下、もしくは第 2 の導電膜 114 の上に導電膜 113、114（特に導電膜 114）の酸化防止のためにシリコン膜を $2 \sim 20 \text{ nm}$ 程度の厚さで形成しておくことは有効である。

30

【0043】

〔p-ch ゲート配線の形成と p^{++} 領域の形成：図 2（A）〕 レジストマスク 115 ~ 118 を形成し、第 1 の導電膜と第 2 の導電膜（以下、積層膜として取り扱う）をエッチングして、p チャネル型 T F T のゲート配線（ゲート電極ともいう）119、ゲート配線 120、121 を形成した。なお、ここでは n チャネル型 T F T となる領域の上には全面を覆うように導電膜 122、123 を残した。

【0044】

そして、レジストマスク 115 ~ 118 をそのまま残してマスクとし、p チャネル型 T F T が形成される半導体層 104 の一部に、p 型を付与する不純物元素を添加する工程を行った。ここではボロンをその不純物元素として、ジボラン（ B_2H_6 ）を用いてイオンドープ法（勿論、イオンインプランテーション法でも良い）で添加した。ここでは $5 \times 10^{20} \sim 3 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度にボロンを添加した。なお、ここで形成された不純物領域に含まれる p 型を付与する不純物元素の濃度を（ p^{++} ）で表すこととする。従って、本明細書中では不純物領域 124、125 を p^{++} 領域と言い換えることができる。

40

【0045】

なお、この工程において、レジストマスク 115 ~ 118 を使用してゲート絶縁膜 107 をエッチング除去して、活性層 104 の一部を露出させた後、p 型を付与する不純物元素を添加する工程を行っても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

【0046】

50

〔n-c hゲート配線の形成：図2（B）〕 次に、レジストマスク115～118は除去した後、レジストマスク126～129を形成し、nチャネル型TF Tのゲート配線130、131を形成した。

このときゲート配線130はn⁻領域112とゲート絶縁膜107を介して重なるように形成した。

【0047】

〔n⁺領域の形成：図2（C）〕 次に、レジストマスク126～129を除去し、レジストマスク132～134を形成した。そして、nチャネル型TF Tにおいて、ソース領域またはドレイン領域として機能する不純物領域を形成する工程を行なった。レジストマスク134はnチャネル型TF Tのゲート配線131を覆う形で形成した。これは、後の工程において画素部のnチャネル型TF Tに、ゲート配線と重ならないようにLDD領域を形成するためである。

【0048】

そして、n型を付与する不純物元素を添加して不純物領域135～139を形成した。ここでも、フォスフィン（PH₃）を用いたイオンドープ法（勿論、イオンインプランテーション法でも良い）で行い、この領域のリンの濃度は $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ とした。なお、ここで形成された不純物領域137～139に含まれるn型を付与する不純物元素の濃度を（n⁺）で表すこととする。従って、本明細書中では不純物領域137～139をn⁺領域と言い換えることができる。また、不純物領域135は既にn⁻領域が形成されていたので、厳密には不純物領域136～139よりも若干高い濃度でリンを含む。

【0049】

なお、この工程において、レジストマスク132～134およびゲート配線130をマスクとしてゲート絶縁膜107をエッチングし、活性層105、106の一部を露出させた後、n型を付与する不純物元素を添加する工程を行っても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

【0050】

〔n⁻領域の形成：図3（A）〕 次に、レジストマスク132～134を除去し、画素部のnチャネル型TF Tとなる活性層106にn型を付与する不純物元素を添加する工程を行った。こうして形成された不純物領域140～143には前記n⁻領域の $1/2 \sim 1/10$ の濃度（具体的には $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ ）でリンが添加されるようにした。なお、ここで形成された不純物領域140～143に含まれるn型を付与する不純物元素の濃度を（n⁻）で表すこととする。従って、本明細書中では不純物領域140～143をn⁻領域と言い換えることができる。また、この工程ではゲート配線で隠された不純物領域167を除いて全ての不純物領域にn⁻の濃度でリンが添加されているが、非常に低濃度であるため無視して差し支えない。

【0051】

〔熱活性化の工程：図3（B）〕 次に、後に第1の層間絶縁膜の一部となる保護絶縁膜144を形成した。保護絶縁膜144は窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜またはそれらを組み合わせた積層膜で形成すれば良い。また、膜厚は100～400nmとすれば良い。

【0052】

その後、それぞれの濃度で添加されたn型またはp型を付与する不純物元素を活性化するために熱処理工程を行った。この工程はファーネスアニール法、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法（RTA法）で行うことができる。ここではファーネスアニール法で活性化工程を行った。加熱処理は、窒素雰囲気中において300～650℃、好ましくは400～550℃、ここでは450℃、2時間の熱処理を行った。

【0053】

さらに、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～450℃で1～12時間の熱処理を行い、活性層を水素化する工程を行った。この工程は加熱励起された水素により半

10

20

30

40

50

導体層のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）を行っても良い。

【0054】

〔層間絶縁膜、ソース／ドレイン配線、遮光膜、画素電極、保持容量の形成：図3（C）〕 活性化工程を終えたら、保護絶縁膜144の上に0.5～1.5 μm厚の層間絶縁膜145を形成した。前記保護絶縁膜144と層間絶縁膜145とでなる積層膜を第1の層間絶縁膜とした。

【0055】

その後、それぞれのTF Tのソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールが形成され、ソース配線146～148と、ドレイン配線149、150を形成した。図示していないが、本実施例ではこれらの配線を、Ti膜を100 nm、Tiを含むアルミニウム膜300 nm、Ti膜150 nmをスパッタ法で連続して形成した3層構造の積層膜とした。なお、ソース配線及びドレイン配線として銅膜と窒化チタン膜との積層膜を用いても良い。

【0056】

次に、パッシベーション膜151として、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、または窒化酸化シリコン膜で50～500 nm（代表的には200～300 nm）の厚さで形成した。その後、この状態で水素化処理を行うとTF Tの特性向上に対して好ましい結果が得られた。例えば、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～450℃で1～12時間の熱処理を行うと良く、あるいはプラズマ水素化法を用いても同様の効果が得られた。なお、ここで後に画素電極とドレイン配線を接続するためのコンタクトホールを形成する位置において、パッシベーション膜151に開口部を形成しておいても良い。

【0057】

その後、有機樹脂からなる第2の層間絶縁膜152を約1 μmの厚さに形成した。有機樹脂としては、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、BCB（ベンゾシクロブテン）等を使用することができる。有機樹脂膜を用いることの利点は、成膜方法が簡単である点や、比誘電率が低いので、寄生容量を低減できる点、平坦性に優れる点などが上げられる。なお上述した以外の有機樹脂膜や有機系SiO化合物などを用いることもできる。ここでは、基板に塗布後、熱重合するタイプのポリイミドを用い、300℃で焼成して形成した。

【0058】

次に、画素部となる領域において、第2の層間絶縁膜152上に遮光膜153を形成した。遮光膜153はアルミニウム（Al）、チタン（Ti）、タンタル（Ta）から選ばれた元素またはいずれかを主成分とする膜で100～300 nmの厚さに形成した。そして、遮光膜153の表面に陽極酸化法またはプラズマ酸化法により30～150 nm（好ましくは50～75 nm）の厚さの酸化物（酸化膜）154を形成した。ここでは遮光膜153としてアルミニウム膜またはアルミニウムを主成分とする膜を用い、酸化物154として酸化アルミニウム膜（アルミナ膜）を用いた。

【0059】

なお、ここでは遮光膜表面のみに絶縁膜を設ける構成としたが、絶縁膜をプラズマCVD法、熱CVD法またはスパッタ法などの気相法によって形成しても良い。その場合も膜厚は30～150 nm（好ましくは50～75 nm）とすることが好ましい。また、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、DLC（Diamond like carbon）膜または有機樹脂膜を用いても良い。さらに、これらを組み合わせた積層膜を用いても良い。

【0060】

次に、第2の層間絶縁膜152にドレイン配線150に達するコンタクトホールを形成し、画素電極155を形成した。なお、画素電極156、157はそれぞれ隣接する別の画素の画素電極である。画素電極155～157は、透過型液晶表示装置とする場合には透明導電膜を用い、反射型の液晶表示装置とする場合には金属膜を用いれば良い。ここで

10

20

30

40

50

は透過型の液晶表示装置とするために、酸化インジウムと酸化スズとの化合物（ITOと呼ばれる）膜を100nmの厚さにスパッタ法で形成した。

【0061】

また、この時、画素電極155と遮光膜153とが酸化物154を介して重なった領域158が保持容量を形成した。

【0062】

こうして同一基板上に、駆動回路を形成するCMOS回路と画素部とを有したアクティブマトリクス基板が完成した。なお、駆動回路を形成するCMOS回路にはnチャネル型TFT181、pチャネル型TFT182が形成され、画素部にはnチャネル型TFTとなる画素TFT183が形成された。

10

【0063】

CMOS回路のpチャネル型TFT181には、チャネル形成領域161並びに p^{++} 領域で形成されたソース領域162及びドレイン領域163が形成された。また、nチャネル型TFT182には、チャネル形成領域164、ソース領域165、ドレイン領域166、ゲート絶縁膜を介してゲート配線と全部重なったLDD領域（Lov領域）167が形成された。この時、ソース領域165、ドレイン領域166はそれぞれ n^{+} 領域（厳密には $(n^{-}+n^{+})$ 領域）で形成され、Lov領域167は n^{-} 領域で形成された。

【0064】

また、図3（C）ではできるだけ抵抗成分を減らすためにチャネル形成領域164の片側のみ（ドレイン領域側のみ）にLov領域を配置しているが、チャネル形成領域164を挟んで両側に配置しても良い。

20

【0065】

また、画素TFT183には、チャネル形成領域168、169、ソース領域170、ドレイン領域171、ゲート絶縁膜を介してゲート配線と重ならないLDD領域（以下、このLDD領域をLoff領域という。なお、offとはoffsetの意である。）172～175、Loff領域173、174に接した n^{+} 領域（オフ電流値の低減に効果がある）176が形成された。この時、ソース領域170、ドレイン領域171はそれぞれ n^{+} 領域で形成され、Loff領域172～175は n^{-} 領域で形成される。

【0066】

本発明は、画素部および駆動回路が要求する回路仕様に依じて各回路を形成するTFTの構造を最適化し、半導体装置の動作性能および信頼性を向上させることができた。具体的には、nチャネル型TFTは回路仕様に依じてLDD領域の配置を異ならせ、Lov領域またはLoff領域を使い分けることによって、同一基板上に高速動作またはホットキャリア対策を重視したTFT構造と低オフ電流動作を重視したTFT構造とを実現した。

30

【0067】

例えば、アクティブマトリクス型液晶表示装置の場合、nチャネル型TFT182は高速動作を重視するシフトレジスタ回路、分周波回路、信号分割回路、レベルシフタ回路、バッファ回路などのロジック回路に適している。また、nチャネル型TFT183は低オフ電流動作を重視した画素部、サンプリング回路（トランスファークロークともいう）に適している。

40

【0068】

また、チャネル長3～7 μm に対してLov領域の長さ（幅）は0.5～3.0 μm 、代表的には1.0～1.5 μm とすれば良い。また、画素TFT183に設けられるLoff領域172～175の長さ（幅）は0.5～3.5 μm 、代表的には2.0～2.5 μm とすれば良い。

【実施例2】

【0069】

本実施例では、アクティブマトリクス基板の画素部のnチャネル型TFT401に接続される保持容量の他の構成について図4を用いて説明する。なお、図4の断面構造は実施例1で説明した作製工程に従って、酸化物154を形成するところまで全く同一であるの

50

で、そこまでの構造は図 1～3 で既に説明されている。従って、本実施例では実施例 1 と異なる点のみに注目して説明を行うこととする。

【0070】

実施例 1 の工程に従って遮光膜 153、遮光膜 153 を酸化して得られた酸化物 154 を形成したら、有機樹脂膜でなるスペーサー 402～404 を形成する。有機樹脂膜としては、ポリイミド、ポリアミド、ポリイミドアミド、アクリル、BCB（ベンゾシクロブテン）から選ばれた膜を用いることができる。その後、スペーサー 402、第 2 の層間絶縁膜 152、パッシベーション膜 151 をエッチングしてコンタクトホールを形成し、実施例 1 と同一の材料で画素電極 405 を形成する。なお、画素電極 406、407 は隣接する別の画素の画素電極である。

10

【0071】

こうして、遮光膜 153 と画素電極 405 が酸化物 154 を介して重なった領域において保持容量 408 が形成される。このようにスペーサー 402～404 を設けることにより、遮光膜 153 と画素電極 405～407 との間で発生するショート（短絡）を防止することができる。

【0072】

なお、本実施例の構成は実施例 1 の構成と組み合わせることが可能である。

【実施例 3】

【0073】

本実施例では、アクティブマトリクス基板の画素部の n チャネル型 TFT に接続される保持容量の他の構成について図 5 を用いて説明する。なお、図 5 の断面構造は実施例 1 で説明した作製工程に従って、遮光膜 153 を形成するところまで全く同一であるので、そこまでの構造は図 1～3 で既に説明されている。従って、本実施例では実施例 1 と異なる点のみに注目して説明を行うこととする。

20

【0074】

まず実施例 1 の工程に従って遮光膜 153 を形成したら、遮光膜 153 の端部を覆うようにして有機樹脂膜でなるスペーサー 501～503 を形成する。有機樹脂膜としては、ポリイミド、ポリアミド、ポリイミドアミド、アクリル、BCB（ベンゾシクロブテン）から選ばれた膜を用いることができる。（図 5（A）

）

30

【0075】

次に、陽極酸化法またはプラズマ酸化法により遮光膜 153 の露出した表面に酸化物 504 を形成する。なお、スペーサー 501～503 と接した部分には酸化物 504 は形成されない。（図 5（B））

【0076】

次に、スペーサー 501、第 2 の層間絶縁膜 152、パッシベーション膜 151 をエッチングしてコンタクトホールを形成し、実施例 1 と同一の材料で画素電極 505 を形成する。なお、画素電極 506、507 は隣接する別の画素の画素電極である。

【0077】

こうして、遮光膜 153 と画素電極 505 が酸化物 504 を介して重なった領域において保持容量 508 が形成される。このようにスペーサー 501～503 を設けることにより、遮光膜 153 と画素電極 505～507 との間で発生するショート（短絡）を防止することができる。

40

【0078】

なお、本実施例の構成は実施例 1 の構成と組み合わせることが可能である。

【実施例 4】

【0079】

本実施例では本発明の構成について図 6～図 8 を用い、画素部とその周辺に設けられる駆動回路の基本形態である CMOS 回路を同時に形成したアクティブマトリクス基板の作製方法について説明する。

50

【0080】

最初に、基板601上に下地膜として窒化酸化シリコン膜602aを50～500nm、代表的には100nmの厚さに形成した。窒化酸化シリコン膜602aは、 SiH_4 と N_2O と NH_3 を原料ガスとして作製されるものであり、含有する窒素濃度を25atomic%以上50atomic%未満となるようにした。その後、窒素雰囲気中で450～650℃の熱処理を施し、窒化酸化シリコン膜602aを緻密化した。

【0081】

さらに窒化酸化シリコン膜602bを100～500nm、代表的には200nmの厚さに形成し、連続して非晶質半導体膜（図示せず）を20～80nmの厚さに形成した。本実施例では非晶質半導体膜としては非晶質シリコン膜を用いたが、微結晶シリコン膜や非晶質シリコンゲルマニウム膜を用いても良い。

10

【0082】

そして特開平7-130652号公報（米国特許番号5,643,826号及び5,923,962号に対応）に記載された結晶化手段により非晶質シリコン膜を結晶化し、結晶質シリコン膜（図示せず）を形成した。同公報記載の技術は、非晶質シリコン膜の結晶化に際して、結晶化を助長する触媒元素（ニッケル、コバルト、ゲルマニウム、錫、鉛、パラジウム、鉄、銅から選ばれた一種または複数種の元素、代表的にはニッケル）を用いる結晶化手段である。具体的には、非晶質シリコン膜表面に触媒元素を保持させた状態で加熱処理を行い、非晶質シリコン膜を結晶質シリコン膜に変化させるものである。

20

【0083】

こうして結晶質シリコン膜を形成したら、エキシマレーザー光を照射することにより残存した非晶質成分の結晶化を行い、全体の結晶性を向上させる。なお、エキシマレーザー光はパルス発振型でも連続発振型でも良いが、ビーム形を線状に加工して照射することで大型基板にも対応できる。

【0084】

次に、結晶質シリコン膜をパターニングして、活性層603～606を形成し、さらにそれらを覆ってゲート絶縁膜607を形成した。ゲート絶縁膜607は、 SiH_4 と N_2O とから作製される窒化酸化シリコン膜であり、ここでは10～200nm、好ましくは50～150nmの厚さで形成した。（図6（A））

【0085】

次に、活性層603、606の全面と、活性層604、605の一部（チャネル形成領域を含む）を覆うレジストマスク608～611を形成した。そして、フォスフィン（ PH_3 ）を用いたイオンドープ法でn型を付与する不純物元素（本実施例ではリン）を添加して後にLov領域またはLoff領域となる n^- 領域612～614を形成した。この工程では、ゲート絶縁膜607を通してその下の活性層にリンを添加するために、加速電圧は65keVに設定した。活性層に添加されるリンの濃度は、 $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の範囲にするのが好ましく、ここでは $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ とした。（図6（B））

30

【0086】

次に、第1の導電膜615を、スパッタ法により窒化タンタル（ TaN ）で形成した。続いて、アルミニウム（Al）を主成分とする第2の導電膜616を、100～300nmの厚さに形成した。（図6（C））

40

【0087】

そして、第2の導電膜をエッチングして配線617を形成した。本実施例の場合、第2の導電膜がAlであるので、リン酸溶液により下地である TaN 膜との選択比が良好であった。さらに、第1の導電層615と配線617の上に第3の導電膜618をタンタル（Ta）で100～400nm（本実施例では200nm）の厚さに形成した。なお、このタンタル膜の上にさらに窒化タンタル膜を形成しても構わない。（図6（D））

【0088】

次に、レジストマスク619～624を形成し、第1の導電膜と第3の導電膜の一部をエッチング除去して、低抵抗な接続配線625、pチャネル型TFETのゲート配線626

50

、画素部のゲート配線 627 を形成した。なお、導電膜 628～630 は n チャンネル型 TFT となる領域上に残しておく。また、この接続配線 625 は、配線抵抗を極力小さくした部分（例えば、外部信号の入出力端子から駆動回路の入出力端子までの配線部分）に形成する。但し、構造上、配線幅がある程度太くなってしまうので、微細な配線を必要とする部分には不向きである。

【0089】

上記第 1 の導電膜（TaN 膜）と第 2 の導電膜（Ta 膜）のエッチングは CF_4 と O_2 の混合ガスにより行うことができた。そして、レジストマスク 619～624 をそのまま残して、p チャンネル型 TFT が形成される活性層 603 の一部に、p 型を付与する不純物元素を添加する工程を行った。ここではボロンをその不純物元素として、ジボラン（ B_2H_6 ）を用いてイオンドープ法（勿論、イオンインプランテーション法でも良い）で添加した。ボロンの添加濃度は $5 \times 10^{20} \sim 3 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ （本実施例では $2 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ ）とした。そして、ボロンが高濃度に添加された p^{++} 領域 631、632 を形成した。（図 7（A））

10

【0090】

なお、この工程において、レジストマスク 619～624 をマスクとしてゲート絶縁膜 107 をエッチングし、活性層 603 の一部を露出させた後、ボロンを添加する工程を行っても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

20

【0091】

次に、レジストマスク 619～624 を除去した後、新たにレジストマスク 633～638 を形成した。これは n チャンネル型 TFT のゲート配線を形成するためのものであり、ドライエッチング法により n チャンネル型 TFT のゲート配線 639～641 が形成された。このときゲート配線 639、640 は n^- 領域 612～614 の一部と重なるように形成した。（図 7（B））

【0092】

次に、レジストマスク 633～638 を除去した後、新たにレジストマスク 642～647 を形成した。レジストマスク 644、646 は n チャンネル型 TFT のゲート配線 640、641 と n^- 領域の一部を覆う形で形成した。

30

【0093】

そして、n 型を付与する不純物元素（本実施例ではリン）を $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ （本実施例では $5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ ）の濃度で添加して活性層 604～606 に n^+ 領域 647～653 を形成した。（図 7（C））

【0094】

なお、この工程において、レジストマスク 642～647 を用いてゲート絶縁膜 107 をエッチング除去し、活性層 604～606 の一部を露出させた後、リンを添加する工程を行っても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

【0095】

次に、レジストマスク 642～646 を除去し、画素部の n チャンネル型 TFT となる活性層 606 に n 型を付与する不純物元素（本実施例ではリン）を添加する工程を行った。こうして前記 n^- 領域の $1/2 \sim 1/10$ の濃度（具体的には $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ ）でリンが添加された n^- 領域 654～657 を形成した。

40

【0096】

また、この工程ではゲート配線で隠された不純物領域 658～660 を除いて全ての不純物領域に n^- の濃度でリンが添加された。実際、その濃度は非常に低濃度であるため無視して差し支えない。但し、厳密には 659、660 で示される領域が n^- 領域であるのに対し、661、662 で示される領域は（ $n^- + n^-$ ）領域となり、前記 n^- 領域 659、660 よりも若干高い濃度でリンを含む。（図 8（A））

50

【0097】

次に、100～400nm厚の保護絶縁膜663をプラズマCVD法で SiH_4 、 N_2O 、 NH_3 を原料とした窒化酸化シリコン膜で形成した。この窒化酸化シリコン膜中の含有水素濃度は1～30atomic%となるように形成することが望ましかった。保護絶縁膜663としては、他にも酸化シリコン膜、窒化シリコン膜またはそれらを組み合わせた積層膜を用いることができる。

【0098】

その後、それぞれの濃度で添加されたn型またはp型を付与する不純物元素を活性化するために熱処理工程を行った。この工程はファーネスアニール法、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法（RTA法）で行うことができる。ここではファーネスアニール法で活性化工程を行った。加熱処理は、窒素雰囲気中において300～650℃、好ましくは400～550℃、ここでは450℃、2時間の熱処理を行った。

10

【0099】

さらに、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～450℃で1～12時間の熱処理を行い、活性層を水素化する工程を行った。この工程は熱的に励起された水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）

を行っても良い。（図8（B））

【0100】

活性化工程を終えたら、保護絶縁膜663の上に0.5～1.5μm厚の層間絶縁膜664を形成した。前記保護絶縁膜663と層間絶縁膜664とでなる積層膜を第1の層間絶縁膜とした。

20

【0101】

その後、それぞれのTFTのソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールが形成され、ソース配線665～668と、ドレイン配線669～672を形成した。なお、図示されていないがCMOS回路を形成するためにドレイン配線669と670は同一配線として接続されている。また、入出力端子間、回路間を結ぶ接続配線673、674も同時に形成した。なお、図示していないが本実施例ではこの配線を、Ti膜を100nm、Tiを含むアルミニウム膜300nm、Ti膜150nmをスパッタ法で連続して形成した3層構造の積層膜とした。

30

【0102】

次に、パッシベーション膜675として、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、または窒化酸化シリコン膜で50～500nm（代表的には200～300nm）の厚さで形成した。パッシベーション膜675はプラズマCVD法で SiH_4 、 N_2O 、 NH_3 から形成される窒化酸化シリコン膜、または SiH_4 、 N_2 、 NH_3 から作製される窒化シリコン膜で形成すれば良い。

【0103】

まず、膜の形成に先立って N_2O 、 N_2 、 NH_3 等を導入してプラズマ水素化処理により水素化の工程を行なった。プラズマ処理により励起された水素は第1の層間絶縁膜中に供給され、基板を200～400℃に加熱しておけば、その水素を下層側にも拡散させて活性層を水素化することができた。このパッシベーション膜の作製条件は特に限定されるものではないが、緻密な膜とすることが望ましい。

40

【0104】

また、パッシベーション膜を形成した後に、さらに水素化工程を行っても良い。例えば、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～450℃で1～12時間の熱処理を行うと良く、あるいはプラズマ水素化法を用いても同様の効果が得られた。なお、ここで後に画素電極とドレイン配線を接続するためのコンタクトホールを形成する位置において、パッシベーション膜151に開口部を形成しておいても良い。

【0105】

その後、有機樹脂からなる第2の層間絶縁膜676を約1μmの厚さに形成した。有機

50

樹脂としては、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、BCB（ベンゾシクロブテン）等を使用することができる。有機樹脂膜を用いることの利点は、成膜方法が簡単である点や、比誘電率が低いので、寄生容量を低減できる点、平坦性に優れる点などが上げられる。なお上述した以外の有機樹脂膜や有機系SiO化合物などを用いることもできる。ここでは、基板に塗布後、熱重合するタイプのポリイミドを用い、300℃で焼成して形成した。

【0106】

次に、画素部となる領域において、第2の層間絶縁膜676上に遮光膜677を形成した。遮光膜153はアルミニウム（Al）、チタン（Ti）、タンタル（Ta）から選ばれた元素またはいずれかを主成分とする膜で100～300nmの厚さに形成した。なお、第2の層間絶縁膜676上に酸化シリコン膜等の絶縁膜を5～50nm形成しておくこと、この上に形成する遮光膜の密着性を高めることができた。また、有機樹脂で形成した第2の層間絶縁膜676の表面にCF₄ガスを用いたプラズマ処理を施すと、表面改質により膜上に形成する遮光膜の密着性を向上させることができた。

【0107】

また、遮光膜だけでなく、他の接続配線を形成することも可能である。例えば、駆動回路内で回路間をつなぐ接続配線を形成できる。但し、その場合は遮光膜または接続配線を形成する材料を成膜する前に、予め第2の層間絶縁膜にコンタクトホールを形成しておく必要がある。

【0108】

次に、遮光膜677の表面に陽極酸化法またはプラズマ酸化法（本実施例では陽極酸化法）により30～150nm（好ましくは50～75nm）の厚さの陽極酸化物678を形成した。本実施例では遮光膜677としてアルミニウム膜またはアルミニウムを主成分とする膜を用いたため、陽極酸化物678として酸化アルミニウム膜（アルミナ膜）が形成された。

【0109】

陽極酸化処理に際して、まず十分にアルカリイオン濃度の小さい酒石酸エチレングリコール溶液を作製した。これは15%の酒石酸アンモニウム水溶液とエチレングリコールとを2：8で混合した溶液であり、これにアンモニア水を加え、pHが7±0.5となるように調節した。そして、この溶液中に陰極となる白金電極を設け、遮光膜677が形成されている基板を溶液に浸し、遮光膜677を陽極として、一定（数mA～数十mA）の直流電流を流した。溶液中の陰極と陽極との間の電圧は酸化物の成長に従い時間と共に変化するが、電流が一定となるように電圧を調整し、150Vとなったところで電圧を一定として、15分間保持した。このようにして遮光膜677の表面には厚さ50～75nmの陽極酸化物678を形成することができた。なお、ここで示した陽極酸化法に係わる数値は一例にすぎず、作製する素子の大きさ等によって当然最適値は変化しうるものである。

【0110】

また、ここでは遮光膜表面のみに絶縁膜を設ける構成としたが、絶縁膜をプラズマCVD法、熱CVD法またはスパッタ法などの気相法によって形成しても良い。その場合も膜厚は30～150nm（好ましくは50～75nm）とすることが好ましい。また、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、DLC（Diamond like carbon）膜または有機樹脂膜を用いても良い。さらに、これらを組み合わせた積層膜を用いても良い。

【0111】

次に、第2の層間絶縁膜676、パッシベーション膜675にドレイン配線672に達するコンタクトホールを形成し、画素電極679を形成した。なお、画素電極680、681はそれぞれ隣接する別の画素の画素電極である。画素電極679～681は、透過型液晶表示装置とする場合には透明導電膜を用い、反射型の液晶表示装置とする場合には金属膜を用いれば良い。ここでは透過型の液晶表示装置とするために、酸化インジウムと酸化スズとの化合物（ITO）膜を100nmの厚さにスパッタ法で形成した。

【0112】

また、この時、画素電極679と遮光膜677とが陽極酸化物678を介して重なった領域682が保持容量を形成した。

【0113】

こうして同一基板上に、駆動回路となるCMOS回路と画素部とを有したアクティブマトリクス基板が完成した。なお、駆動回路にはpチャネル型TFT801、nチャネル型TFT802、803が形成され、画素部にはnチャネル型TFTでなる画素TFT804が形成された。(図8(C))

【0114】

CMOS回路のpチャネル型TFT801には、チャネル形成領域701、並びに p^{++} 領域で形成されたソース領域702及びドレイン領域703が形成された。 10

【0115】

また、nチャネル型TFT802には、チャネル形成領域704、ソース領域705、ドレイン領域706、そしてチャネル形成領域の片側にLov領域707が形成された。この時、ソース領域705、ドレイン領域706はそれぞれ($n^- + n^+$)領域で形成され、Lov領域707は n^- 領域で形成された。また、Lov領域707はゲート配線と全部重なって形成された。

【0116】

また、nチャネル型TFT803には、チャネル形成領域708、ソース領域709、ドレイン領域710、そしてチャネル形成領域の両側にLov領域711a、712aおよびLoff領域711b、712bが形成された。この時、ソース領域709、ドレイン領域710はそれぞれ($n^- + n^+$)領域、Lov領域711a、712aは n^- 領域、Loff領域711b、712bは($n^{--} + n^-$)領域で形成された。なお、この構造ではLDD領域の一部がゲート配線と重なるように配置されたために、Lov領域とLoff領域が実現されている。 20

【0117】

また、画素TFT804には、チャネル形成領域713、714、ソース領域715、ドレイン領域716、Loff領域717~720、Loff領域718、719に接した n^+ 領域721が形成された。この時、ソース領域715、ドレイン領域716はそれぞれ n^+ 領域で形成され、Loff領域717~720は n^{--} 領域で形成された。 30

【0118】

本実施例では、画素部および駆動回路が要求する回路仕様に依じて各回路を形成するTFTの構造を最適化し、半導体装置の動作性能および信頼性を向上させることができた。具体的には、nチャネル型TFTは回路仕様に依じてLDD領域の配置を異ならせ、Lov領域またはLoff領域を使い分けることによって、同一基板上に高速動作またはホットキャリア対策を重視したTFT構造と低オフ電流動作を重視したTFT構造とを実現した。

【0119】

例えば、アクティブマトリクス型液晶表示装置の場合、nチャネル型TFT802は高速動作を重視するシフトレジスタ回路、分周波回路、信号分割回路、レベルシフタ回路、バッファ回路などのロジック回路に適している。即ち、チャネル形成領域の片側(ドレイン領域側)のみにLov領域を配置することで、できるだけ抵抗成分を低減させつつホットキャリア対策を重視した構造となっている。 40

これは上記回路群の場合、ソース領域とドレイン領域の機能が変わらず、キャリア(電子)の移動する方向が一定だからである。但し、必要に応じてチャネル形成領域の両側にLov領域を配置することもできる。

【0120】

また、nチャネル型TFT803はホットキャリア対策と低オフ電流動作の双方を重視するサンプリング回路(サンプルホールド回路)に適している。即ち、Lov領域を配置することでホットキャリア対策とし、さらにLoff領域を配置することで低オフ電流動作を実現した。また、サンプリング回路はソース領域とドレイン領域の機能が反転してキャリ 50

アの移動方向が 180° 変わるため、ゲート配線を中心に線対称となるような構造としなければならない。なお、場合によってはLov領域のみとすることもありうる。

【0121】

また、nチャンネル型TF T 804は低オフ電流動作を重視した画素部、サンプリング回路（サンプルホールド回路）に適している。即ち、オフ電流値を増加させる要因となりうるLov領域を配置せず、Loff領域のみを配置することで低オフ電流動作を実現している。また、駆動回路のLDD領域よりも低い濃度のLDD領域をLoff領域として用いることで、多少オン電流値が低下しても徹底的にオフ電流値を低減する対策を打っている。さらに、 n^+ 領域721はオフ電流値を低減する上で非常に有効であることが確認されている。

10

【0122】

また、チャンネル長 $3\sim7\mu\text{m}$ に対してnチャンネル型TF T 802のLov領域707の長さ（幅）は $0.5\sim3.0\mu\text{m}$ 、代表的には $1.0\sim1.5\mu\text{m}$ とすれば良い。また、nチャンネル型TF T 803のLov領域711a、712aの長さ（幅）は $0.5\sim3.0\mu\text{m}$ 、代表的には $1.0\sim1.5\mu\text{m}$ 、Loff領域711b、712bの長さ（幅）は $1.0\sim3.5\mu\text{m}$ 、代表的には $1.5\sim2.0\mu\text{m}$ とすれば良い。また、画素TF T 804に設けられるLoff領域717～720の長さ（幅）は $0.5\sim3.5\mu\text{m}$ 、代表的には $2.0\sim2.5\mu\text{m}$ とすれば良い。

【0123】

さらに、pチャンネル型TF T 801は自己整合（セルフアライン）的に形成され、nチャンネル型TF T 802～804は非自己整合（ノンセルフアライン）的に形成されている点も本発明の特徴の一つである。

20

【0124】

なお、本実施例は実施例1で説明したアクティブマトリクス基板の構成にnチャンネル型TF T 803の構成を加えただけであるので、作製工程中の薄膜材料、不純物添加工程の数値範囲、薄膜の膜厚範囲等の条件は実施例1で説明した条件をそのまま用いることが可能である。また、本実施例の構成を実施例2又は実施例3の構成と組み合わせることは可能である。

【実施例5】

【0125】

本実施例では、アクティブマトリクス基板から、アクティブマトリクス型液晶表示装置を作製する工程を説明する。図9に示すように、図8（C）の状態の基板に対し、配向膜901を形成する。通常液晶表示素子の配向膜にはポリイミド樹脂が多く用いられている。対向側の基板902には、透明導電膜903と、配向膜904とを形成した。配向膜を形成した後、ラビング処理を施して液晶分子がある一定のプレチルト角を持って配向するようにした。そして、画素部と、CMOS回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とを、公知のセル組み工程によってシール材やスペーサ（共に図示せず）などを介して貼りあわせる。その後、両基板の間に液晶材料905を注入し、封止剤（図示せず）によって完全に封止した。液晶材料には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図9に示すアクティブマトリクス型液晶表示装置が完成した。

40

【0126】

次にこのアクティブマトリクス型液晶表示装置の構成を、図10の斜視図および図11の上面図を用いて説明する。尚、図10と図11は、図6～図8の断面構造図と対応付けるため、共通の符号を用いている。また、図11（B）で示すA—A'に沿った断面構造は、図8（C）に示す画素部の断面図に対応している。

【0127】

アクティブマトリクス基板は、ガラス基板601上に形成された、画素部1001と、走査（ゲート）線駆動回路1002と、信号（ソース）線駆動回路1003で構成される。画素部の画素TF T 804はnチャンネル型TF Tであり、周辺に設けられる駆動回路はCMOS回路を基本として構成されている。走査（ゲート）線駆動回路1002と、信号（

50

ソース) 線駆動回路 1003 はそれぞれゲート配線 641 とソース配線 668 で画素部 1001 に接続されている。また、FPC1004 が接続された外部入出力端子 1005 から駆動回路の入出力端子までの接続配線 625、673 が設けられている。

【0128】

図 11 は画素部 1001 の一部分 (一画素) を示す上面図である。ここで図 11 (A) は活性層、ゲート配線、ソース配線の重ねあわせを示す上面図であり、同図 (B) はその上に遮光膜、画素電極を重ねあわせた状態を示す上面図である。図 11 (A) において、ゲート配線 641 は、図示されていないゲート絶縁膜を介してその下の活性層 606 と交差している。また、図示はしていないが、活性層 606 には、ソース領域、ドレイン領域、 n^{++} 領域でなる Loff 領域が形成されている。また、1101 はソース配線 668 と活性層 606 とのコンタクト部、1102 はドレイン配線 672 と活性層 606 とのコンタクト部である。

10

【0129】

また、図 11 (B) において、画素 TFT の上には表面に陽極酸化物 (ここでは図示しないが、図 8 (C) の陽極酸化物 678 を指す) が形成された遮光膜 677 と、各画素ごとに設けられる画素電極 679 ~ 681 が形成されている。そして、遮光膜 677 と画素電極 679 とが陽極酸化物を介して重なる領域で保持容量 682 が形成される。なお、1103 はドレイン配線 672 と画素電極 679 とのコンタクト部である。

【0130】

本実施例では保持容量の誘電体として比誘電率が 7 ~ 9 と高いアルミナ膜を用いたことで、必要な容量を形成するための面積を少なくすることが可能である。さらに、本実施例のように画素 TFT 上に形成される遮光膜を保持容量の一方の電極とすることで、アクティブマトリクス型液晶表示装置の画像表示部の開口率を向上させることができた。

20

【0131】

なお、本実施例のアクティブマトリクス型液晶表示装置は、実施例 4 で説明した構造と照らし合わせて説明したが、実施例 1 ~ 3 のいずれの構成とも自由に組み合わせてアクティブマトリクス型液晶表示装置を作製することができる。

【実施例 6】

【0132】

画素部の各画素に設けられる保持容量は画素電極に接続されていない方の電極 (本発明の場合は遮光膜) を固定電位としておくことで保持容量を形成することができる。その場合、遮光膜をフローティング状態 (電氣的に孤立した状態) かコモン電位 (データとして送られる画像信号の中間電位) に設定しておくことが望ましい。

30

【0133】

そこで本実施例では遮光膜をコモン電位に固定する場合の接続方法について図 12 を用いて説明する。図 12 (A) において、1201 は実施例 1 と同様にして作製された画素 TFT であり、1202 が保持容量の一方の電極として機能する遮光膜である。遮光膜 1202 は画素部の外側にまで延在し、第 2 の層間絶縁膜 1204、パッシベーション膜 1205 に設けられたコンタクトホール 1206 を介してコモン電位を与える電源線 1203 と接続している。

40

【0134】

このように画素部の外側において、コモン電位を与える電源線と電氣的に接続することでコモン電位とすることができる。従って、この場合には遮光膜 1202 を形成する前に第 2 の層間絶縁膜 1204、パッシベーション膜 1205 をエッチングする工程が必要となる。

【0135】

次に、図 12 (B) において、1207 は実施例 1 と同様にして作製された画素 TFT であり、1208 が保持容量の一方の電極として機能する遮光膜である。遮光膜 1208 は画素部の外側にまで延在し、1209 で示される領域において導電膜 1210 と酸化物

50

1211を介して重なる。この導電膜1210は画素電極1212と同時に形成される導電膜である。

【0136】

そして、この導電膜1210は第2の層間絶縁膜1213、パッシベーション膜1214に設けられたコンタクトホール1215を介してコモン電位を与える電源線1216と接続している。この時、領域1209では遮光膜1208、酸化物1211、導電膜1210でなるコンデンサが形成される。このコンデンサは交流駆動を行うことによって実質的に短絡する。即ち、領域1209では静電結合によって、遮光膜1208と導電膜1210とが電氣的に接続されるため、遮光膜1208と電源線1216とは実質的に接続される。

10

【0137】

このように図12(B)の構造を採用することで、工程数を増やすことなく遮光膜をコモン電位に設定することが可能となる。

【0138】

なお、本実施例の構成は実施例1～5のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。

【実施例7】

【0139】

図13は、実施例4で示したアクティブマトリクス基板の回路構成の一例を示す。本実施例のアクティブマトリクス基板は、ソース信号線側駆動回路1301、ゲート信号線側駆動回路(A)1307、ゲート信号線側駆動回路(B)1311、プリチャージ回路1312、画素部1306を有している。ソース信号線側駆動回路1301は、シフトレジスタ回路1302、レベルシフト回路1303、バッファ回路1304、サンプリング回路1305を備えている。また、ゲート信号線側駆動回路(A)1307は、シフトレジスタ回路1308、レベルシフト回路1309、バッファ回路1310を備えている。ゲート信号線側駆動回路(B)1311も同様な構成である。

20

【0140】

ここでシフトレジスタ回路1302、1308は駆動電圧が5～16V(代表的には10V)であり、回路を形成するCMOS回路に使われるnチャネル型TFTは図8(C)の802で示される構造が適している。

30

【0141】

また、レベルシフト回路1303、1309、バッファ回路1304、1310は、駆動電圧は14～16Vと高くなるが、シフトレジスタ回路と同様に、図8(C)のnチャネル型TFT802を含むCMOS回路が適している。なお、ゲート配線をダブルゲート構造とすることは、回路の信頼性を向上させる上で有効である。

【0142】

また、サンプリング回路1305は駆動電圧が14～16Vであるが、ソース領域とドレイン領域が反転する上、オフ電流値を低減する必要があるので、図8(C)のnチャネル型TFT803を含むCMOS回路が適している。なお、実際にサンプリング回路を形成する時はnチャネル型TFTとpチャネル型TFTとを組み合わせ形成することになる。

40

【0143】

また、画素部1306は駆動電圧が14～16Vであり、サンプリング回路1305よりもさらにオフ電流値が低いことを要求するので、完全なLDD構造(Lov領域を配置しない構造)とすることが望ましく、図8(C)のnチャネル型TFT804を画素TFTとして用いることが望ましい。

【0144】

なお、本実施例の構成は、実施例2～6のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。

【実施例8】

50

【0145】

本実施例ではTFTの活性層（能動層）となる活性層を形成する工程について図14を用いて説明する。まず、基板（本実施例ではガラス基板）1401上に200nm厚の窒化酸化シリコン膜でなる下地膜1402と50nm厚の非晶質半導体膜（本実施例では非晶質シリコン膜）1403を大気解放しないで連続的に形成する。

【0146】

次に、重量換算で10ppmの触媒元素（本実施例ではニッケル）を含む水溶液（酢酸ニッケル水溶液）をスピコート法で塗布して、触媒元素含有層1404を非晶質半導体膜1403の全面に形成する。ここで使用可能な触媒元素は、ニッケル（Ni）以外にも、ゲルマニウム（Ge）、鉄（Fe）、パラジウム（Pd）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、コバルト（Co）、白金（Pt）、銅（Cu）、金（Au）、といった元素がある。（図14（A））

10

【0147】

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

【0148】

次に、結晶化の工程に先立って400～500℃で1時間程度の熱処理工程を行い、水素を膜中から脱離させた後、500～650℃（好ましくは550～570℃）で4～12時間（好ましくは4～6時間）の熱処理を行う。本実施例では、550℃で4時間の熱処理を行い、結晶質半導体膜（本実施例では結晶質シリコン膜）1405を形成する。（図14（B））

20

【0149】

次に、結晶化の工程で用いたニッケルを結晶質シリコン膜から除去するゲッタリング工程を行う。まず、結晶質半導体膜1405の表面にマスク絶縁膜1406を150nmの厚さに形成し、パターニングにより開口部1407を形成する。そして、露出した結晶質半導体膜に対して周期表の15族に属する元素（本実施例ではリン）を添加する工程を行う。この工程により $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度でリンを含むゲッタリング領域1408が形成される。（図14（C））

【0150】

次に、窒素雰囲気中で450～650℃（好ましくは500～550℃）、4～24時間（好ましくは6～12時間）の熱処理工程を行う。この熱処理工程により結晶質半導体膜中のニッケルは矢印の方向に移動し、リンのゲッタリング作用によってゲッタリング領域1408に捕獲される。即ち、結晶質半導体膜中からニッケルが除去されるため、結晶質半導体膜1409に含まれるニッケル濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にまで低減することができる。（図14（D））

30

【0151】

そして、マスク絶縁膜1406を除去した後、ゲッタリング領域1408を完全に取り除くようにしてパターニングを行い、活性層1410を得る。なお、図14（E）では活性層1410を一つしか図示していないが、基板上に複数の活性層を同時に形成することは言うまでもない。

40

【0152】

以上のようにして形成された活性層1410は、結晶化を助長する触媒元素（ここではニッケル）を用いることによって、非常に結晶性の良い結晶質半導体膜で形成されている。また、結晶化のあとは触媒元素をリンのゲッタリング作用により除去しており、活性層1410中に残存する触媒元素の濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である。

【0153】

なお、本実施例の構成は、実施例1～7のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。

50

【実施例 9】

【0154】

本実施例では T F T の活性層（能動層）となる活性層を形成する工程について図 15 を用いて説明する。具体的には特開平 10-247735 号公報（米国出願番号 09/034, 041 号に対応）に記載された技術を用いる。

【0155】

まず、基板（本実施例ではガラス基板）1501 上に 200 nm 厚の窒化酸化シリコン膜でなる下地膜 1502 と 50 nm 厚の非晶質半導体膜（本実施例では非晶質シリコン膜）1503 を大気解放しないで連続的に形成する。次に、酸化シリコン膜でなるマスク絶縁膜 1504 を 200 nm の厚さに形成し、開口部 1505 を形成する。

10

【0156】

次に、重量換算で 100 ppm の触媒元素（本実施例ではニッケル）を含む水溶液（酢酸ニッケル水溶液）をスピコート法で塗布して、触媒元素含有層 1506 を形成する。この時、触媒元素含有層 1506 は、開口部 1505 が形成された領域において、選択的に非晶質半導体膜 1503 に接触する。ここで使用可能な触媒元素は、ニッケル（Ni）以外にも、ゲルマニウム（Ge）、鉄（Fe）、パラジウム（Pd）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、コバルト（Co）、白金（Pt）、銅（Cu）、金（Au）、といった元素がある。（図 15（A））

【0157】

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

20

【0158】

次に、結晶化の工程に先立って 400～500℃で 1 時間程度の熱処理工程を行い、水素を膜中から脱離させた後、500～650℃（好ましくは 550～600℃）で 6～16 時間（好ましくは 8～14 時間）の熱処理を行う。本実施例では、570℃で 14 時間の熱処理を行う。その結果、開口部 1505 を起点として概略基板と平行な方向（矢印で示した方向）に結晶化が進行し、巨視的な結晶成長方向が揃った結晶質半導体膜（本実施例では結晶質シリコン膜）1507 が形成される。（図 15（B））

【0159】

次に、結晶化の工程で用いたニッケルを結晶質シリコン膜から除去するゲッタリング工程を行う。本実施例では、先ほど形成したマスク絶縁膜 1504 をそのままマスクとして周期表の 15 族に属する元素（本実施例ではリン）を添加する工程を行い、開口部 1505 で露出した結晶質半導体膜に $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度でリンを含むゲッタリング領域 1508 を形成する。（図 15（C））

30

【0160】

次に、窒素雰囲気中で 450～650℃（好ましくは 500～550℃）、4～24 時間（好ましくは 6～12 時間）の熱処理工程を行う。この熱処理工程により結晶質半導体膜中のニッケルは矢印の方向に移動し、リンのゲッタリング作用によってゲッタリング領域 1508 に捕獲される。即ち、結晶質半導体膜中からニッケルが除去されるため、結晶質半導体膜 1509 に含まれるニッケル濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にまで低減することができる。（図 15（D））

40

【0161】

そして、マスク絶縁膜 1504 を除去した後、ゲッタリング領域 1508 を完全に除去くようにしてパターニングを行い、活性層 1510 を得る。なお、図 15（E）では活性層 1510 を一つしか図示していないが、基板上に複数の活性層を同時に形成することは言うまでもない。

【0162】

以上のようにして形成された活性層 1510 は、結晶化を助長する触媒元素（ここではニッケル）を選択的に添加して結晶化することによって、非常に結晶性の良い結晶質半導

50

体膜で形成されている。具体的には、棒状または柱状の結晶が、特定の方向性を持って並んだ結晶構造を有している。また、結晶化のあとは触媒元素をリンのゲッタリング作用により除去しており、活性層 1510 中に残存する触媒元素の濃度は、 1×10^{17} atoms/cm³ 以下、好ましくは 1×10^{16} atoms/cm³ 以下である。

【0163】

なお、本実施例の構成は、実施例 1～7 のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。

【実施例 10】

【0164】

実施例 8、9 では半導体膜を結晶化するために用いた触媒元素をゲッタリングするためにリンを用いたが、本実施例では他の元素を用いて上記触媒元素をゲッタリングする場合について説明する。

【0165】

まず、実施例 8 または実施例 9 工程に従って、結晶質半導体膜を得る。但し、本実施例で用いることのできる基板は、700℃以上能耐える耐熱性基板、代表的には石英基板、金属基板、シリコン基板である。また、本実施例では結晶化に用いる触媒元素（ニッケルを例にとる）の濃度を極力低いものとする。具体的には、非晶質半導体膜上に重量換算で 0.5～3 ppm のニッケル含有層を形成し、結晶化のための熱処理を行う。これにより形成された結晶質半導体膜中に含まれるニッケル濃度は、 $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19}$ atoms/cm³（代表的には $5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18}$ atoms/cm³）となる。

【0166】

そして、結晶質半導体膜を形成したら、ハロゲン元素を含む酸化性雰囲気中で熱処理を行う。温度は 800～1150℃（好ましくは 900～1000℃）とし、処理時間は 10 分～4 時間（好ましくは 30 分～1 時間）とする。

【0167】

本実施例では、酸素雰囲気中に対して 3～10 体積%の塩化水素を含ませた雰囲気中において、950℃30 分の熱処理を行う。この工程により結晶質半導体膜中のニッケルは揮発性の塩化化合物（塩化ニッケル）となって処理雰囲気中に離脱する。即ち、ハロゲン元素のゲッタリング作用によってニッケルを除去することが可能となる。但し、結晶質半導体膜中に存在するニッケル濃度が高すぎると、ニッケルの偏析部で酸化が異常に進行するという問題を生じる。そのため、結晶化の段階で用いるニッケルの濃度を極力低くする必要がある。

【0168】

こうして形成された結晶質半導体膜中にに残存するニッケルの濃度は、 1×10^{17} atoms/cm³ 以下、好ましくは 1×10^{16} atoms/cm³ 以下となる。この後は、結晶質半導体膜をパターンニングして、活性層を形成することで、TFT の活性層として用いることが可能である。

【0169】

なお、本実施例の構成は実施例 1～9 のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。即ち、実施例 8、9 に示したリンによるゲッタリング工程と併用することも可能である。

【実施例 11】

【0170】

本実施例では本発明に用いる結晶質半導体膜（結晶質シリコン膜を例にとる）の結晶性を改善するための工程について説明する。まず、実施例 8～10 のいずれかの工程に従って活性層を形成する。但し、本実施例では TFT を形成する基板として 800～1150℃の温度に耐える基板を用いる材料を用いる必要がある。そのような基板としては、石英基板、金属基板、シリコン基板、セラミックス基板（セラミックスガラス基板も含む）が挙げられる。

【0171】

そして、その上に窒化酸化シリコン膜、酸化シリコン膜、または窒化シリコン膜と酸化シリコン膜とを積層した積層膜となるゲート絶縁膜を形成する。ゲート絶縁膜の膜厚は20～120nm（代表的には60～80nm）とする。本実施例ではSiH₄ガスとN₂Oガスとの混合ガスを用いて800℃の成膜温度で酸化シリコン膜を形成する。

【0172】

ゲート絶縁膜を形成したら、酸化性雰囲気中で熱処理を行う。温度は800～1150℃（好ましくは900～1000℃）とし、処理時間は10分～4時間（好ましくは30分～1時間）とする。なお、この場合、ドライ酸化法が最も好ましいが、ウェット酸化法であっても良い。また、酸化性雰囲気は100%酸素雰囲気でも良いし、実施例10のようにハロゲン元素を含ませても良い。

10

【0173】

この熱処理により活性層とゲート絶縁膜との界面付近で活性層が酸化され、熱酸化膜が形成される。その結果、上記界面の準位が低減され、非常に良好な界面特性を示すようになる。さらに、活性層は酸化されることで膜厚が減り、その酸化の際に発生する余剰シリコンによって膜中の欠陥が大幅に低減され、非常に欠陥密度の小さい良好な結晶性を有する半導体膜となる。

【0174】

本実施例を実施する場合、最終的な活性層の膜厚が20～60nm、ゲート絶縁膜の膜厚が50～150nm（代表的には80～120nm）となるように調節する。また、欠陥密度の低減効果を十分に引き出すためには、活性層が少なくとも50nmは酸化されるようにすることが好ましい。

20

【0175】

次に、実施例1と同様にn型不純物元素を添加し、後にLov領域となるn⁺領域を形成する。さらに、n型不純物元素を活性化するために不活性雰囲気中で700～950℃（好ましくは750～800℃）の熱処理を行う。本実施例では窒素雰囲気中にて800℃1時間の熱処理を行う。この後は、実施例1の図1（C）以降もしくは実施例4の図6（C）以降の工程に従えば良い。

【0176】

本実施例のような工程を経た活性層の結晶構造は結晶格子に連続性を持つ特異な結晶構造となる。その特徴について以下に説明する。

30

【0177】

上記作製工程に従って形成した活性層は、微視的に見れば複数の針状又は棒状の結晶（以下、棒状結晶と略記する）が集まって並んだ結晶構造を有する。このことはTEM（透過型電子顕微鏡法）による観察で容易に確認できた。

【0178】

また、電子線回折及びエックス線（X線）回折を利用すると活性層の表面（チャンネルを形成する部分）が、結晶軸に多少のずれが含まれているものの主たる配向面として{110}面を有することを確認できた。本出願人がスポット径約1.5μmの電子線回折写真を詳細に観察した結果、{110}面に対応する回折斑点がきれいに現れているが、各斑点は同心円上に分布を持っていることが確認された。

40

【0179】

また、本出願人は個々の棒状結晶が接して形成する結晶粒界をHR-TEM（高分解能透過型電子顕微鏡法）により観察し、結晶粒界において結晶格子に連続性があることを確認した。これは観察される格子縞が結晶粒界において連続的に繋がっていることから容易に確認できた。

【0180】

なお、結晶粒界における結晶格子の連続性は、その結晶粒界が「平面状粒界」と呼ばれる粒界であることに起因する。本明細書における平面状粒界の定義は、「Characterization of High-Efficiency Cast-Si Solar Cell Wafers by MBIC Measurement ; Ryuichi Shimokawa and Yutaka Hayashi, Japanese Journal of Applied Physics vol.27, No.5, pp

50

.751-758, 1988」に記載された「Planar boundary」である。

【0181】

上記論文によれば、平面状粒界には双晶粒界、特殊な積層欠陥、特殊なtwist 粒界などが含まれる。この平面状粒界は電氣的に不活性であるという特徴を持つ。即ち、結晶粒界でありながらキャリアの移動を阻害するトラップとして機能しないため、実質的に存在しないと見なすことができる。

【0182】

特に結晶軸（結晶面に垂直な軸）が $\langle 110 \rangle$ 軸である場合、 $\{211\}$ 双晶粒界は $\Sigma 3$ の対応粒界とも呼ばれる。 Σ 値は対応粒界の整合性の程度を示す指針となるパラメータであり、 Σ 値が小さいほど整合性の良い粒界であることが知られている。

10

【0183】

本出願人が本実施例を実施して得た結晶質珪素膜を詳細にTEMを用いて観察した結果、結晶粒界の殆ど（90%以上、典型的には95%以上）が $\Sigma 3$ の対応粒界、即ち $\{211\}$ 双晶粒界であることが判明した。

【0184】

二つの結晶粒の間に形成された結晶粒界において、両方の結晶の面方位が $\{110\}$ である場合、 $\{111\}$ 面に対応する格子縞がなす角を θ とすると、 $\theta = 70.5^\circ$ の時に $\Sigma 3$ の対応粒界となることが知られている。

【0185】

本実施例の結晶質珪素膜は、結晶粒界において隣接する結晶粒の各格子縞がまさに約 70.5° の角度で連続しており、その事からこの結晶粒界は $\{211\}$ 双晶粒界であるという結論に辿り着いた。

20

【0186】

なお、 $\theta = 38.9^\circ$ の時には $\Sigma 9$ の対応粒界となるが、このような他の結晶粒界も存在した。

【0187】

このような結晶構造（正確には結晶粒界の構造）は、結晶粒界において異なる二つの結晶粒が極めて整合性よく接合していることを示している。即ち、結晶粒界において結晶格子が連続的に連なり、結晶欠陥等に起因するトラップ準位を非常に作りにくい構成となっている。従って、このような結晶構造を有する半導体薄膜は実質的に結晶粒界が存在しない見

30

【0188】

またさらに、 $700 \sim 1150^\circ\text{C}$ という高い温度での熱処理工程（本実施例における熱酸化工程またはゲッタリング工程にあたる）によって結晶粒内に存在する欠陥が殆ど消滅していることがTEM観察によって確認されている。これはこの熱処理工程の前後で欠陥数が大幅に低減されていることから明らかである。

【0189】

この欠陥数の差は電子スピン共鳴分析（Electron Spin Resonance : ESR）によってスピン密度の差となって現れる。現状では本実施例の作製工程に従って作製された結晶質珪素膜のスピン密度は少なくとも $5 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ 以下（好ましくは $3 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ 以下）であることが判明している。ただし、この測定値は現存する測定装置の検出限界に近いので、実際のスピン密度はさらに低いと予想される。

40

【0190】

以上の事から、本実施例を実施することで得られた結晶質シリコン膜は結晶粒内及び結晶粒界が実質的に存在しないため、単結晶シリコン膜又は実質的な単結晶シリコン膜と考えて良い。

【0191】

（TFETの電気特性に関する知見）

本実施例の活性層を用いたTFETは、MOSFETに匹敵する電気特性を示した。本出願人が試作したTFET（但し、活性層の膜厚は30nm、ゲート絶縁膜の膜厚は100nm）

50

からは次に示す様なデータが得られている。

【0192】

(1) スイッチング性能 (オン/オフ動作切り換えの俊敏性) の指標となるサブスレッショルド係数が、Nチャネル型TFETおよびPチャネル型TFETともに60~100mV/decade (代表的には60~85mV/decade) と小さい。

(2) TFETの動作速度の指標となる電界効果移動度 (μ_{FE}) が、Nチャネル型TFETで200~650cm²/Vs (代表的には300~500cm²/Vs)、Pチャネル型TFETで100~300cm²/Vs (代表的には150~200cm²/Vs) と大きい。

(3) TFETの駆動電圧の指標となるしきい値電圧 (V_{th}) が、Nチャネル型TFETで-0.5~1.5 V、Pチャネル型TFETで-1.5~0.5 Vと小さい。

10

【0193】

以上の様に、極めて優れたスイッチング特性および高速動作特性が実現可能であることが確認されている。なお、本実施例の構成は、実施例1~10のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。但し、非晶質半導体膜の結晶化に、実施例8~10で示したような結晶化を助長する触媒元素を用いていることが重要である。

【実施例12】

【0194】

本実施例では、実施例8、9に示したいずれかの手段により結晶化した結晶質半導体膜 (結晶質シリコン膜を例にとる) から、結晶化に用いた触媒元素 (本実施例ではニッケルを例にとる) をゲッタリングする手段について説明する。なお、説明には図16を用いる。

20

【0195】

まず、実施例1と同様の工程に従って、図2(B)の状態を得る。次に、図2(C)の工程と同様にリンを添加する。その際、本実施例では図2(C)のレジストマスク132の代わりに図16(A)に示すようなレジストマスク1601を用いる。即ち、図2(C)ではpチャネル型TFETとなる領域を全て隠すようにレジストマスクを設けていたが、図16(A)ではp⁺⁺領域の端部を隠さないようにレジストマスクを形成する。

【0196】

この状態で図2(C)の工程と同様の条件でリンを添加する。その結果、pチャネル型TFETのp⁺⁺領域124、125の端部にもリンが添加され、(p⁺⁺+n⁺)領域1602、1603が形成される。このとき、p⁺⁺領域に含まれるp型を付与する不純物元素の濃度が、n⁺領域に含まれるリンよりも十分高濃度に添加されていれば、その部分はp⁺⁺領域のまま維持できる。

30

【0197】

次に、レジストマスク1601、133、134を除去した後、実施例1の図3(A)と同様の濃度でリンの添加工程を行う。この工程によりn⁺⁺領域140~143が形成される。(図16(B))

【0198】

次に、実施例1の図3(B)と同様に、添加された不純物元素 (リンまたはボロン) の活性化工程を行う。本実施例ではこの活性化工程をファーネスアニールまたはランプアニールによって行うことが好ましい。ファーネスアニールを用いる場合、450~650℃、好ましくは500~550℃、ここでは500℃、4時間の熱処理を行うことにする。(図16(C))

40

【0199】

本実施例の場合、nチャネル型TFETおよびpチャネル型TFETの双方のソース領域またはドレイン領域に、必ずn⁺領域に相当する濃度のリンが含まれた領域を有する。そのため、熱活性化のための熱処理工程において、リンによるニッケルのゲッタリング効果を得ることができる。即ち、チャネル形成領域から矢印で示す方向へニッケルが移動し、ソース領域またはドレイン領域に含まれるリンの作用によってゲッタリングされる。

【0200】

50

このように本実施例を実施すると、活性層に添加された不純物元素の活性化工程と、結晶化に用いた触媒元素のゲッタリング工程とを兼ねることができ、工程の簡略化に有効である。

【0201】

また、ゲッタリングのための n^+ 領域を形成するのはpチャネル型TFETのソース領域及びドレイン領域の一部である。従って、pチャネル型TFETのソース領域及びドレイン領域全体に高濃度にP型を付与する不純物元素を添加する必要がない。即ち、P型を付与する不純物元素を添加する工程を短縮化でき、スループットを向上させることができる。さらに、ソース領域及びドレイン領域の抵抗を下げるができる。

【0202】

なお、本実施例の構成は、実施例1～11のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。但し、非晶質半導体膜の結晶化に際して、結晶化を助長する触媒元素を用いている場合に有効な技術である。

【実施例13】

【0203】

本実施例では、画素部の構成を実施例5（図11参照）とは異なるものとした場合について図17を用いて説明する。なお、基本的な構造は実施例4、5で説明した構造と同じであるので同一の部分に関しては同じ符号を用いることとする。

【0204】

図17（A）は本実施例の画素部の断面図であり、ゲート配線（但し活性層と重なる部分を除く）1700を、第1の導電膜1701、第2の導電膜1702および第3の導電膜1703を積層して形成する点に特徴がある。このゲート配線1700は実施例4で説明した接続配線625の形成と同時に形成される。従って、第1の導電膜は窒化タンタル、第2の導電膜はアルミニウムを主成分とする膜、第3の導電膜はタンタル膜である。

【0205】

そして、この時の上面図は図17（B）に示すようなものとなる。即ち、ゲート配線のうち活性層と重なる部分（この部分はゲート電極と呼んでもよい）1704a、1704bは第1および第3の導電膜の積層構造でなる。一方、ゲート配線1700はゲート配線1704a、1704bよりも配線幅が太く、且つ、図17（A）に示すような三層構造で形成される。即ち、ゲート配線の中でも単に配線として用いる部分はできるだけ配線抵抗を小さくするために、本実施例のような構造とすることが好ましい。

【0206】

なお、本実施例の構成は実施例1～12のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。

【実施例14】

【0207】

本実施例では、実施例4とは異なる工程順序でTFETを作製する場合について図18を用いて説明する。なお、途中の工程までは実施例4と同様であるので、同じ工程については同一の符号を用いることとする。また、添加する不純物元素も実施例4と同様の不純物元素を例にとる。

【0208】

まず、実施例4の工程に従って図7（B）の状態を得る。本実施例ではその状態を図18（A）に示す。次に、レジストマスク633～638を除去して、 n^{++} 領域を形成するためのリンの添加工程を行う。条件は実施例4の図8（A）の工程と同様で良い。図18（B）において、1801～1803で示される領域は、 n^+ 領域に n^{++} 領域に相当するリンが添加された領域であり、1804～1806は画素TFETのLoff領域となる n^{++} 領域である。（図18（B））

【0209】

次に、レジストマスク1807～1811を形成し、図7（C）と同様の条件でリンを添加する。この工程により高濃度にリンが添加された領域1812～1818が形成され

10

20

30

40

50

る。(図18(C))

【0210】

この後は、実施例4の工程に従って図8(B)以降の工程を行えば、図8(C)で説明した構造の画素部を得ることができる。本実施例を用いた場合、CMOS回路を形成するpチャネル型TFTのソース領域およびドレイン領域に n^+ 領域に相当する濃度のリンが添加されない構成となる。そのため、 p^{++} 添加工程に必要なボロン濃度が低くて済み、スループットが向上する。また、図18(C)の工程でnチャネル型TFTの p^{++} 領域の端部にもリンが添加されるようにすれば、実施例12のゲッタリング工程を行うことが可能である。

【0211】

また、ソース領域またはドレイン領域を形成する n^+ 領域または p^{++} 領域を形成する際、不純物元素を添加する前に、ゲート絶縁膜をエッチングして活性層の一部を露出させ、露出させた部分に不純物元素を添加しても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

【0212】

なお、本実施例を実施した場合、工程順序の変化により、最終的に活性層に形成された不純物領域に含まれる不純物元素の濃度が実施例4とは異なる場合もありうる。しかしながら、各不純物領域の実質的な機能は変わらないので、本実施例を実施した場合の最終的な構造の説明は、図8(C)の構造の説明をそのまま参照することができる。また、本実施例の構成を、実施例1または実施例4に適用することは可能であり、他の実施例2、3、5~13の構成と自由に組み合わせることも可能である。

【実施例15】

【0213】

本実施例では、実施例4とは異なる工程順序でTFTを作製する場合について図19を用いて説明する。なお、途中の工程までは実施例4と同様であるので、同じ工程については同一の符号を用いることとする。また、添加する不純物元素も実施例4と同様の不純物元素を例にとる。

【0214】

まず、実施例4の工程に従って図6(D)の状態を得る。そして、次にnチャネル型TFTのゲート配線およびその他の接続配線を形成する。図19(A)において、1901、1902は接続配線、1903~1905はnチャネル型TFTのゲート配線、1906は後にpチャネル型TFTのゲート配線を形成するための導電膜である。

【0215】

次に、レジストマスク1907~1911を形成し、実施例4の図7(C)の工程と同様の条件でリンを添加する。こうして、高濃度にリンを含む不純物領域1912~1918が形成される。(図19(A))

【0216】

次に、レジストマスク1907~1911を除去した後、レジストマスク1919~1924を形成し、pチャネル型TFTのゲート配線1925を形成する。そして、図7(A)と同様の条件でボロンを添加し、 p^{++} 領域1926、1927を形成する。(図19(B))

【0217】

次に、レジストマスク1919~1924を除去した後、図8(A)と同様の条件でリンを添加する。この添加工程により(n^-+n^-)領域1930、1931および n^- 領域1932~1935が形成される。(図19(C))

【0218】

この後は、実施例4の工程に従って図8(B)以降の工程を行えば、図8(C)で説明した構造の画素部を得ることができる。本実施例を用いた場合、CMOS回路を形成するpチャネル型TFTのソース領域およびドレイン領域に n^+ 領域に相当する濃度のリンが添加されない構成となる。そのため、 p^{++} 添加工程に必要なボロン濃度が低くて済み、ス

10

20

30

40

50

ループットが向上する。

【0219】

また、ソース領域またはドレイン領域を形成する n^+ 領域または p^{++} 領域を形成する際、不純物元素を添加する前に、ゲート絶縁膜をエッチングして活性層の一部を露出させ、露出させた部分に不純物元素を添加しても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

【0220】

なお、本実施例を実施した場合、工程順序の変化により、最終的に活性層に形成された不純物領域に含まれる不純物元素の濃度が実施例4とは異なる場合もありうる。しかしながら、各不純物領域の実質的な機能は変わらないので、本実施例を実施した場合の最終的な構造の説明は、図8(C)の構造の説明をそのまま参照することができる。また、本実施例の構成を、実施例1または実施例4に適用することは可能であり、他の実施例2、3、5～11、13の構成と自由に組み合わせることも可能である。

【実施例16】

【0221】

本実施例では、実施例4とは異なる工程順序でTF Tを作製する場合について図20を用いて説明する。なお、途中の工程までは実施例4と同様であるので、同じ工程については同一の符号を用いることとする。また、添加する不純物元素も実施例4と同様の不純物元素を例にとる。

【0222】

まず、実施例4の工程に従って図6(D)の状態を得て、実施例15の工程に従って図19(A)に示す状態を得る。本実施例ではこの状態を図20(A)に示す。なお、図20(A)に用いた符号は図19(A)と同一の符号である。

【0223】

次に、レジストマスク1907～1911を除去した後、図8(A)と同様の条件でリンを添加する。この添加工程により(n^-+n^-)領域2001、2002および n^{--} 領域2003～2006が形成される。(図20(B))

【0224】

次に、レジストマスク2007～2012を形成し、pチャネル型TF Tのゲート配線2013を形成する。そして、図7(A)と同様の条件でボロンを添加し、 p^{++} 領域2014、2015を形成する。(図20(C))

【0225】

この後は、実施例4の工程に従って図8(B)以降の工程を行えば、図8(C)で説明した構造の画素部を得ることができる。本実施例を用いた場合、CMOS回路を形成するpチャネル型TF Tのソース領域およびドレイン領域に全くリンが添加されない構成となる。そのため、 p^{++} 添加工程に必要なボロン濃度が低くて済み、スループットが向上する。

【0226】

また、ソース領域またはドレイン領域を形成する n^+ 領域または p^{++} 領域を形成する際、不純物元素を添加する前に、ゲート絶縁膜をエッチングして活性層の一部を露出させ、露出させた部分に不純物元素を添加しても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

【0227】

なお、本実施例を実施した場合、工程順序の変化により、最終的に活性層に形成された不純物領域に含まれる不純物元素の濃度が実施例4とは異なる場合もありうる。しかしながら、各不純物領域の実質的な機能は変わらないので、本実施例を実施した場合の最終的な構造の説明は、図8(C)の構造の説明をそのまま参照することができる。また、本実施例の構成を、実施例1または実施例4に適用することは可能であり、他の実施例2、3、5～11、13の構成と自由に組み合わせることも可能である。

【実施例17】

【0228】

本実施例では、実施例4とは異なる工程順序でTF Tを作製する場合について図21を用いて説明する。なお、途中の工程までは実施例4と同様であるので、同じ工程については同一の符号を用いることとする。また、添加する不純物元素も実施例4と同様の不純物元素を例にとる。

【0229】

まず、実施例4の工程に従って図6(D)の状態を得る。そして、図7(A)の工程(pチャンネル型TF Tのゲート配線と p^{++} 領域の形成工程)を行わずに、図7(B)と同様にnチャンネル型TF Tのゲート配線およびその他の接続配線を形成する。なお、図21(A)では図7(B)と同一の符号を用いている。但し、pチャンネル型TF Tとなる領域に関しては、レジストマスク2101を形成して、後にpチャンネル型TF Tのゲート配線となる導電膜2102を残す。

【0230】

次に、レジストマスクを残したまま、図8(A)と同様の条件でリンを添加する。この添加工程により($n^{+}+n^{-}$)領域2103~2105および n^{-} 領域2106~2108が形成される。(図21(B))

【0231】

次に、レジストマスク2109~2113を形成し、実施例4の図7(C)の工程と同様の条件でリンを添加する。こうして、高濃度にリンを含む不純物領域2114~2120が形成される。(図21(C))

【0232】

次に、レジストマスク2109~2113を除去した後、新たにレジストマスク2121~2126を形成し、pチャンネル型TF Tのゲート配線2127を形成する。そして、図7(A)と同様の条件でボロンを添加し、 p^{++} 領域2128、2129を形成する。(図21(D))

【0233】

この後は、実施例4の工程に従って図8(B)以降の工程を行えば、図8(C)で説明した構造の画素部を得ることができる。本実施例を用いた場合、CMOS回路を形成するpチャンネル型TF Tのソース領域およびドレイン領域に全くリンが添加されない構成となる。そのため、 p^{++} 添加工程に必要なボロン濃度が低くて済み、スループットが向上する。

【0234】

また、ソース領域またはドレイン領域を形成する n^{+} 領域または p^{++} 領域を形成する際、不純物元素を添加する前に、ゲート絶縁膜をエッチングして活性層の一部を露出させ、露出させた部分に不純物元素を添加しても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

【0235】

なお、本実施例を実施した場合、工程順序の変化により、最終的に活性層に形成された不純物領域に含まれる不純物元素の濃度が実施例4とは異なる場合もありうる。しかしながら、各不純物領域の実質的な機能は変わらないので、本実施例を実施した場合の最終的な構造の説明は、図8(C)の構造の説明をそのまま参照することができる。また、本実施例の構成を、実施例1または実施例4に適用することは可能であり、他の実施例2、3、5~11、13の構成と自由に組み合わせることも可能である。

【実施例18】

【0236】

本実施例では、実施例4とは異なる工程順序でTF Tを作製する場合について図22を用いて説明する。なお、途中の工程までは実施例4と同様であるので、同じ工程については同一の符号を用いることとする。また、添加する不純物元素も実施例4と同様の不純物元素を例にとる。

【0237】

まず、実施例 4 の工程に従って図 6 (D) の状態を得て、実施例 17 の工程に従って図 21 (B) に示す状態を得る。本実施例ではこの状態を図 22 (A) に示す。なお、図 22 (A) に用いた符号は図 21 (B) と同一の符号である。

【0238】

次に、レジストマスクを除去した後、新たにレジストマスク 2201～2206 を形成し、p チャンネル型 TFT のゲート配線 2207 を形成する。そして、図 7 (A) と同様の条件でボロンを添加し、 p^{++} 領域 2208、2209 を形成する。(図 22 (B))

【0239】

次に、レジストマスク 2210～2214 を形成し、図 7 (C) の工程と同様の条件でリンを添加する。こうして、高濃度にリンを含む不純物領域 2215～2221 が形成される。(図 22 (C))

【0240】

この後は、実施例 4 の工程に従って図 8 (B) 以降の工程を行えば、図 8 (C) で説明した構造の画素部を得ることができる。本実施例を用いた場合、CMOS 回路を形成する p チャンネル型 TFT のソース領域およびドレイン領域に全くリンが添加されない構成となる。そのため、 p^{++} 添加工程に必要なボロン濃度が低くて済み、スループットが向上する。また、図 22 (C) の工程で p^{++} 領域 2208、2209 の端部にもリンが添加されるようにすれば、実施例 12 のゲッタリング工程を行うことが可能である。

【0241】

また、ソース領域またはドレイン領域を形成する n^{+} 領域または p^{++} 領域を形成する際、不純物元素を添加する前に、ゲート絶縁膜をエッチングして活性層の一部を露出させ、露出させた部分に不純物元素を添加しても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

【0242】

なお、本実施例を実施した場合、工程順序の変化により、最終的に活性層に形成された不純物領域に含まれる不純物元素の濃度が実施例 4 とは異なる場合もありうる。しかしながら、各不純物領域の実質的な機能は変わらないので、本実施例を実施した場合の最終的な構造の説明は、図 8 (C) の構造の説明をそのまま参照することができる。また、本実施例の構成を、実施例 1 または実施例 4 に適用することは可能であり、他の実施例 2、3、5～13 の構成と自由に組み合わせることも可能である。

【実施例 19】

【0243】

実施例 4、14～18 に示した作製工程例では、n チャンネル型 TFT のゲート配線を形成する前に、前もって後に Lov 領域として機能する n^{-} 領域を形成することが前提となっている。そして、 p^{++} 領域、 n^{-} 領域はともに自己整合的に形成されることが特徴となっている。

【0244】

しかしながら、本発明の効果をを得るためには最終的な構造が図 3 (C) や図 8 (C) のような構造となっていれば良く、そこに至るプロセスに限定されるものではない。従って、場合によっては p^{++} 領域や n^{-} 領域を、レジストマスクを用いて形成することも可能である。その場合、本発明の作製工程例は実施例 4、14～18 に限らず、あらゆる組み合わせが可能である。

【0245】

本発明において TFT の活性層となる活性層に一導電性を付与する不純物元素を添加する際、 n^{-} 領域の形成、 n^{+} 領域の形成、 n^{-} 領域の形成、 p^{++} 領域の形成という 4 つの工程が必要である。従って、この順序を変えた作製工程だけでも 24 通りがあり、実施例 4、14～18 に示したのはその中の 6 通りである。

しかし、本発明の効果は残りの 18 通り全てにおいて得られるため、どの順序で不純物領域を形成するのであっても良い。

【0246】

10

20

30

40

50

また、ソース領域またはドレイン領域を形成する n^+ 領域または p^{++} 領域を形成する際、不純物元素を添加する前に、ゲート絶縁膜をエッチングして活性層の一部を露出させ、露出させた部分に不純物元素を添加しても良い。その場合、加速電圧が低くて済むため、活性層に与えるダメージも少ないし、スループットも向上する。

【0247】

なお、本実施例の構成は、実施例2～11、13のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。また、工程順によっては、実施例12と組み合わせることも可能である。

【実施例20】

【0248】

本実施例では、本発明をボトムゲート型TFETに用いた場合について説明する。具体的には、逆スタガ型TFETに用いた場合を図23に示す。本発明の逆スタガ型TFETの場合、本発明のトップゲート型TFETとはゲート配線と活性層の位置関係が異なる以外、特に大きく異なることはない。従って、本実施例では、図8(C)に示した構造と大きく異なる点に注目して説明を行い、その他の部分は図8(C)と同一であるため説明を省略する。

【0249】

図23において、11、12はそれぞれシフトレジスタ回路等を形成するCMOS回路のpチャネル型TFET、nチャネル型TFET、13はサンプリング回路等を形成するnチャネル型TFET、14は画素部を形成するnチャネル型TFETである。これらは下地膜を設けた基板上に形成されている。

【0250】

また、15はpチャネル型TFET11のゲート配線、16はnチャネル型TFET12のゲート配線、17はnチャネル型TFET13のゲート配線、18はnチャネル型TFET14のゲート配線であり、実施例4で説明したゲート配線と同じ材料を用いて形成することができる。また、19はゲート絶縁膜であり、これも実施例4と同じ材料を用いることができる。

【0251】

その上には各TFET11～14の活性層（活性層）が形成される。pチャネル型TFET11の活性層には、ソース領域20、ドレイン領域21、チャネル形成領域22が形成される。

【0252】

また、nチャネル型TFET12の活性層には、ソース領域23、ドレイン領域24、LDD領域（この場合、Lov領域25）、チャネル形成領域26が形成される。

【0253】

また、nチャネル型TFET13の活性層には、ソース領域27、ドレイン領域28、LDD領域（この場合、Lov領域29a、30a及びLoff領域29b、30b）、チャネル形成領域31が形成される。

【0254】

また、nチャネル型TFET14の活性層には、ソース領域32、ドレイン領域33、LDD領域（この場合、Loff領域34～37）、チャネル形成領域38、39、 n^+ 領域40が形成される。

【0255】

なお、41～45で示される絶縁膜は、チャネル形成領域を保護する目的とLDD領域を形成する目的のために形成されている。

【0256】

以上のように本発明を逆スタガ型TFETに代表されるボトムゲート型TFETに適用することは容易である。なお、本実施例の逆スタガ型TFETを作製するにあたっては、本明細書中に記載された他の実施例に示される作製工程を、公知の逆スタガ型TFETの作製工程に適用すれば良い。また、実施例5、7に示したようなアクティブマトリクス型液晶表示

10

20

30

40

50

装置に本実施例の構成を適用することも可能である。

【実施例 2 1】

【0 2 5 7】

本実施例では、本発明をシリコン基板上に作製した反射型液晶表示装置に適用した場合について説明する。本実施例は、実施例 1 または実施例 4 において、結晶質シリコン膜となる活性層の代わりに、シリコン基板（シリコンウェハ）に直接的に n 型または p 型を付与する不純物元素を添加し、本発明の T F T 構造を実現すれば良い。また、反射型であるので、画素電極として反射率の高い金属膜を用いれば良い。

【0 2 5 8】

即ち、同一基板上に画素部と駆動回路とを少なくとも含み、駆動回路を形成する n チャネル型 T F T の L D D 領域は、少なくとも一部または全部がゲート配線と重なるように配置され、画素部を形成する画素 T F T の L D D 領域はゲート配線と重ならないように配置され、駆動回路を形成する n チャネル型 T F T の L D D 領域には、画素 T F T の L D D 領域よりも高い濃度で n 型を付与する不純物元素が含まれる、という構成を有する構造であれば良い。

10

【0 2 5 9】

なお、本実施例の構成は、実施例 1 ~ 7、1 3 ~ 1 9 のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。

【実施例 2 2】

【0 2 6 0】

実施例 1 ~ 2 1 では、L o v 領域や L o f f 領域を n チャネル型 T F T のみに配置し、その位置を回路仕様に応じて使い分けることを前提に説明を行ってきたが、T F T サイズが小さくなる（チャンネル長が短くなる）と、p チャネル型 T F T に対しても同様のことが言えるようになる。

20

【0 2 6 1】

即ち、チャンネル長が 2 μ m 以下となると短チャンネル効果が顕在化するようになるため、場合によっては p チャネル型 T F T にも L o v 領域を配置する必要性が出てくる。このように本発明において、p チャネル型 T F T は実施例 1 ~ 2 1 に示した構造に限定されるものではなく、n チャネル型 T F T と同一構造であっても構わない。

【0 2 6 2】

なお、本実施例の構成は実施例 1 ~ 2 1 のいずれの構成およびその組み合わせに対しても当てはまることは言うまでもない。

30

【実施例 2 3】

【0 2 6 3】

図 3 3 は実施例 4 に従って作製された n チャネル型 T F T 8 0 2 のドレイン電流（I D）とゲート電圧（V G）との関係を表すグラフ（以下、I D - V G 曲線という）及び電界効果移動度（ μ_{FE} ）のグラフである。このとき、ソース電圧（V S）は 0 V、ドレイン電圧（V D）は 1 V または 1 4 V とした。なお、実測値はチャンネル長（L）が 8 μ m、チャンネル幅（W）が 7. 5 μ m、ゲート絶縁膜の膜厚（T o x）が 1 1 5 n m であった。

【0 2 6 4】

図 3 3 において、太線はストレス試験前、点線はストレス試験後の I D - V G 曲線を示しているが、ストレス試験前後で曲線に殆ど変化はなく、ホットキャリア劣化が抑制されていることが判った。なお、ここで行ったストレス試験は、室温にてソース電圧 0 V、ドレイン電圧 2 0 V、ゲート電圧 2 V をかけた状態で 6 0 秒保持する試験であり、ホットキャリア劣化を促進させる試験である。

40

【0 2 6 5】

さらに、同様のストレス試験を行い、L o v 領域の長さによって電界効果移動度（ μ_{FE} ）の劣化率がどのように変化するか調べた結果を図 3 4 に示す。なお、ここで μ_{FE} の劣化率は、 $1 - (\text{ストレス試験前の } \mu_{FE} / \text{ストレス試験後の } \mu_{FE}) \times 100$ で表される。その結果、L o v 領域の長さが 0. 5 μ m 以上、好ましくは 1 μ m 以上のときにホットキャリ

50

ア効果による μ_{FE} の劣化が抑制されることが判った。

【0266】

また、実施例4及び実施例5に従って液晶表示装置を作製し、その長時間信頼性試験を行った結果を図35(A)、(B)に示す。なお、本試験はソース線駆動回路のシフトレジスタの電源を正電源(9.6V)、負電源1(-2.4V)

、負電源2(-9.6V)とし、ゲート線駆動回路のシフトレジスタの電源を正電源(9.6V)、負電源1(-2.4V)、負電源2(-11.0V)として85℃大気中の環境で動作させている。

【0267】

ここで図35(A)はソース線駆動回路のシフトレジスタにおける消費電流の経時変化を示しており、3000時間まで殆ど変化がないことを確認することができた。また、図35(B)はソース線駆動回路のシフトレジスタにおける最低動作電圧(シフトレジスタが動作する最低電圧)の経時変化を示しており、やはり3000時間まで殆ど変化がないことを確認することができた。また、ここでは示さないがゲート線駆動回路のシフトレジスタも同様の結果が得られた。

【実施例24】

【0268】

図36は実施例11に従って作製されたnチャネル型TFET(但し、nチャネル型TFET802と同一構造)のID-VG曲線及び電界効果移動度である。このとき、ソース電圧(VS)は0V、ドレイン電圧(VD)は1Vまたは14Vとした。なお、実測値はチャンネル長(L)が8.1 μm 、チャンネル幅(W)が7.6 μm 、ゲート絶縁膜の膜厚(Tox)が120nmであった。

【0269】

図36において、太線はストレス試験前、点線はストレス試験後の特性を示しており、ストレス試験前後でホットキャリア劣化は殆ど観測されなかった。なお、ここで行ったストレス試験は実施例23で説明したストレス試験とほぼ同じ条件だが、ストレス時のゲート電圧を4Vと高めに設定した。

【0270】

さらに、同様のストレス試験を行い、Lov領域の長さによって電界効果移動度(μ_{FE})の劣化率(定義は実施例23と同様)がどのように変化するか調べた結果を図37に示す。図37から明らかなように、Lov領域の長さが1 μm 以上のときにホットキャリア効果による μ_{FE} の劣化が抑制されることが判った。

【0271】

また、実施例4、実施例5及び実施例11に従って液晶表示装置を作製し、その長時間信頼性試験を行った結果を図38(A)、(B)に示す。なお、本試験はソース線駆動回路のシフトレジスタの電源及びゲート線駆動回路のシフトレジスタの電源を正電源1(8.5V)、正電源2(4.2V)、負電源(-8.0V)として80℃大気中の環境で動作させている。

【0272】

ここで図38(A)はソース線駆動回路のシフトレジスタにおける消費電流の経時変化を示しており、2000時間まで殆ど変化がないことを確認することができた。また、図38(B)はソース線駆動回路のシフトレジスタにおける最低動作電圧の経時変化を示しており、やはり2000時間まで殆ど変化がないことを確認することができた。また、ここでは示さないがゲート線駆動回路のシフトレジスタも同様の結果が得られた。

【実施例25】

【0273】

本発明は従来のMOSFET上に層間絶縁膜を形成し、その上にTFETを形成する際に用いることも可能である。即ち、三次元構造の半導体装置を実現することも可能である。また、基板としてSIMOX、Smart-Cut(SOITEC社の登録商標)、ELTRAN(キャノン株式会社の登録商標)などのSOI基板を用いることも可能である。

【0274】

なお、本実施例の構成は、実施例1～7、13～19、21～24のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。

【実施例26】

【0275】

本発明によって作製された液晶表示装置は様々な液晶材料を用いることが可能である。そのような材料として、TN液晶、PDLC（ポリマー分散型液晶）、FLC（強誘電性液晶）、AFLC（反強誘電性液晶）、またはFLCとAFLCの混合物が挙げられる。

【0276】

例えば、「H.Furue et al.;Charakteristics and Drivng Scheme of Polymer-Stabiliz ed Monostable FLC D Exhibiting Fast Response Time and High Contrast Ratio with Gr ay-Scale Capability,SID,1998」、「T.Yoshida et al.;A Full-Color Thresholdless An tiferroelectric LCD Exhibiting Wide Viewing Angle with Fast Response Time,841,SI D97DIGEST,1997」、または米国特許第5,594,569号に開示された材料を用いることができ

【0277】

特に、しきい値なし（無しきい値）の反強誘電性液晶（Thresholdless Antiferroelect ric LCD：TL-AFLCと略記する）を使うと、液晶の動作電圧を±2.5V程度に低減しうするため電源電圧として5～8V程度で済む場合がある。

即ち、駆動回路と画素部を同じ電源電圧で動作させることが可能となり、液晶表示装置全 体の低消費電力化を図ることができる。

【0278】

また、強誘電性液晶や反強誘電性液晶はTN液晶に比べて応答速度が速いという利点をもつ。本発明で用いるような結晶質TF Tは非常に動作速度の速いTF Tを実現しうるため、強誘電性液晶や反強誘電性液晶の応答速度の速さを十分に生かした画像応答速度の速い液晶表示装置を実現することが可能である。

【0279】

なお、本実施例の液晶表示装置をパーソナルコンピュータ等の電気器具の表示部として用いることが有効であることは言うまでもない。

【0280】

また、本実施例の構成は、実施例1～25のいずれの構成とも自由に組み合わせることが可能である。

【実施例27】

【0281】

本願発明はアクティブマトリクス型EL（エレクトロルミネッセンス）ディスプレイ（EL表示装置ともいう）に適用することも可能である。その例を図24に示す。

【0282】

図24は本実施例のアクティブマトリクス型ELディスプレイの回路図である。81は表示領域を表しており、その周辺にはX方向（ソース側）駆動回路82、Y方向（ゲート側）駆動回路83が設けられている。また、表示領域81の各画素は、スイッチング用TF T84、コンデンサ85、電流制御用TF T86、EL素子87を有し、スイッチング用TF T84にX方向信号線（ソース信号線）88a（または88b）、Y方向信号線（ゲート信号線）89a（または89b、89c）が接続される。また、電流制御用TF T86には、電源線90a、90bが接続される。

【0283】

なお、本実施例のアクティブマトリクス型ELディスプレイに対して、実施例1～4、6、8～25のいずれの構成を組み合わせても良い。

【実施例28】

【0284】

本実施例では、本願発明を用いてEL（エレクトロルミネッセンス）表示装置を作製した

例について説明する。なお、図 25 (A) は本願発明の EL 表示装置の上面図であり、図 25 (B) はその断面図である。

【0285】

図 25 (A) において、4002 は基板 4001 (図 13 (B) 参照) に形成された画素部、4003 はソース側駆動回路、4004 はゲート側駆動回路であり、それぞれの駆動回路は配線 4005 を経て FPC (フレキシブルプリントサーキット) 4006 に至り、外部機器へと接続される。

【0286】

このとき、画素部 4002、ソース側駆動回路 4003 及びゲート側駆動回路 4004 を囲むようにして第 1 シール材 4101、カバー材 4102、充填材 4103 及び第 2 シール材 4104 が設けられている。

10

【0287】

また、図 25 (B) は図 25 (A) を A-A' で切断した断面図に相当し、基板 4001 の上にソース側駆動回路 4003 に含まれる駆動 TFT (但し、ここでは n チャンネル型 TFT と p チャンネル型 TFT を図示している。) 4201 及び画素部 4002 に含まれる電流制御用 TFT (EL 素子への電流を制御する TFT) 4202 が形成されている。

【0288】

本実施例では、駆動 TFT 4201 には図 3 の p チャンネル型 TFT 181 と n チャンネル型 TFT 182 と同じ構造の TFT が用いられ、電流制御用 TFT 4202 には図 3 の p チャンネル型 TFT 181 と同じ構造の TFT が用いられる。また、画素部 4002 には電流制御用 TFT 4202 のゲートに接続された保持容量 (図示せず) が設けられる。

20

【0289】

駆動 TFT 4201 及び画素 TFT 4202 の上には樹脂材料でなる層間絶縁膜 (平坦化膜) 4301 が形成され、その上に画素 TFT 4202 のドレインと電氣的に接続する画素電極 (陽極) 4302 が形成される。画素電極 4302 としては仕事関数の大きい透明導電膜が用いられる。透明導電膜としては、酸化インジウムと酸化スズとの化合物または酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物を用いることができる。

【0290】

そして、画素電極 4302 の上には絶縁膜 4303 が形成され、絶縁膜 4303 は画素電極 4302 の上に開口部が形成されている。この開口部において、画素電極 4302 の上には EL (エレクトロルミネッセンス) 層 4304 が形成される。EL 層 4304 は公知の有機 EL 材料または無機 EL 材料を用いることができる。また、有機 EL 材料には低分子系 (モノマー系) 材料と高分子系 (ポリマー系) 材料があるがどちらを用いても良い。

30

【0291】

EL 層 4304 の形成方法は公知の蒸着技術もしくは塗布法技術を用いれば良い。また、EL 層の構造は正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層または電子注入層を自由に組み合わせて積層構造または単層構造とすれば良い。

【0292】

EL 層 4304 の上には遮光性を有する導電膜 (代表的にはアルミニウム、銅もしくは銀を主成分とする導電膜またはそれらと他の導電膜との積層膜) からなる陰極 4305 が形成される。また、陰極 4305 と EL 層 4304 の界面に存在する水分や酸素は極力排除しておくことが望ましい。従って、真空中で両者を連続成膜するか、EL 層 4304 を窒素または希ガス雰囲気中で形成し、酸素や水分に触れさせないまま陰極 4305 を形成するといった工夫が必要である。本実施例ではマルチチャンバー方式 (クラスターツール方式) の成膜装置を用いることで上述のような成膜を可能とする。

40

【0293】

そして陰極 4305 は 4306 で示される領域において配線 4005 に電氣的に接続される。配線 4005 は陰極 4305 に所定の電圧を与えるための配線であり、異方導電性フィルム 4307 を介して FPC 4006 に電氣的に接続される。

50

【0294】

以上のようにして、画素電極（陽極）4302、EL層4304及び陰極4305からなるEL素子が形成される。このEL素子は、第1シール材4101及び第1シール材4101によって基板4001に貼り合わされたカバー材4102で囲まれ、充填材4103により封入されている。

【0295】

カバー材4102としては、ガラス板、金属板（代表的にはステンレス板）、セラミックス板、FRP（Fiberglass-Reinforced Plastics）板、PVF（ポリビニルフルオライド）フィルム、マイラーフィルム、ポリエステルフィルムまたはアクリル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PVFフィルムやマイラーフィルムで挟んだ構造のシートを用いることもできる。

10

【0296】

但し、EL素子からの光の放射方向がカバー材側に向かう場合にはカバー材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明物質を用いる。

【0297】

また、充填材4103としては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、シリコーン樹脂、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。この充填材4103の内部に吸湿性物質（好ましくは酸化バリウム）を設けておくとEL素子の劣化を抑制できる。

20

【0298】

また、充填材4103の中にスペーサを含有させてもよい。このとき、スペーサを酸化バリウムで形成すればスペーサ自体に吸湿性をもたせることが可能である。また、スペーサを設けた場合、スペーサからの圧力を緩和するバッファ層として陰極4305上に樹脂膜を設けることも有効である。

【0299】

また、配線4005は異方導電性フィルム4307を介してFPC4006に電氣的に接続される。配線4005は画素部4002、ソース側駆動回路4003及びゲート側駆動回路4004に送られる信号をFPC4006に伝え、FPC4006により外部機器と電氣的に接続される。

30

【0300】

また、本実施例では第1シール材4101の露呈部及びFPC4006の一部を覆うように第2シール材4104を設け、EL素子を徹底的に外気から遮断する構造となっている。こうして図25（B）の断面構造を有するEL表示装置となる。なお、本実施例のEL表示装置は実施例1～4、6～20、22のいずれの構成を組み合わせで作製しても構わない。

【0301】

ここで画素部のさらに詳細な断面構造を図26に、上面構造を図27（A）に、回路図を図27（B）に示す。図26、図27（A）及び図27（B）では共通の符号を用いるので互いに参照すれば良い。

40

【0302】

図26において、基板4401上に設けられたスイッチング用TFT4402は図3（C）のnチャネル型TFT183を用いて形成される。従って、構造の説明はnチャネル型TFT183の説明を参照すれば良い。また、4403で示される配線は、スイッチング用TFT4402のゲート電極4404a、4404bを電氣的に接続するゲート配線である。

【0303】

なお、本実施例ではチャネル形成領域が二つ形成されるダブルゲート構造としているが、チャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造もしくは三つ形成されるトリプ

50

ルゲート構造であっても良い。

【0304】

また、スイッチング用TFT4402のドレイン配線4405は電流制御用TFT4406のゲート電極4407に電氣的に接続されている。なお、電流制御用TFT4406は図3(C)のpチャネル型TFT181を用いて形成される。従って、構造の説明はpチャネル型TFT181の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0305】

スイッチング用TFT4402及び電流制御用TFT4406の上には第1パッシベーション膜4408が設けられ、その上に樹脂からなる平坦化膜4409が形成される。平坦化膜4409を用いてTFTによる段差を平坦化することは非常に重要である。後に形成されるEL層は非常に薄いため、段差が存在することによって発光不良を起こす場合がある。従って、EL層をできるだけ平坦面に形成しうるように画素電極を形成する前に平坦化しておくことが望ましい。

【0306】

また、4410は透明導電膜からなる画素電極(EL素子の陽極)であり、電流制御用TFT4406のドレイン配線4411に電氣的に接続される。画素電極4410としては酸化インジウムと酸化スズとの化合物もしくは酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物からなる導電膜を用いることができる。

【0307】

画素電極4410の上にはEL層4412が形成される。なお、図26では一画素しか図示していないが、本実施例ではR(赤)、G(緑)、B(青)の各色に対応したEL層を作り分けている。また、本実施例では蒸着法により低分子系有機EL材料を形成している。具体的には、正孔注入層として20nm厚の銅フタロシアニン(CuPc)膜を設け、その上に発光層として70nm厚のトリス-8-キノリノラトアルミニウム錯体(A1q₃)膜を設けた積層構造としている。A1q₃に蛍光色素を添加することで発光色を制御することができる。

【0308】

但し、以上の例はEL層として用いることのできる有機EL材料の一例であって、これに限定する必要はまったくない。発光層、電荷輸送層または電荷注入層を自由に組み合わせてEL層(発光及びそのためのキャリアの移動を行わせるための層)を形成すれば良い。例えば、本実施例では低分子系有機EL材料をEL層として用いる例を示したが、高分子系有機EL材料を用いても良い。また、電荷輸送層や電荷注入層として炭化珪素等の無機材料を用いることも可能である。

これらの有機EL材料や無機材料は公知の材料を用いることができる。

【0309】

次に、EL層4412の上には遮光性の導電膜からなる陰極4413が設けられる。本実施例の場合、遮光性の導電膜としてアルミニウムとリチウムとの合金膜を用いる。勿論、公知のMgAg膜(マグネシウムと銀との合金膜)を用いても良い。陰極材料としては、周期表の1族もしくは2族に属する元素からなる導電膜もしくはそれらの元素を添加した導電膜を用いれば良い。

【0310】

この陰極4413まで形成された時点でEL素子4414が完成する。なお、ここでいうEL素子4414は、画素電極(陽極)4410、EL層4412及び陰極4413で形成されたコンデンサを指す。

【0311】

次に、本実施例における画素の上面構造を図27(A)を用いて説明する。スイッチング用TFT4402のソースはソース配線4415に接続され、ドレインはドレイン配線4405に接続される。また、ドレイン配線4405は電流制御用TFT4406のゲート電極4407に電氣的に接続される。また、電流制御用TFT4406のソースは電流

10

20

30

40

50

供給線 4416 に電氣的に接続され、ドレインはドレイン配線 4417 に電氣的に接続される。また、ドレイン配線 4417 は点線で示される画素電極（陽極） 4418 に電氣的に接続される。

【0312】

このとき、4419 で示される領域には保持容量が形成される。保持容量 4419 は、電流供給線 4416 と電氣的に接続された半導体膜 4420、ゲート絶縁膜と同一層の絶縁膜（図示せず）及びゲート電極 4407 との間で形成される。また、ゲート電極 4407、第 1 層間絶縁膜と同一の層（図示せず）及び電流供給線 4416 で形成される容量も保持容量として用いることが可能である。

【0313】

なお、本実施例の構成は、実施例 1～4、6、8～25 の構成と自由に組み合わせて実施することが可能である。

【実施例 29】

【0314】

本実施例では、実施例 28 とは異なる画素構造を有した EL 表示装置について説明する。説明には図 28 を用いる。なお、図 26 と同一の符号が付してある部分については実施例 26 の説明を参照すれば良い。

【0315】

図 28 では電流制御用 TFT 4501 として図 3 (C) の n チャネル型 TFT 182 と同一構造の TFT を用いる。勿論、電流制御用 TFT 4501 のゲート電極 4502 はスイッチング用 TFT 4402 のドレイン配線 4405 に接続されている。また、電流制御用 TFT 4501 のドレイン配線 4503 は画素電極 4504 に電氣的に接続されている。

【0316】

本実施例では、画素電極 4504 が EL 素子の陰極として機能し、遮光性の導電膜を用いて形成する。具体的には、アルミニウムとリチウムとの合金膜を用いるが、周期表の 1 族もしくは 2 族に属する元素からなる導電膜もしくはそれらの元素を添加した導電膜を用いれば良い。

【0317】

画素電極 4504 の上には EL 層 4505 が形成される。なお、図 28 では一画素しか図示していないが、本実施例では G（緑）に対応した EL 層を蒸着法及び塗布法（好ましくはスピンコーティング法）により形成している。具体的には、電子注入層として 20 nm 厚のフッ化リチウム（LiF）膜を設け、その上に発光層として 70 nm 厚の PPV（ポリパラフェニレンビニレン）膜を設けた積層構造としている。

【0318】

次に、EL 層 4505 の上には透明導電膜からなる陽極 4506 が設けられる。本実施例の場合、透明導電膜として酸化インジウムと酸化スズとの化合物もしくは酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物からなる導電膜を用いる。

【0319】

この陽極 4506 まで形成された時点で EL 素子 4507 が完成する。なお、ここでの EL 素子 4507 は、画素電極（陰極） 4504、EL 層 4505 及び陰極 4506 で形成されたコンデンサを指す。

【0320】

このとき、電流制御用 TFT 4501 が本願発明の構造であることは非常に重要な意味を持つ。電流制御用 TFT 4501 は EL 素子 4507 を流れる電流量を制御するための素子であるため、多くの電流が流れ、熱による劣化やホットキャリアによる劣化の危険性が高い素子でもある。そのため、電流制御用 TFT 4501 のドレイン側に、ゲート絶縁膜 4508 を介してゲート電極 4502 に重なるように LDD 領域 4509 を設ける本願発明の構造は極めて有効である。

【0321】

また、本実施例の電流制御用TFT4501はゲート電極4502とLDD領域4509との間にゲート容量と呼ばれる寄生容量を形成する。このゲート容量を調節することで図27(A)、(B)に示した保持容量4419と同等の機能を持たせることも可能である。特に、EL表示装置をデジタル駆動方式で動作させる場合においては、保持容量のキャパシタンスがアナログ駆動方式で動作させる場合よりも小さくて済むため、ゲート容量で保持容量を代用しうる。

【0322】

なお、本実施例の構成は、実施例1～4、6、8～25の構成と自由に組み合わせて実施することが可能である。

【実施例30】

10

【0323】

本実施例では、実施例28もしくは実施例29に示したEL表示装置の画素部に用いることができる画素構造の例を図29(A)～(C)に示す。なお、本実施例において、4601はスイッチング用TFT4602のソース配線、4603はスイッチング用TFT4602のゲート配線、4604は電流制御用TFT、4605はコンデンサ、4606、4608は電流供給線、4607はEL素子とする。

【0324】

図29(A)は、二つの画素間で電流供給線4606を共通とした場合の例である。即ち、二つの画素が電流供給線4606を中心に線対称となるように形成されている点に特徴がある。この場合、電源供給線の本数を減らすことができるため、画素部をさらに高精細化することができる。

20

【0325】

また、図29(B)は、電流供給線4608をゲート配線4603と平行に設けた場合の例である。なお、図29(B)では電流供給線4608とゲート配線4603とが重ならないように設けた構造となっているが、両者が異なる層に形成される配線であれば、絶縁膜を介して重なるように設けることもできる。この場合、電源供給線4608とゲート配線4603とで専有面積を共有させることができるため、画素部をさらに高精細化することができる。

【0326】

また、図29(C)は、図29(B)の構造と同様に電流供給線4608をゲート配線4603と平行に設け、さらに、二つの画素を電流供給線4608を中心に線対称となるように形成する点に特徴がある。また、電流供給線4608をゲート配線4603のいずれか一方と重なるように設けることも有効である。この場合、電源供給線の本数を減らすことができるため、画素部をさらに高精細化することができる。

30

【実施例31】

【0327】

本願発明の電気光学装置や半導体回路は電気器具の表示部や信号処理回路として用いることができる。そのような電気器具としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター、プロジェクションTV、ゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）、ナビゲーションシステム、音響再生装置、ノート型パーソナルコンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等）、記録媒体を備えた画像再生装置などが挙げられる。それら電気器具の具体例を図30～32に示す。

40

【0328】

図30(A)は携帯電話であり、本体2001、音声出力部2002、音声入力部2003、表示部2004、操作スイッチ2005、アンテナ2006で構成される。本願発明の電気光学装置は表示部2004に、本願発明の半導体回路は音声出力部2002、音声入力部2003またはCPUやメモリ等に用いることができる。

【0329】

図30(B)はビデオカメラであり、本体2101、表示部2102、音声入力部21

50

03、操作スイッチ2104、バッテリー2105、受像部2106で構成される。本願発明の電気光学装置は表示部2102に、本願発明の半導体回路は音声入力部2103またはCPUやメモリ等に用いることができる。

【0330】

図30(C)はモバイルコンピュータ(モービルコンピュータ)であり、本体2201、カメラ部2202、受像部2203、操作スイッチ2204、表示部2205で構成される。本願発明の電気光学装置は表示部2205に、本願発明の半導体回路はCPUやメモリ等に用いることができる。

【0331】

図30(D)はゴーグル型ディスプレイであり、本体2301、表示部2302、アーム部2303で構成される。本願発明の電気光学装置は表示部2302に、本願発明の半導体回路はCPUやメモリ等に用いることができる。

10

【0332】

図30(E)はリアプロジェクター(プロジェクションTV)であり、本体2401、光源2402、液晶表示装置2403、偏光ビームスプリッタ2404、リフレクター2405、2406、スクリーン2407で構成される。本発明は液晶表示装置2403に用いることができ、本願発明の半導体回路はCPUやメモリ等に用いることができる。

【0333】

図30(F)はフロントプロジェクターであり、本体2501、光源2502、液晶表示装置2503、光学系2504、スクリーン2505で構成される。本発明は液晶表示装置2502に用いることができ、本願発明の半導体回路はCPUやメモリ等に用いることができる。

20

【0334】

図31(A)はパーソナルコンピュータであり、本体2601、映像入力部2602、表示部2603、キーボード2604等を含む。本願発明の電気光学装置は表示部2603に、本願発明の半導体回路はCPUやメモリ等に用いることができる。

【0335】

図31(B)は電子遊戯機器(ゲーム機器)であり、本体2701、記録媒体2702、表示部2703及びコントローラー2704を含む。この電子遊戯機器から出力された音声や映像は筐体2705及び表示部2706を含む表示ディスプレイにて再生される。コントローラー2704と本体2701との間の通信手段または電子遊戯機器と表示ディスプレイとの間の通信手段は、有線通信、無線通信もしくは光通信が使える。本実施例では赤外線センサ部2707、2708で検知する構成となっている。本願発明の電気光学装置は表示部2703、2706に、本願発明の半導体回路はCPUやメモリ等に用いることができる。

30

【0336】

図31(C)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤー(画像再生装置)であり、本体2801、表示部2802、スピーカ部2803、記録媒体2804及び操作スイッチ2805を含む。なお、この画像再生装置は記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。本願発明の電気光学装置は表示部2802やCPUやメモリ等に用いることができる。

40

【0337】

図31(D)はデジタルカメラであり、本体2901、表示部2902、接眼部2903、操作スイッチ2904、受像部(図示せず)を含む。本願発明の電気光学装置は表示部2902やCPUやメモリ等に用いることができる。

【0338】

なお、図30(E)のリアプロジェクターや図30(F)のフロントプロジェクターに用いることのできる光学エンジンについての詳細な説明を図32に示す。なお、図32(A)は光学エンジンであり、図32(B)は光学エンジンに内蔵される光源光学系である

50

。

【0339】

図32(A)に示す光学エンジンは、光源光学系3001、ミラー3002、3005～3007、ダイクロイックミラー3003、3004、光学レンズ3008a～3008c、プリズム3011、液晶表示装置3010、投射光学系3012を含む。投射光学系3012は、投射レンズを備えた光学系である。本実施例は液晶表示装置3010を三つ使用する三板式の例を示したが、単板式であってもよい。また、図32(A)中において矢印で示した光路には、光学レンズ、偏光機能を有するフィルム、位相差を調節するためのフィルムもしくはIRフィルム等を設けてもよい。

【0340】

また、図32(B)に示すように、光源光学系3001は、光源3013、3014、合成プリズム3015、コリメータレンズ3016、3020、レンズアレイ3017、3018、偏光変換素子3019を含む。なお、図32(B)に示した光源光学系は光源を2つ用いたが、一つでも良いし、三つ以上としてもよい。また、光源光学系の光路のどこかに、光学レンズ、偏光機能を有するフィルム、位相差を調節するフィルムもしくはIRフィルム等を設けてもよい。

【0341】

以上の様に、本願発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電気器具に適用することが可能である。また、本実施例の電気器具は実施例1～30のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

【符号の説明】

【0342】

601 基板
 602a、602b 下地膜
 603～606 活性層
 607 ゲート絶縁膜
 612～614 n^- 領域
 615 第1の導電膜
 616 第2の導電膜
 618 第3の導電膜
 626、639、640、641 ゲート配線
 625、627 接続配線
 631、632 p^{++} 領域
 647～653 n^+ 領域または(n^++n^-)領域
 654～657 n^{--} 領域
 663 保護絶縁膜
 664 層間絶縁膜
 665～668 ソース配線
 669～672 ドレイン配線
 673、674 接続配線
 675 パッシベーション膜
 676 第2の層間絶縁膜
 677 遮光膜
 678 酸化物
 679～681 画素電極
 682 保持容量
 701、704、708、713、714 チャネル形成領域
 702、705、709、715 ソース領域
 703、706、710、716 ドレイン領域
 707、711a、712a Lov領域

10

20

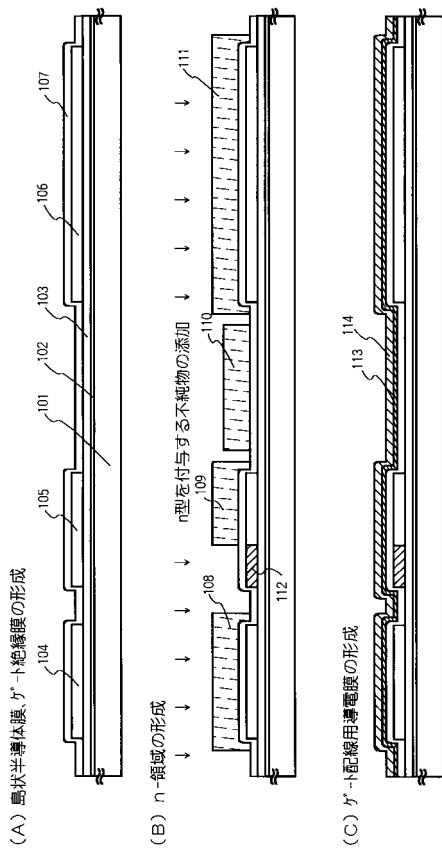
30

40

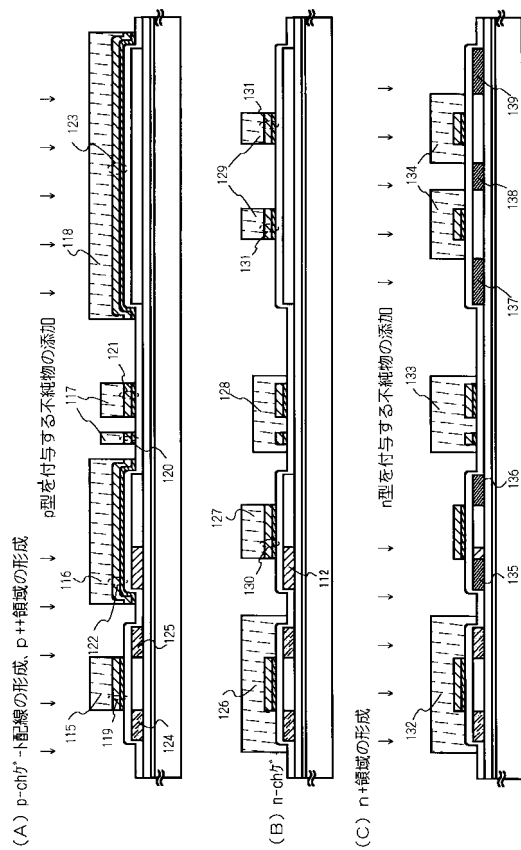
50

7 1 1 b、7 1 2 b、7 1 7 ~ 7 2 0 L off 領域
7 2 1 n⁺ 領域

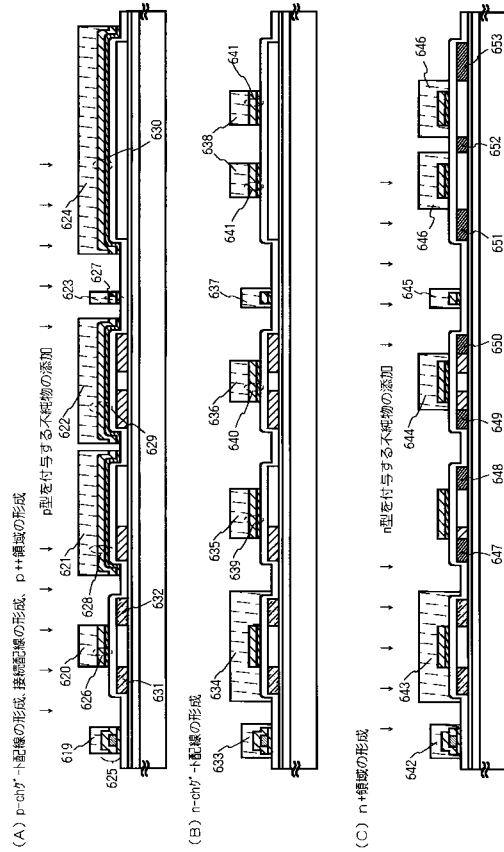
【図 1】



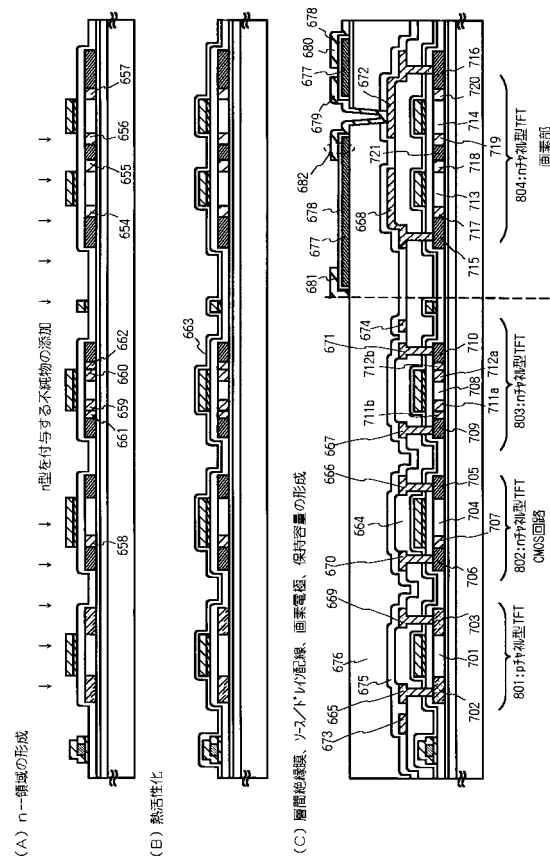
【図 2】



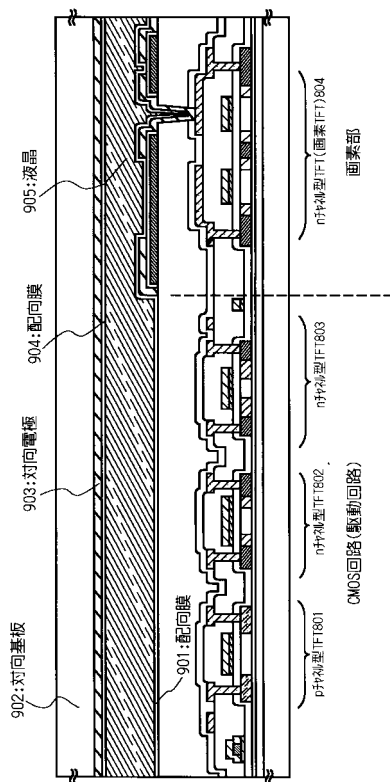
【図 7】



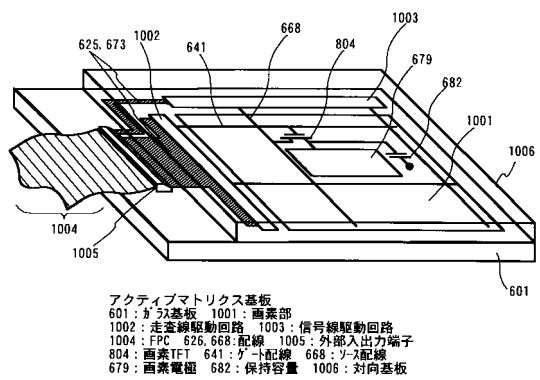
【図 8】



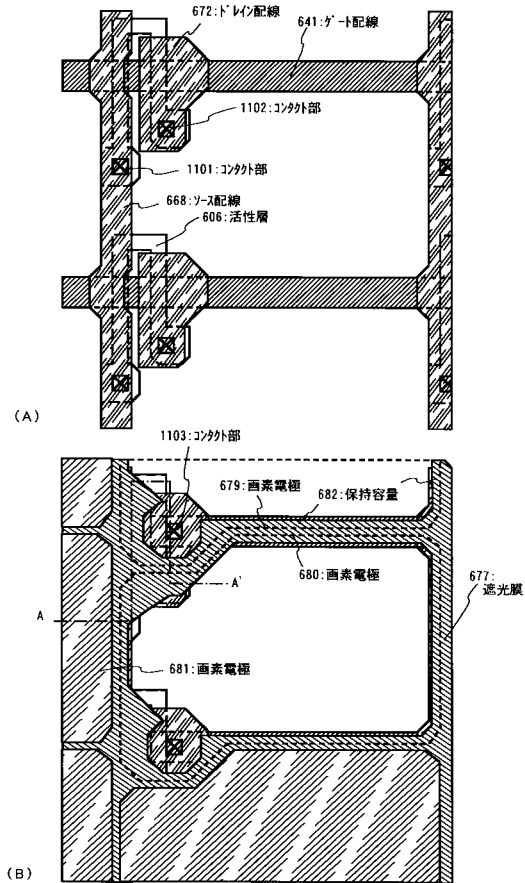
【図 9】



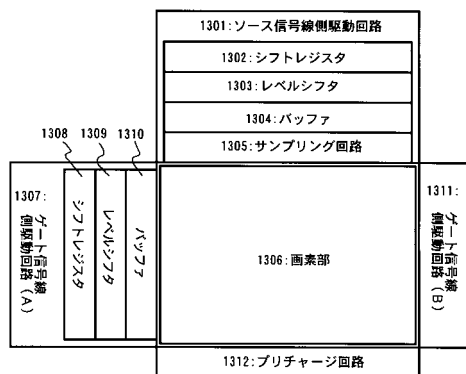
【図 10】



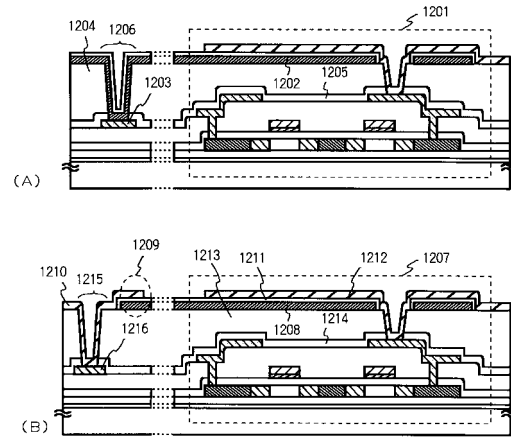
【図 1 1】



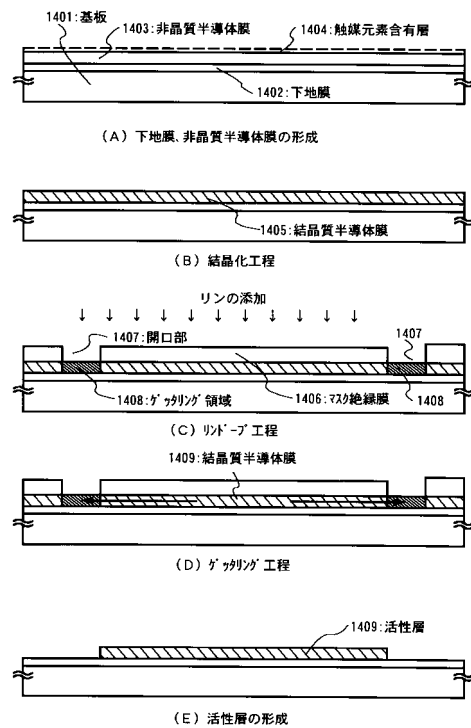
【図 1 3】



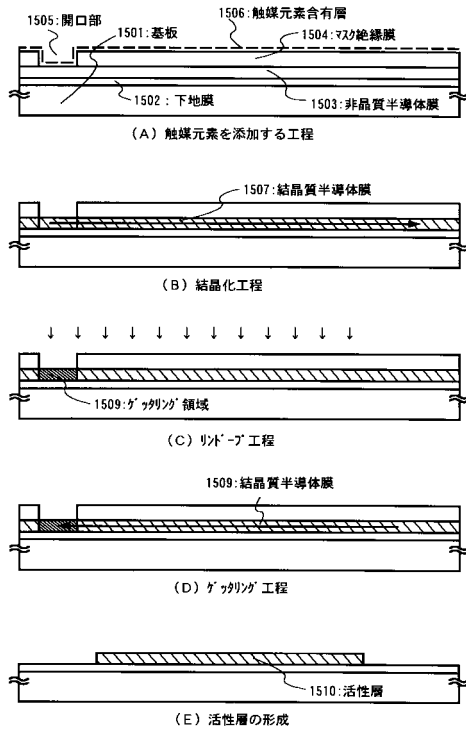
【図 1 2】



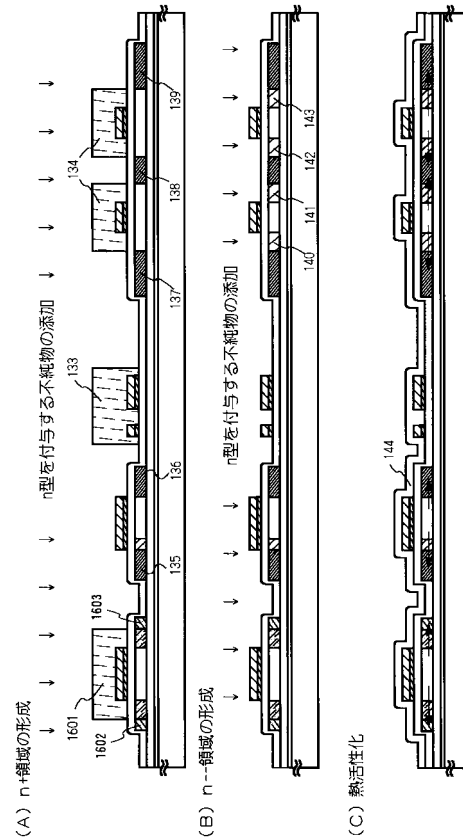
【図 1 4】



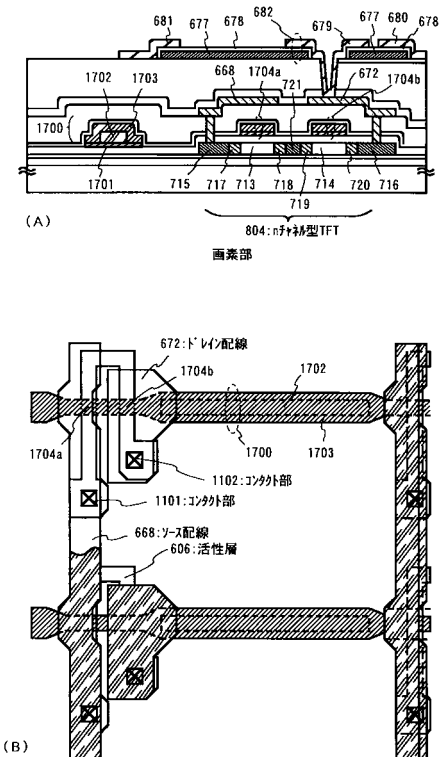
【図 15】



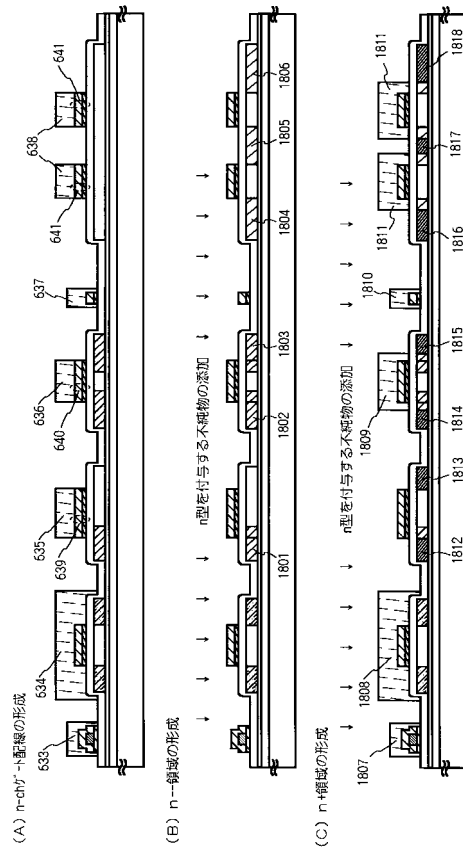
【図 16】



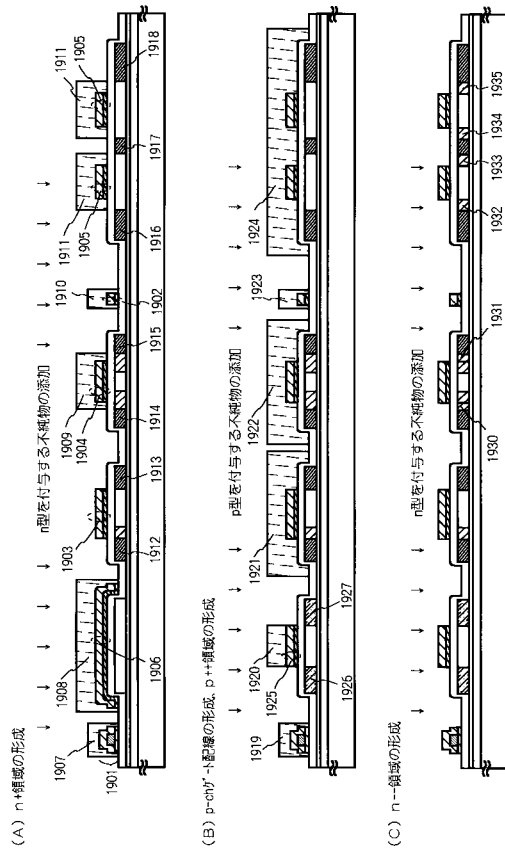
【図 17】



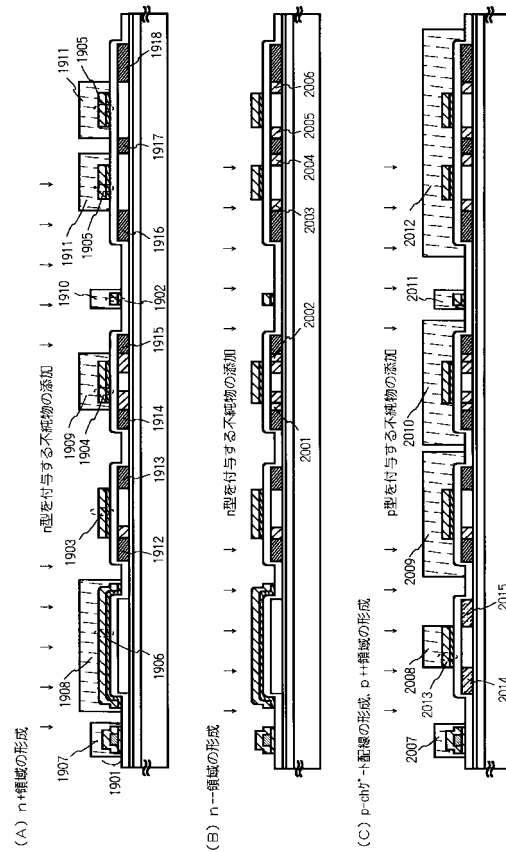
【図 18】



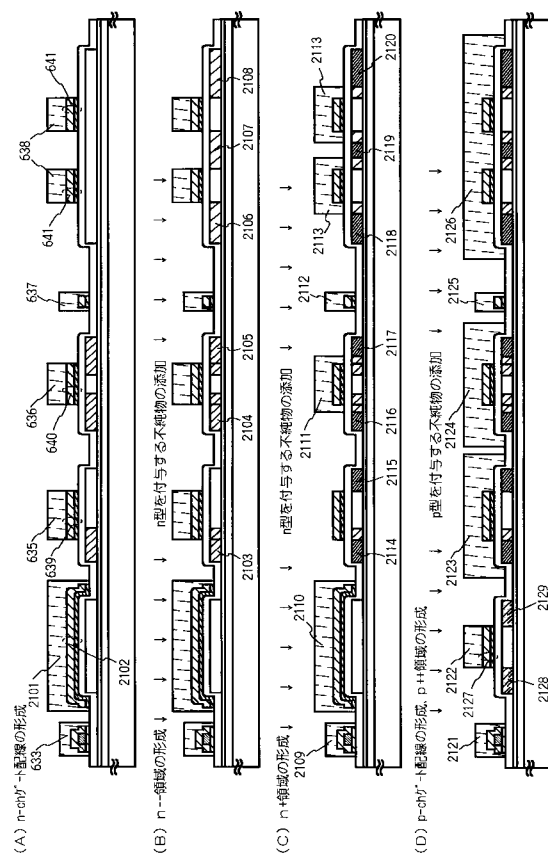
【図 19】



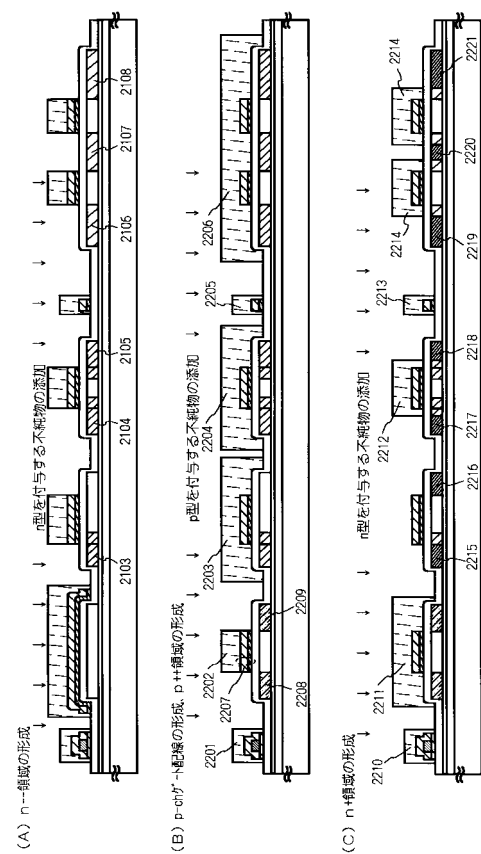
【図 20】



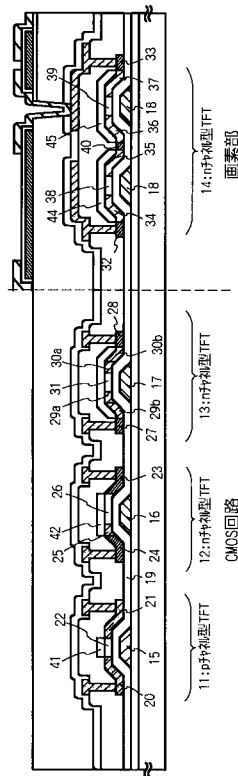
【図 21】



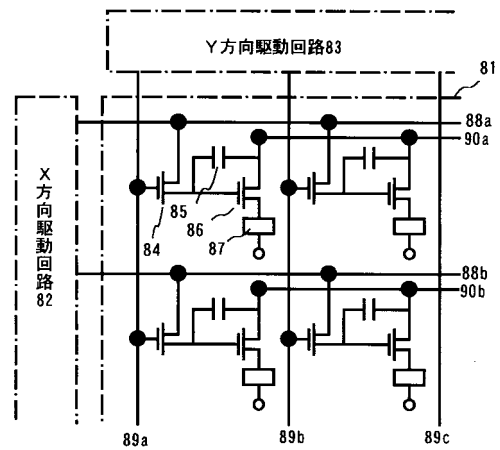
【図 22】



【図 2 3】

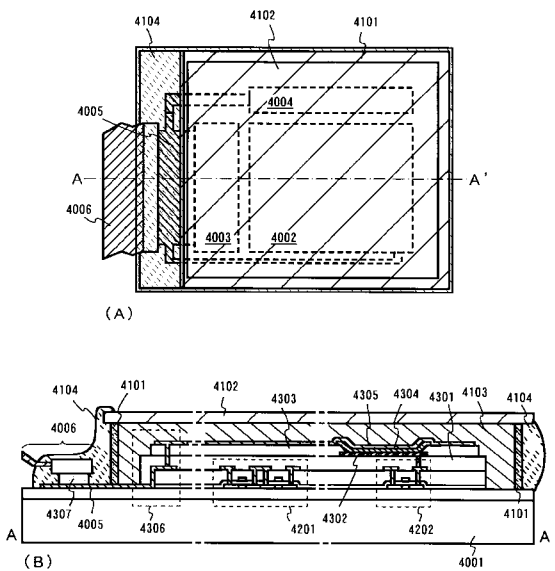


【図 2 4】

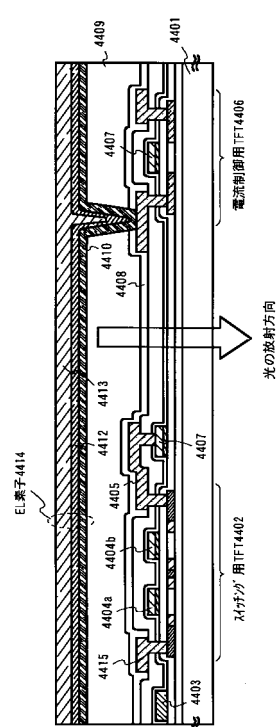


81:画素部 82:X方向(ソース)駆動回路 83:Y方向(ゲート)駆動回路
 84:スイッチング用TFT 85:コンデンサ 86:電流制御用TFT 87:有機EL素子
 88a, 88b:X方向信号線 89a~89c:Y方向信号線 90a, 90b:電源線

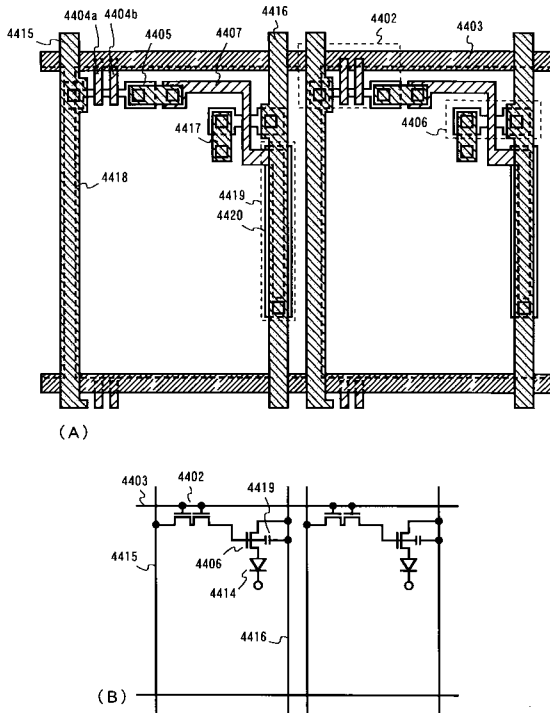
【図 2 5】



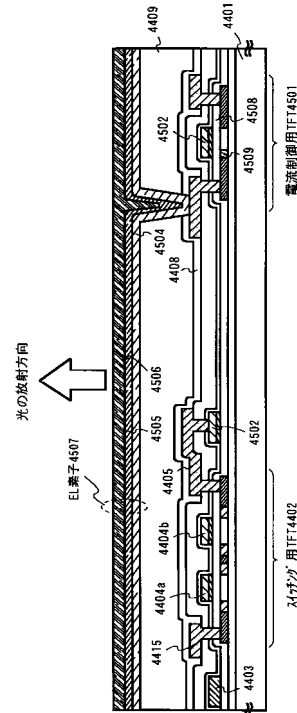
【図 2 6】



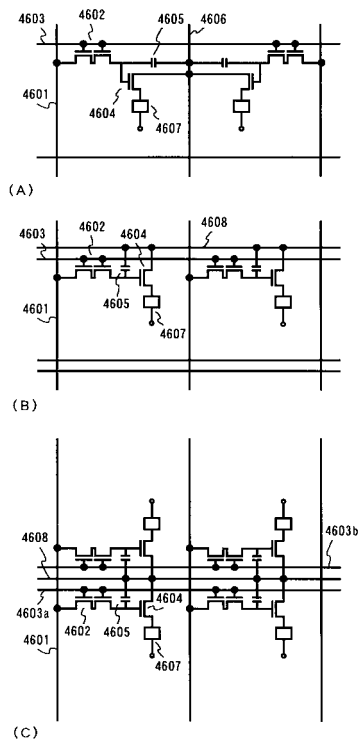
【図 27】



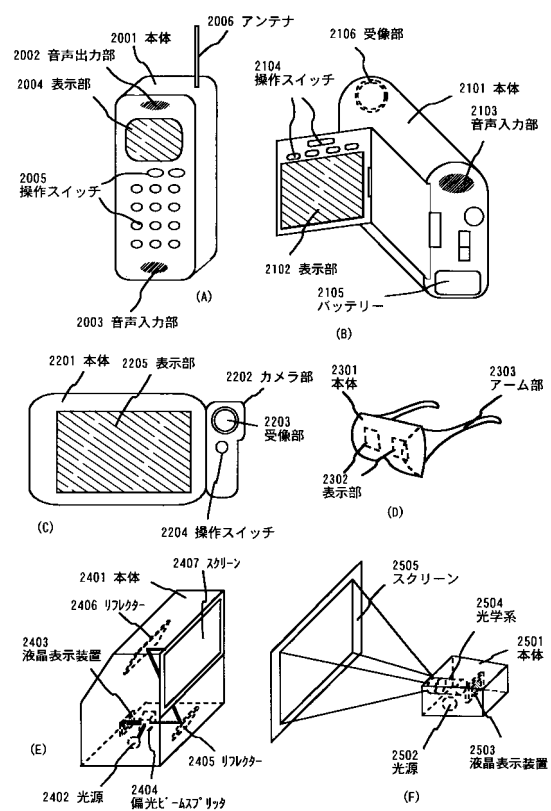
【図 28】



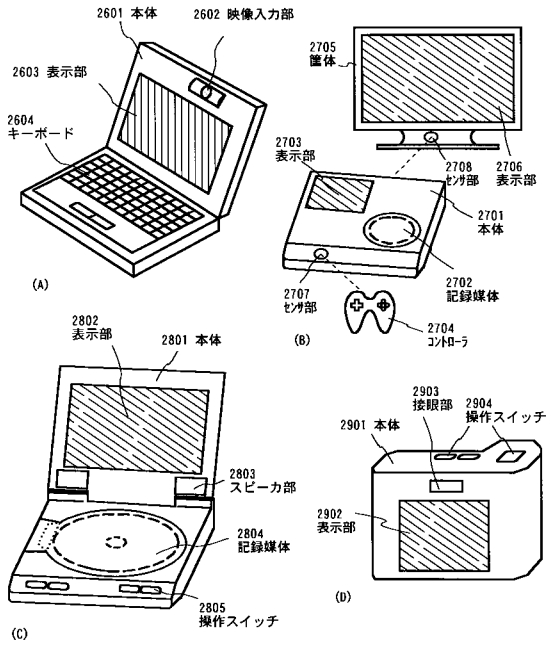
【図 29】



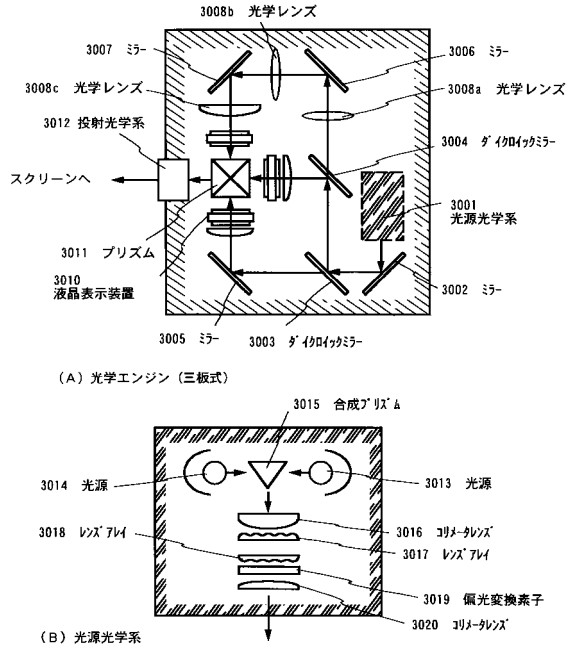
【図 30】



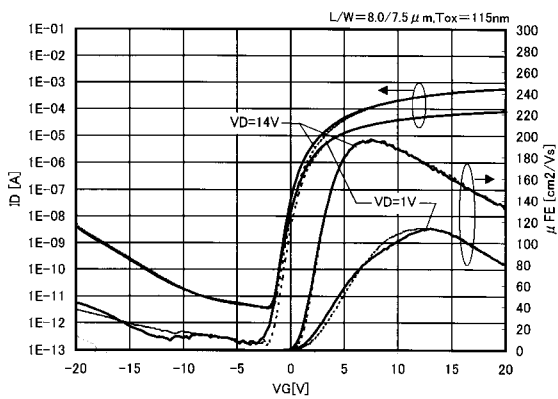
【図 3 1】



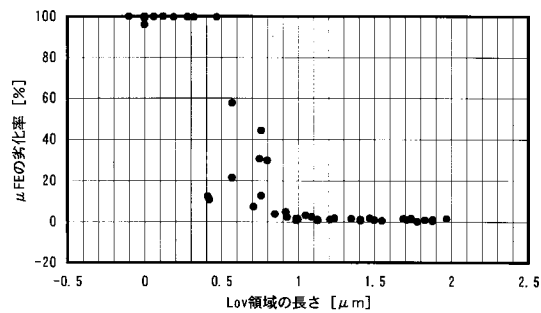
【図 3 2】



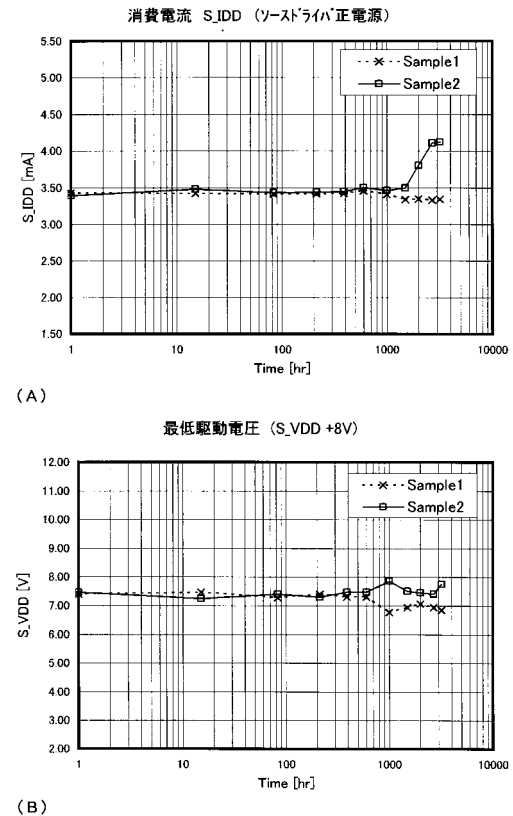
【図 3 3】



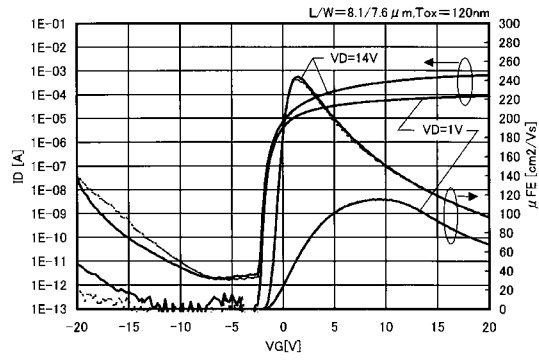
【図 3 4】



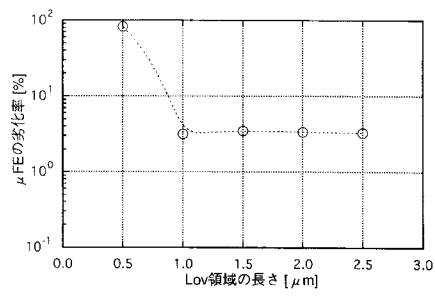
【図 3 5】



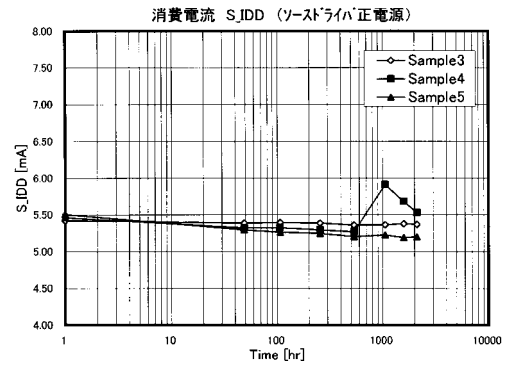
【図 36】



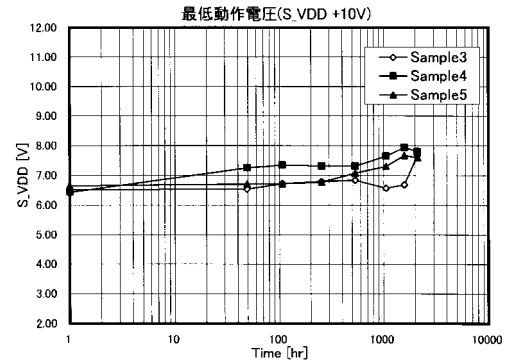
【図 37】



【図 38】



(A)



(B)

フロントページの続き

(72)発明者 北角 英人

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72)発明者 大沼 英人

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

F ターム(参考) 2H192 AA24 BC31 BC42 BC72 CB02 CB05 CB13 CB24 CB45 CB53
CB71 CC04 CC05 CC17 CC32 CC42 DA13 DA15 DA42 DA72
EA03 EA04 EA13 EA67 EA76 FA73 FB02 FB03 FB06 FB15
GA42 GD03 GD06 HA24 JA24 JA25 JB02
5F110 AA30 BB01 BB02 CC02 CC07 DD01 DD02 DD03 DD13 DD14
DD15 DD17 EE01 EE03 EE04 EE14 EE28 EE44 FF02 FF03
FF23 FF30 FF36 GG01 GG02 GG06 GG12 GG14 GG25 GG28
GG29 GG32 GG34 GG42 GG43 GG58 HJ01 HJ04 HJ12 HJ13
HJ23 HL03 HL04 HL12 HL23 HM14 HM15 NN03 NN12 NN22
NN23 NN24 NN27 NN35 NN39 NN40 NN44 PP03 PP10 PP34
PP35 QQ09 QQ11 QQ16 QQ24 QQ25 QQ28