

(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2016-66065
(P2016-66065A)

(43) 公開日 平成28年4月28日(2016.4.28)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G09G 3/36 (2006.01)	G09G 3/36	2 H 1 9 2
G09G 3/30 (2006.01)	G09G 3/30	H 2 H 1 9 3
G09G 3/20 (2006.01)	G09G 3/20	6 6 0 U 3 K 1 0 7
G02F 1/133 (2006.01)	G09G 3/20	6 1 1 A 5 C 0 0 6
G02F 1/1368 (2006.01)	G09G 3/20	6 1 1 E 5 C 0 8 0

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 53 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-171708 (P2015-171708)
 (22) 出願日 平成27年9月1日 (2015.9.1)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-180856 (P2014-180856)
 (32) 優先日 平成26年9月5日 (2014.9.5)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-190964 (P2014-190964)
 (32) 優先日 平成26年9月19日 (2014.9.19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 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 山本 朗央
 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 魚地 秀貴
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 F ターム (参考) 2H192 AA24 CB02 CB05 CB08 CB37
 CB71 DA12 GD61
 2H193 ZA04 ZA07 ZC32 ZD16 ZD36
 ZJ02 ZJ20
 3K107 AA01 AA05 BB01 CC14 CC21
 CC33 CC45 EE04 EE57 HH00
 最終頁に続く

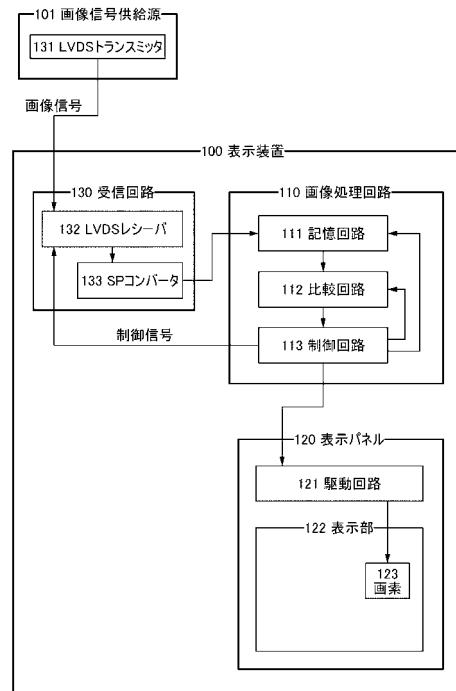
(54) 【発明の名称】表示装置、および電子機器

(57) 【要約】

【課題】消費電力が少ない表示装置を提供する。

【解決手段】静止画表示期間と、動画表示期間と、を有する表示装置であって、画像信号を受信する機能を有する受信回路と、表示部を駆動する機能を有する駆動回路と、画像を表示する機能を有する表示部と、を有し、表示部は静止画表示期間中にフレーム周波数が1Hz以下で画像を表示し、受信回路は静止画表示期間中に画像信号の受信を停止する。外部信号を用いることにより、静止画表示期間から動画表示期間への変更を的確に行う。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

受信回路と、駆動回路と、表示部と、を有する表示装置であって、
前記受信回路は、画像信号を受信することができる機能を有し、
前記駆動回路は、前記表示部に前記画像信号を供給することができる機能を有し、
前記表示部は、静止画表示期間において、フレーム周波数を 1 Hz 以下として画像を表示
することができる機能を有し、
前記受信回路は、前記静止画表示期間において、少なくとも一部の動作を停止する
ことができる機能を有することを特徴とする表示装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、
前記受信回路はオペアンプを有し、
前記受信回路は、前記静止画表示期間において、前記オペアンプへのバイアス電流の供給
を停止することができる機能を有することを特徴とする表示装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、
前記駆動回路は、前記静止画表示期間において、動作を停止することができる機能を有す
ることを特徴とする表示装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一において、
前記静止画表示期間中に、前記駆動回路へのクロック信号の供給が停止することを特徴と
する表示装置。

【請求項 5】

第 1 の回路と、表示部と、を有する表示装置であって、
前記第 1 の回路は、
画像信号を受信することができる機能と、
前記表示部に前記画像信号を供給することができる機能と、を有し、
前記表示部は、
第 1 の期間において、前記画像信号に応じた静止画を表示することができる機能と、
第 2 の期間において、前記画像信号に応じた動画を表示することができる機能と、を有し
、
前記表示部は、前記第 1 の期間において、フレーム周波数を 1 Hz 以下として画像を表示
することができる機能を有し、
前記第 1 の回路は、前記第 1 期間において、少なくとも一部の動作を停止する
ことができる機能を有することを特徴とする表示装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、
前記第 1 の期間と前記第 2 の期間は、制御信号によって切り替えられることを特徴と
する表示装置。

【請求項 7】

請求項 5 または請求項 6 において、
前記第 1 の回路はオペアンプを有し、
前記第 1 の回路は、前記第 1 の期間において、前記オペアンプへのバイアス電流の供給を
停止することができる機能を有することを特徴とする表示装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一において、
前記表示部は、トランジスタと、表示素子と、を有することを特徴とする表示装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一において、
前記トランジスタは、酸化物半導体を有することを特徴とする表示装置。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

請求項 1 乃至 請求項 9 のいずれか一において、
前記フレーム周波数は、
0.2 Hz 以下であることを特徴とする表示装置。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 請求項 10 に記載のいずれか一の表示装置と、
タッチセンサ、操作スイッチ、マイク、または、スピーカの少なくとも一つと、
を有することを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明の一態様は、表示装置に関する。または、本発明の一態様は、表示装置の駆動方法に関する。

【0002】

なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。例えば、本発明の一態様は、物、方法、もしくは製造方法に関する。または、本発明は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、もしくは組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。

【0003】

なお、本明細書等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もの全般を指す。よって、トランジスタやダイオードなどの半導体素子や半導体回路は半導体装置である。また、表示装置、発光装置、照明装置、電気光学装置、撮像装置、および電子機器などは、半導体素子や半導体回路を含む場合がある。よって、表示装置、発光装置、照明装置、電気光学装置、撮像装置、および電子機器なども半導体装置を有する場合がある。

【背景技術】**【0004】**

近年、表示装置の高精細化が進んでいる。表示装置の高精細化は、表示装置へ画像信号を伝達するための配線数の増加や、消費電力の増加などを生じやすい。また、EMI（Electro Magnetic Interference）などのノイズの影響を受けやすく、表示品位の低下を生じやすい。

【0005】

このため、表示装置への信号伝達手段として、TIA/EIA 644 規格（TIA：米国電気通信工業会、EIA：米国電子工業会）として標準化されているLVDS（Low voltage differential signaling）が用いられることが多い。LVDSは、比較的高速動作が可能で、小振幅信号による低消費電力化、配線数の低減、およびノイズの影響を軽減可能な通信技術の一つである。

【0006】

また、表示装置の消費電力低減のため、同一画像（静止画像）を連続して表示する場合、同一画像の信号を書き込む回数（リフレッシュするともいう）を低減する技術が知られている（特許文献1）。なお、リフレッシュを行う頻度をリフレッシュレートという。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0007】**

【特許文献1】特開2011-237760号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

LVDSは、オペアンプを用いた差動増幅によってノイズを除去し、表示品位の低下を抑えることができる。その一方で、オペアンプには常にバイアス電流を供給する必要があり、消費電力の低減が難しい。このため、特許文献1に開示された表示装置にLVDSを用

10

20

30

40

50

いると、当該表示装置のさらなる消費電力の低減が実現しにくいという問題があった。

【0009】

本発明の一態様は、消費電力の少ない表示装置もしくは電子機器などを提供することを課題の一つとする。または、本発明の一態様は、消費電力の少ない表示装置もしくは電子機器などの駆動方法を提供することを課題の一つとする。または、本発明の一態様は、設計の自由度が高い表示装置およびその作製方法を提供することを課題の一つとする。

【0010】

または、本発明の一態様は、視認性に優れた表示装置、もしくは電子機器などを提供することを課題の一つとする。または、本発明の一態様は、表示品位が良好な表示装置、もしくは電子機器などを提供することを課題の一つとする。または、本発明の一態様は、信頼性が高い表示装置、もしくは電子機器などを提供することを課題の一つとする。または、本発明の一態様は、生産性が高い表示装置、もしくは電子機器などを提供することを課題の一つとする。または、本発明の一態様は、新規な表示装置、もしくは電子機器などを提供することを課題の一つとする。

10

【0011】

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一態様は、受信回路と、駆動回路と、表示部と、を有する表示装置であって、受信回路は、画像信号を受信することができる機能を有し、駆動回路は、表示部に画像信号を供給することができる機能を有し、表示部は、静止画表示期間において、フレーム周波数を1Hz以下として画像を表示することができる機能を有し、受信回路は、静止画表示期間において、少なくとも一部の動作を停止することができる機能を有することを特徴とする表示装置である。

【0013】

受信回路はオペアンプを有し、静止画表示期間において、オペアンプへのバイアス電流の供給を停止することができる機能を有する。また、駆動回路は、静止画表示期間において、動作を停止することができる機能を有する。また、表示装置は、静止画表示期間中に駆動回路へのクロック信号の供給を停止することができる機能を有する。

30

【0014】

本発明の一態様は、第1の回路と、表示部と、を有する表示装置であって、第1の回路は、画像信号を受信することができる機能と、表示部に画像信号を供給することができる機能と、を有し、表示部は、第1の期間において、画像信号に応じた静止画を表示することができる機能と、第2の期間において、画像信号に応じた動画を表示することができる機能と、を有し、表示部は、第1の期間において、フレーム周波数を1Hz以下として画像を表示することができる機能を有し、第1の回路は、第1期間において、少なくとも一部の動作を停止することができる機能を有することを特徴とする表示装置である。

40

【0015】

第1の期間と第2の期間は、制御信号によって切り替えることができる。

【0016】

第1の回路はオペアンプを有し、第1の回路は、第1の期間において、オペアンプへのバイアス電流の供給を停止することができる機能を有する。

【0017】

なお、本発明の一態様の表示装置は、第1の期間においてフレーム周波数を0.2Hz以下として画像を表示することも可能である。

【発明の効果】

【0018】

50

本発明の一態様によれば、消費電力の少ない表示装置もしくは電子機器などを提供することができる。または、本発明の一態様によれば、消費電力の少ない表示装置もしくは電子機器などの駆動方法を提供することができる。または、本発明の一態様によれば、設計の自由度が高い表示装置およびその作製方法を提供することができる。

【0019】

または、本発明の一態様は、視認性に優れた表示装置、もしくは電子機器などを提供することができる。または、本発明の一態様は、表示品位が良好な表示装置、もしくは電子機器などを提供することができる。または、本発明の一態様は、信頼性が高い表示装置、もしくは電子機器などを提供することができる。または、本発明の一態様は、生産性が高い表示装置、もしくは電子機器などを提供することができる。または、本発明の一態様は、新規な表示装置、もしくは電子機器などを提供することができる。

10

【0020】

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】表示装置の一形態を説明するブロック図。

20

【図2】表示装置の一形態を説明するブロック図および回路図。

【図3】表示装置の一形態を説明するブロック図。

【図4】画素構成の一例を説明する図。

【図5】画素構成の一例を説明する図。

【図6】L V D S レシーバの動作を説明する図。

【図7】表示装置の動作を説明するタイミングチャート。

【図8】表示装置の動作を説明するタイミングチャート。

【図9】表示装置の一形態に係るフローチャート。

【図10】表示装置の一形態を説明するブロック図。

【図11】表示装置の動作を説明するタイミングチャート。

30

【図12】表示装置の一形態を説明するブロック図。

【図13】表示装置の一形態を説明するブロック図。

【図14】表示装置の一形態を説明するブロック図。

【図15】トランジスタの一形態を説明する断面図。

【図16】トランジスタの一形態を説明する断面図。

【図17】トランジスタの一形態を説明する平面図および断面図。

【図18】トランジスタの一形態を説明する平面図および断面図。

【図19】タッチセンサの構成例および駆動方法の一例を説明する図。

【図20】タッチセンサの構成例および駆動方法の一例を説明する図。

【図21】発光素子の構成例を説明する図。

【図22】電子機器の一例を説明する図。

40

【図23】C A A C - O S の断面におけるC s 補正高分解能T E M像、およびC A A C - O S の断面模式図。

【図24】C A A C - O S の平面におけるC s 補正高分解能T E M像。

【図25】C A A C - O S および単結晶酸化物半導体のX R D による構造解析を説明する図。

【図26】C A A C - O S の電子回折パターンを示す図。

【図27】I n - G a - Z n 酸化物の電子照射による結晶部の変化を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0022】

実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定さ

50

れず、本発明の趣旨およびその範囲から逸脱することなくその形態およ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、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分または同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。

【0023】

また、図面等において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、発明の理解を容易とするため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面等に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。例えば、実際の製造工程において、エッチングなどの処理によりレジストマスクなどが意図せずに目減りすることがあるが、理解を容易とするために省略して示すことがある。

10

【0024】

また、上面図（「平面図」ともいう）や斜視図などにおいて、図面をわかりやすくするために、一部の構成要素の記載を省略する場合がある。

【0025】

また、本明細書等において「電極」や「配線」の用語は、これらの構成要素を機能的に限定するものではない。例えば、「電極」は「配線」の一部として用いられることがあり、その逆もまた同様である。さらに、「電極」や「配線」の用語は、複数の「電極」や「配線」が一体となって形成されている場合なども含む。

20

【0026】

なお、本明細書等において「上」や「下」の用語は、構成要素の位置関係が直上または直下で、かつ、直接接していることを限定するものではない。例えば、「絶縁層A上の電極B」の表現であれば、絶縁層Aの上に電極Bが直接接して形成されている必要はなく、絶縁層Aと電極Bとの間に他の構成要素を含むものを除外しない。

【0027】

また、ソースおよびドレインの機能は、異なる極性のトランジスタを採用する場合や、回路動作において電流の方向が変化する場合など、動作条件などによって互いに入れ替わるため、いずれがソースまたはドレインであるかを限定することが困難である。このため、本明細書においては、ソースおよびドレインの用語は、入れ替えて用いることができるものとする。

30

【0028】

また、本明細書等において、「電気的に接続」には、「何らかの電気的作用を有するもの」を介して接続されている場合が含まれる。ここで、「何らかの電気的作用を有するもの」は、接続対象間での電気信号の授受を可能とするものであれば、特に制限を受けない。よって、「電気的に接続する」と表現される場合であっても、現実の回路においては、物理的な接続部分がなく、配線が延在しているだけの場合もある。

【0029】

また、本明細書において、「平行」とは、二つの直線が -10°以上10°以下の角度で配置されている状態をいう。従って、-5°以上5°以下の場合も含まれる。また、「垂直」および「直交」とは、二つの直線が80°以上100°以下の角度で配置されている状態をいう。従って、85°以上95°以下の場合も含まれる。

40

【0030】

なお、本明細書などにおいて、計数値および計量値に関して「同一」、「同じ」、「等しい」または「均一」などと言う場合は、明示されている場合を除き、誤差としてプラスマイナス20%の変動を含むものとする。

【0031】

また、本明細書において、リソグラフィ工程を行った後にエッチング工程を行う場合は、特段の説明がない限り、リソグラフィ工程で形成したレジストマスクは、エッチング工程終了後に除去するものとする。

【0032】

50

また、電圧は、ある電位と、基準の電位（例えば接地電位（GND電位）またはソース電位）との電位差のことを示す場合が多い。よって、電圧を電位と言い換えることが可能である。

【0033】

なお、半導体の不純物とは、例えば、半導体を構成する主成分以外をいう。例えば、濃度が0.1原子%未満の元素は不純物と言える。不純物が含まれることにより、例えば、半導体のDOS(Density of State)が高くなることや、キャリア移動度が低下することや、結晶性が低下することなどが起こる場合がある。半導体が酸化物半導体である場合、半導体の特性を変化させる不純物としては、例えば、第1族元素、第2族元素、第13族元素、第14族元素、第15族元素、および酸化物半導体の主成分以外の遷移金属などがあり、特に、例えば、水素（水にも含まれる）、リチウム、ナトリウム、シリコン、ホウ素、リン、炭素、窒素などがある。酸化物半導体の場合、例えば水素などの不純物の混入によって酸素欠損を形成する場合がある。また、半導体がシリコンである場合、半導体の特性を変化させる不純物としては、例えば、酸素、水素を除く第1族元素、第2族元素、第13族元素、第15族元素などがある。

10

【0034】

なお、本明細書等における「第1」、「第2」等の序数詞は、構成要素の混同を避けるために付したものであり、工程順または積層順など、なんらかの順番や順位を示すものではない。また、本明細書等において序数詞が付されていない用語であっても、構成要素の混同を避けるため、特許請求の範囲において序数詞が付される場合がある。また、本明細書等において序数詞が付されている用語であっても、特許請求の範囲において異なる序数詞が付される場合がある。また、本明細書等において序数詞が付されている用語であっても、特許請求の範囲などにおいて序数詞を省略する場合がある。

20

【0035】

なお、「チャネル長」とは、例えば、トランジスタの上面図において、半導体とゲート電極とが重なる領域、またはトランジスタがオン状態のときに半導体の中で電流の流れる部分、またはチャネルが形成される領域における、ソース（ソース領域またはソース電極）とドレイン（ドレイン領域またはドレイン電極）との間の距離をいう。なお、一つのトランジスタにおいて、チャネル長が全ての領域で同じ値をとるとは限らない。すなわち、一つのトランジスタのチャネル長は、一つの値に定まらない場合がある。そのため、本明細書では、チャネル長は、チャネルの形成される領域における、いずれか一の値、最大値、最小値または平均値とする。

30

【0036】

なお、本明細書等において、トランジスタの「オン状態」とは、トランジスタのソースとドレインが電気的に短絡しているとみなせる状態をいう。また、トランジスタの「オフ状態」とは、トランジスタのソースとドレインが電気的に遮断しているとみなせる状態をいう。

40

【0037】

また、本明細書等において、「オン電流」とは、トランジスタがオン状態の時にソースとドレイン間に流れる電流をいう場合がある。また、「オフ電流」とは、トランジスタがオフ状態である時にソースとドレイン間に流れる電流をいう場合がある。

【0038】

また、トランジスタのオフ電流は、ゲートとソース間の電圧（以下、「 V_{gs} 」ともいう。）に依存する場合がある。従って、トランジスタのオフ電流がI以下である、とは、トランジスタのオフ電流がI以下となる V_{gs} の値が存在することを言う場合がある。また、トランジスタのオフ電流とは、所定の V_{gs} 、所定の電圧範囲内の V_{gs} 等における電流値を指す場合がある。

【0039】

一例として、しきい値電圧 V_{th} が0.5Vであり、 V_{gs} が0.5Vにおけるソースとドレイン間に流れる電流（以下、「 I_{ds} 」ともいう。）が $1 \times 10^{-9} A$ であり、 V_{gs}

50

s が $0.1V$ における I_{ds} が $1 \times 10^{-13}A$ であり、 V_{gs} が $-0.5V$ における I_{ds} が $1 \times 10^{-19}A$ であり、 V_{gs} が $-0.8V$ における I_{ds} が $1 \times 10^{-22}A$ であるような n チャネル型トランジスタを想定する。当該トランジスタの I_{ds} は、 V_{gs} が $-0.5V$ において、または、 V_{gs} が $-0.5V$ 乃至 $-0.8V$ の範囲において、 $1 \times 10^{-19}A$ 以下であるから、当該トランジスタのオフ電流は $1 \times 10^{-19}A$ 以下である、と言う場合がある。当該トランジスタのドレイン電流が $1 \times 10^{-22}A$ 以下となる V_{gs} が存在するため、当該トランジスタのオフ電流は $1 \times 10^{-22}A$ 以下である、と言う場合がある。

【0040】

また、トランジスタのオフ電流は、温度に依存する場合がある。本明細書において、オフ電流は、特に記載がない場合、室温、 60 、 85 、 95 、または 125 におけるオフ電流を表す場合がある。または、当該トランジスタが含まれる半導体装置等の信頼性が保証される温度、もしくは、当該トランジスタが含まれる半導体装置等が使用される温度（例えば、 5 乃至 35 のいずれか一の温度）におけるオフ電流、を表す場合がある。室温、 60 、 85 、 95 、 125 、当該トランジスタが含まれる半導体装置等の信頼性が保証される温度、または、当該トランジスタが含まれる半導体装置等が使用される温度（例えば、 5 乃至 35 のいずれか一の温度）、におけるトランジスタのオフ電流が I 以下となる V_{gs} の値が存在するときに、トランジスタのオフ電流が I 以下である、と言う場合がある。

10

【0041】

トランジスタのオフ電流は、ドレインとソースの間の電圧（以下、「 V_{ds} 」ともいう。）に依存する場合がある。本明細書において、オフ電流は、特に記載がない場合、 V_{ds} の絶対値が $0.1V$ 、 $0.8V$ 、 $1V$ 、 $1.2V$ 、 $1.8V$ 、 $2.5V$ 、 $3V$ 、 $3.3V$ 、 $10V$ 、 $12V$ 、 $16V$ 、または $20V$ におけるオフ電流を表す場合がある。または、当該トランジスタが含まれる半導体装置等の信頼性が保証される V_{ds} におけるオフ電流を表す場合がある。または、当該トランジスタが含まれる半導体装置等で使用される V_{ds} におけるオフ電流を表す場合がある。

20

【0042】

また、「チャネル幅」とは、例えば、半導体とゲート電極とが重なる領域、またはトランジスタがオン状態のときに半導体の中で電流の流れる部分、またはチャネルが形成される領域における、ソースとドレインとが向かい合っている部分の長さをいう。なお、一つのトランジスタにおいて、チャネル幅がすべての領域で同じ値をとるとは限らない。すなわち、一つのトランジスタのチャネル幅は、一つの値に定まらない場合がある。そのため、本明細書では、チャネル幅は、チャネルの形成される領域における、いずれか一の値、最大値、最小値または平均値とする。

30

【0043】

なお、トランジスタの構造によっては、実際にチャネルの形成される領域におけるチャネル幅（以下、実効的なチャネル幅と呼ぶ）と、トランジスタの上面図において示されるチャネル幅（以下、見かけ上のチャネル幅と呼ぶ）と、が異なる場合がある。例えば、ゲート電極が半導体の側面を覆う場合、実効的なチャネル幅が、見かけ上のチャネル幅よりも大きくなり、その影響が無視できなくなる場合がある。例えば、微細かつゲート電極が半導体の側面を覆うトランジスタでは、半導体の上面に形成されるチャネル領域の割合に対して、半導体の側面に形成されるチャネル領域の割合が大きくなる場合がある。その場合は、見かけ上のチャネル幅よりも、実効的なチャネル幅の方が大きくなる。

40

【0044】

このような場合、実効的なチャネル幅の、実測による見積もりが困難となる場合がある。例えば、設計値から実効的なチャネル幅を見積もるためにには、半導体の形状が既知という仮定が必要である。したがって、半導体の形状が正確にわからない場合には、実効的なチャネル幅を正確に測定することは困難である。

【0045】

50

そこで、本明細書では、見かけ上のチャネル幅を、「囲い込みチャネル幅（S C W : S u r r o u n d e d C h a n n e l W i d t h ）」と呼ぶ場合がある。また、本明細書では、単にチャネル幅と記載した場合には、囲い込みチャネル幅または見かけ上のチャネル幅を指す場合がある。または、本明細書では、単にチャネル幅と記載した場合には、実効的なチャネル幅を指す場合がある。なお、チャネル長、チャネル幅、実効的なチャネル幅、見かけ上のチャネル幅、囲い込みチャネル幅などは、断面T E M像などを解析することなどによって、値を決定することができる。

【0046】

なお、トランジスタの電界効果移動度や、チャネル幅当たりの電流値などを計算して求める場合、囲い込みチャネル幅を用いて計算する場合がある。その場合には、実効的なチャネル幅を用いて計算する場合とは異なる値をとる場合がある。10

【0047】

(実施の形態1)

本発明の一態様の表示装置について、図面を用いて説明する。

【0048】

<表示装置の構成例>

図1は、本実施の形態に例示する表示装置100の構成を説明するブロック図である。表示装置100は、画像処理回路110、表示パネル120、および受信回路130を有する。20

【0049】

画像処理回路110は、記憶回路111、比較回路112、および制御回路113を有する。表示パネル120は、駆動回路121、および表示部122を有する。表示部122は、画素123を有する。受信回路130はL V D Sレシーバ132、およびシリアルパラレルコンバータ（以下、「S Pコンバータ」ともいう。）133を有する。

【0050】

図2（A）は、表示パネル120の構成を説明するブロック図である。駆動回路121は、駆動回路121a、および駆動回路121bを有する。駆動回路121aは、例えば信号線駆動回路として機能する。駆動回路121bは、例えば走査線駆動回路として機能する。30

【0051】

また、表示パネル120は、各々が略平行に配設され、且つ、駆動回路121bによって電位が制御されるm本の走査線135と、各々が略平行に配設され、且つ、駆動回路121aによって電位が制御されるn本の信号線136と、を有する。さらに、表示部122はマトリクス状に配設された複数の画素123を有する。

【0052】

各走査線135は、表示部122においてm行n列に配設された画素123のうち、いずれかの行に配設されたn個の画素123と電気的に接続される。また、各信号線136は、m行n列に配設された画素123のうち、いずれかの列に配設されたm個の画素123に電気的に接続される。m、nは、ともに1以上の整数である。

【0053】

また、図3（A）に示すように、表示部122を挟んで駆動回路121bと向き合う位置に、駆動回路121cを設けてよい。また、図3（B）に示すように、表示部122を挟んで駆動回路121aと向き合う位置に、駆動回路121dを設けてよい。図3（A）および図3（B）では、各走査線135が駆動回路121cと駆動回路121bに接続する例を示している。ただし、これに限らず、例えば、走査線135が駆動回路121bと駆動回路121cのどちらか一方に接続されていてもよい。図3（B）では、信号線136が駆動回路121dと駆動回路121aに接続する例を示している。ただし、これに限らず、例えば、各信号線136が駆動回路121aと駆動回路121dのどちらか一方に接続されていてもよい。また、駆動回路121a、駆動回路121b、駆動回路121cおよび駆動回路121dは、画素123を駆動する以外の機能を有していてもよい。4050

【 0 0 5 4 】

図2(B)および図2(C)は、図2(A)に示す表示パネルの画素123に用いることができる回路構成例を示している。

【 0 0 5 5 】

図2(B)に示す画素回路137は、トランジスタ431と、容量素子233と、を有する。また、画素回路137は、表示素子として機能できる液晶素子432と電気的に接続されている。

【 0 0 5 6 】

液晶素子432の一対の電極の一方の電位は、画素回路137の仕様に応じて適宜設定される。液晶素子432は、ノード436に書き込まれるデータにより配向状態が設定される。なお、複数の画素123それぞれが有する液晶素子432の一対の電極の一方に、共通の電位(コモン電位)を与えてよい。また、各行の画素123毎の液晶素子432の一対の電極の一方異なる電位を与えてよい。

【 0 0 5 7 】

液晶素子432を備える表示装置の駆動方法としては、例えば、TNモード、STNモード、VAモード、ASM(Axially Symmetric Aligned Micro-cell)モード、OCB(Optically Compensated Birefringence)モード、FLC(Ferroelectric Liquid Crystal)モード、AFLC(AntiFerroelectric Liquid Crystal)モード、MVAモード、PVA(Patterned Vertical Alignment)モード、IPSモード、FFSモード、またはTBA(Transverse Bend Alignment)モードなどを用いてよい。また、表示装置の駆動方法としては、上述した駆動方法の他、ECB(Electrically Controlled Birefringence)モード、PDLC(Polymer Dispersed Liquid Crystal)モード、PNLC(Polymer Network Liquid Crystal)モード、ゲストホストモードなどがある。ただし、これに限定されず、液晶素子およびその駆動方式として様々なものを用いることができる。

【 0 0 5 8 】

また、ブルー相(Blue Phase)を示す液晶とカイラル剤とを含む液晶組成物により液晶素子432を構成してもよい。ブルー相を示す液晶を含有する液晶素子は、応答速度が1 msec以下と短く、光学的等方性であるため、配向処理が不要であり、かつ視野角依存性が小さい。

【 0 0 5 9 】

m 行 n 列目の画素回路137において、トランジスタ431のソース電極およびドレイン電極の一方は、信号線 DL_n に電気的に接続され、他方はノード436に電気的に接続される。トランジスタ431のゲート電極は、走査線 GL_m に電気的に接続される。トランジスタ431は、ノード436へのデータ信号の書き込みを制御する機能を有する。

【 0 0 6 0 】

容量素子233の一対の電極の一方は、特定の電位が供給される配線(以下、容量線 CL)に電気的に接続され、他方は、ノード436に電気的に接続される。また、液晶素子432の一対の電極の他方はノード436に電気的に接続される。なお、容量線 CL の電位の値は、画素回路137の仕様に応じて適宜設定される。容量素子233は、ノード436に書き込まれたデータを保持する保持容量としての機能を有する。

【 0 0 6 1 】

例えば、図2(B)の画素回路137を有する表示装置では、駆動回路121bにより各行の画素回路137を順次選択し、トランジスタ431をオン状態にしてノード436にデータ信号を書き込む。

【 0 0 6 2 】

ノード436にデータ信号が書き込まれた画素回路137は、トランジスタ431がオフ

10

20

30

40

50

状態になることで保持状態になる。これを行毎に順次行うことにより、表示部 122 に画像を表示できる。

【0063】

図2(C)に示す画素回路137は、トランジスタ431と、容量素子233と、トランジスタ232と、トランジスタ434と、を有する。また、画素回路137は、表示素子として機能できる発光素子125と電気的に接続されている。

【0064】

トランジスタ431のソース電極およびドレイン電極の一方は、データ信号が与えられる配線(以下、信号線DL_nという)に電気的に接続される。さらに、トランジスタ431のゲート電極は、ゲート信号が与えられる配線(以下、走査線GL_mという)に電気的に接続される。信号線DL_nと走査線GL_mはそれぞれ走査線135と信号線136に相当する。

10

【0065】

トランジスタ431は、データ信号のノード435への書き込みを制御する機能を有する。

【0066】

容量素子233の一対の電極の一方は、ノード435に電気的に接続され、他方は、ノード437に電気的に接続される。また、トランジスタ431のソース電極およびドレイン電極の他方は、ノード435に電気的に接続される。

20

【0067】

容量素子233は、ノード435に書き込まれたデータを保持する保持容量としての機能を有する。

【0068】

トランジスタ232のソース電極およびドレイン電極の一方は、電位供給線VL_aに電気的に接続され、他方はノード437に電気的に接続される。さらに、トランジスタ232のゲート電極は、ノード435に電気的に接続される。

30

【0069】

トランジスタ434のソース電極およびドレイン電極の一方は、電位供給線V0に電気的に接続され、他方はノード437に電気的に接続される。さらに、トランジスタ434のゲート電極は、走査線GL_mに電気的に接続される。

30

【0070】

発光素子125のアノードおよびカソードの一方は、電位供給線VL_bに電気的に接続され、他方は、ノード437に電気的に接続される。

【0071】

発光素子125としては、例えば有機エレクトロルミネセンス素子(有機EL素子ともいう)などを用いることができる。ただし、発光素子125としては、これに限定されず、例えば無機材料からなる無機EL素子を用いても良い。

40

【0072】

なお、電源電位としては、例えば相対的に高電位側の電位または低電位側の電位を用いることができる。高電位側の電源電位を高電源電位VDD(以下、単に「VDD」または「H電位」ともいう。)といい、低電位側の電源電位を低電源電位VSS(以下、単に「VSS」または「L電位」ともいう。)という。また、接地電位を高電源電位または低電源電位として用いることもできる。例えば高電源電位が接地電位の場合には、低電源電位は接地電位より低い電位であり、低電源電位が接地電位の場合には、高電源電位は接地電位より高い電位である。

【0073】

例えば、電位供給線VL_aまたは電位供給線VL_bの一方には、高電源電位VDDが与えられ、他方には、低電源電位VSSが与えられる。

【0074】

図2(C)の画素回路137を有する表示装置では、駆動回路121bにより各行の画素

50

回路 137 を順次選択し、トランジスタ 431、およびトランジスタ 434 をオン状態にしてデータ信号をノード 435 に書き込む。

【0075】

ノード 435 にデータが書き込まれた画素回路 137 は、トランジスタ 431、およびトランジスタ 434 がオフ状態になることで保持状態になる。さらに、ノード 435 に書き込まれたデータの電位に応じてトランジスタ 232 のソース電極とドレイン電極の間に流れる電流量が制御され、発光素子 125 は、流れる電流量に応じた輝度で発光する。これを行毎に順次行うことにより、画像を表示できる。

【0076】

〔表示素子〕

本発明の一態様の表示装置は、様々な形態を用いること、または様々な表示素子を有することが出来る。表示素子は、例えば、LED（白色 LED、赤色 LED、緑色 LED、青色 LED など）などを含む EL（エレクトロルミネッセンス）素子（有機物および無機物を含む EL 素子、有機 EL 素子、無機 EL 素子）、トランジスタ（電流に応じて発光するトランジスタ）、プラズマディスプレイ（PDP）、電子放出素子、液晶素子、電気泳動素子、グレーティングライトバルブ（GLV）、デジタルマイクロミラーデバイス（DM D）、DMS（デジタル・マイクロ・シャッター）素子、MIRASOL（登録商標）ディスプレイ、IMOD（インターフェアレンス・モジュレーション）素子、圧電セラミックディスプレイなどのMEMS（マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム）を用いた表示素子、エレクトロウェッティング素子などが挙げられる。これらの他にも、圧電セラミックディスプレイ、カーボンナノチューブを用いた表示素子、など、電気的または磁気的作用により、コントラスト、輝度、反射率、透過率などが変化する表示媒体を有するものがある。また、表示素子として量子ドットを用いてもよい。量子ドットを用いた表示装置の一例としては、量子ドットディスプレイなどがある。EL 素子を用いた表示装置の一例としては、EL ディスプレイなどがある。電子放出素子を用いた表示装置の一例としては、フィールドエミッションディスプレイ（FED）またはSED 方式平面型ディスプレイ（SED：Surface-conduction Electron-emitter Display）などがある。液晶素子を用いた表示装置の一例としては、液晶ディスプレイ（透過型液晶ディスプレイ、半透過型液晶ディスプレイ、反射型液晶ディスプレイ、直視型液晶ディスプレイ、投射型液晶ディスプレイ）などがある。電子インク、電子粉流体（登録商標）、または電気泳動素子を用いた表示装置の一例としては、電子ペーパーなどがある。なお、半透過型液晶ディスプレイや反射型液晶ディスプレイを実現する場合には、画素電極の一部、または、全部が、反射電極としての機能を有するようすればよい。例えば、画素電極の一部、または、全部が、アルミニウム、銀、などを有するようになればよい。さらに、その場合、反射電極の下に、SRAM などの記憶回路を設けることも可能である。これにより、さらに、消費電力を低減することができる。

【0077】

なお、LED を用いる場合、LED の電極や窒化物半導体の下に、グラフェンやグラファイトを配置してもよい。グラフェンやグラファイトは、複数の層を重ねて、多層膜としてもよい。このように、グラフェンやグラファイトを設けることにより、その上に、窒化物半導体、例えば、結晶を有する n 型 GaN 半導体層などを容易に成膜することができる。さらに、その上に、結晶を有する p 型 GaN 半導体層などを設けて、LED を構成することができる。なお、グラフェンやグラファイトと、結晶を有する n 型 GaN 半導体層との間に、AlN 層を設けてもよい。なお、LED が有する GaN 半導体層は、MOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition）で成膜してもよい。ただし、グラフェンを設けることにより、LED が有する GaN 半導体層は、スパッタ法で成膜することも可能である。

【0078】

〔カラー表示を実現するための画素構成例〕

ここで、カラー表示を実現するための画素構成の一例を、図 4 を用いて説明しておく。図

10

20

30

40

50

4 (A)、図4 (B)、図5 (A)、および図5 (B)は、表示部122の一部を拡大した平面図である。例えば、図4 (A)に示すように、3つの画素123をそれぞれ副画素として機能させて、3つまとめて1つの画素124として用いる。3つの画素123それぞれに赤、緑、青の着色層を設けることで、フルカラー表示を実現することができる。なお、図4 (A)では、赤色の光を発する画素123を画素123Rと示し、緑色の光を発する画素123を画素123Gと示し、青色の光を発する画素123を画素123Bと示している。また、着色層は、赤、緑、青、以外の色であってもよく、例えば、黄、シアン、マゼンダなどを用いてもよい。

【0079】

また、図4 (B)に示すように、4つの画素123を副画素として機能させて、まとめて1つの画素124として用いてもよい。例えば、4つの画素123それぞれに、赤、緑、青、黄の着色層を設けてもよい。なお、図4 (B)では、赤色の光を発する画素123を画素123Rと示し、緑色の光を発する画素123を画素123Gと示し、青色の光を発する画素123を画素123Bと示し、黄色の光を発する画素123を画素123Yと示している。1つの画素124として用いる画素123の数を増やすことで、再現できる色域を広げることができる。よって、表示装置の表示品位を高めることができる。

10

【0080】

また、4つの画素123それぞれに対応する着色層を、赤、緑、青、白としてもよい(図4 (B)参照)。白の光を発する画素123(画素123W)を設けることで、表示部122の発光輝度を高めることができる。なお、白の光を発する画素123Wを設ける場合は、画素123Wに対応する着色層は設けなくてもよい。画素123Wに対応する着色層を設けないことで、着色層による輝度低下がなくなるため、表示部122の発光輝度をより高めることができる。また、表示装置の消費電力を低減することができる。一方で、画素123Wに対応する白の着色層を設けることにより、白色光の色温度を制御することができる。よって、表示装置の表示品位を高めることができる。また、表示装置の用途によつては、2つの画素123を副画素として機能させて、まとめて1つの画素124として用いてもよい。

20

【0081】

また、4つの画素123をまとめて一つの画素124を構成する場合は、図5 (B)に示すように、4つの画素123をマトリクス状に配置してもよい。また、4つの画素123をまとめて一つの画素124を構成する場合は、画素123Yや画素123Wに代えてシアン、マゼンダなどの光を発する画素を用いてもよい。また、画素124内に、同じ色を発する画素123を複数設けてもよい。

30

【0082】

なお、画素124に含まれる画素123それぞれの占有面積や形状などは、それぞれ同じでもよいし、それぞれ異なっていてもよい。また、配列方法として、ストライプ配列やマトリクス配列以外の配列方法を用いてもよい。例えば、デルタ配列、ベイヤー配列、ペントイル配列などを用いてもよい。画素124にペントイル配列を適用した場合の一例を、図5 (A)に示す。

40

【0083】

以上で、カラー表示を実現するための画素構成例の説明を終わる。

【0084】

次に、本実施の形態で例示する表示装置における、信号の流れを説明する。

【0085】

画像信号供給源101はLVDSトランスマッタ131を有する。画像信号供給源101は、LVDSトランスマッタ131を介してシリアル形式のデジタル画像信号を受信回路130へ送信する。デジタル画像信号には、例えば赤(R)、緑(G)、および青(B)に対応する信号が含まれている。

【0086】

受信回路130は、LVDSトランスマッタ131からディファレンシャル方式で送信さ

50

れたデジタル画像信号を L V D S レシーバ 132 で受信する。また、 L V D S レシーバ 132 は、受信したデジタル画像信号をシングルエンド方式の信号に変換して、 S P コンバータ 133 に送信する。 S P コンバータ 133 は、シリアル形式のデジタル画像信号をパラレル形式のデジタル画像信号に変換して、画像処理回路 110 に送信する。

【 0087 】

[L V D S トランスマッタ、 L V D S レシーバ]

ここで、 L V D S トランスマッタ 131 と L V D S レシーバ 132 の動作について、図 6 (A) および図 6 (B) を用いて説明しておく。 L V D S レシーバ 132 はオペアンプ 901 を有する。オペアンプ 901 は、非反転信号入力端子 911 、反転信号入力端子 912 、スタンバイ信号入力端子 913 、および出力端子 914 を有する。

10

【 0088 】

L V D S トランスマッタ 131 は、デジタル画像信号（非反転信号 921 ）と、該デジタル画像信号の反転信号（反転信号 922 ）の二つの信号を同時に output する（ディファレンシャル方式）。

【 0089 】

非反転信号 921 はオペアンプ 901 の非反転信号入力端子 911 に入力され、反転信号 922 はオペアンプ 901 の反転信号入力端子 912 に入力される。オペアンプ 901 は、非反転信号入力端子 911 に入力された電位と、反転信号入力端子 912 に入力された電位の電位差を比較する。オペアンプ 901 は、非反転信号入力端子 911 に入力された電位よりも反転信号入力端子 912 に入力された電位が高い場合に、出力端子 914 に L 電位を出力し、非反転信号入力端子 911 に入力された電位よりも反転信号入力端子 912 に入力された電位が低い場合に、出力端子 914 に H 電位を出力する。このように、 L V D S レシーバ 132 は、2つの入力信号の電位を比較して、1つの出力信号 931 を出力する機能を有する（図 6 (A) 参照。）。 L V D S レシーバ 132 は、ディファレンシャル方式の信号をシングルエンド方式の信号に変換する機能を有する。

20

【 0090 】

また、通信途中でノイズが混入する場合は、非反転信号 921 および反転信号 922 に同時に同程度のノイズが混入する事が多い。図 6 (B) に示すように、非反転信号 921 および反転信号 922 にノイズ 999 が混入した場合でも、 L V D S レシーバ 132 によりノイズ 999 を除去することができる。すなわち、 L V D S レシーバ 132 により元のデジタル画像信号を正確に再現することができる。

30

【 0091 】

また、スタンバイ信号入力端子 913 にオペアンプ 901 をスタンバイ状態とする信号が入力されると、オペアンプ 901 へのバイアス電流の供給が停止する。バイアス電流の供給が停止すると、オペアンプ 901 は非反転信号入力端子 911 および反転信号入力端子 912 に入力された電位の比較を停止する（スタンバイ状態）。なお、オペアンプ 901 がスタンバイ状態になると、出力端子 914 の電位が不安定になり、誤作動の一因となる場合がある。よって、オペアンプ 901 がスタンバイ状態になった場合は、出力端子 914 の電位を L 電位または H 電位に固定することが好ましい（図 6 (C) 参照。）。

40

【 0092 】

以上で、 L V D S トランスマッタ 131 と L V D S レシーバ 132 の動作説明を終わる。

【 0093 】

画像処理回路 110 は、入力されたパラレル信号からフレーム期間毎の画像信号を生成する機能を有する。画像処理回路 110 に設けた記憶回路 111 は、フレーム期間毎の画像信号を記憶するための複数のフレームメモリを有する。フレームメモリは、例えば D R A M (D y n a m i c R a n d o m A c c e s s M e m o r y) 、 S R A M (S t a t i c R a n d o m A c c e s s M e m o r y) 等の記憶素子を用いて構成すればよい。

【 0094 】

なお、受信回路 130 でフレーム期間毎の画像信号を生成して、当該画像信号を画像処理

50

回路 110 に供給してもよい。

【0095】

フレームメモリは、フレーム期間毎に画像信号を記憶する構成であればよく、フレームメモリの数について特に限定されるものではない。

【0096】

比較回路 112 は、制御回路 113 の命令によって、記憶回路 111 に記憶された連続する 2 フレームの画像信号を選択的に読み出す。比較回路 112 は、連続する 2 フレームの画像信号の比較を行い、差分を検出するための回路である。

【0097】

制御回路 113 は、比較回路 112 による差分の検出結果により、表示パネル 120 および L V D S レシーバの動作を決定する。具体的には、制御回路 113 は、比較回路 112 での連続する 2 フレームの画像信号の比較結果により、差があると判断した場合に、動画表示期間であると判断する。一方、比較回路 112 での連続する 2 フレームの画像信号の比較結果により、差がないと判断した場合に、静止画表示期間であると判断する。

10

【0098】

なお、制御回路 113 は、比較回路 112 により得られる差分が一定のレベルを超えたときに、差分を検出したと判断してもよい。また、制御回路 113 は、前回の差分と今回の差分を比較して、差分検出の有無を判断してもよい。

【0099】

また、本明細書等において「動画」とは、複数のフレームに時分割した複数の画像を高速に切り替えることで人間の目に動く画像として認識される画像をいう。具体的には、1 秒間に 60 回（60 フレーム）以上画像を切り替えることで、人間の目にはちらつきが少なく動画と認識される。一方、本明細書等において「静止画」とは、動画または一画面の中に動画と静止画を含む部分動画と異なり、複数のフレーム期間に時分割した複数の画像を高速に切り替えて動作させるものの、連続するフレーム期間、例えば n フレーム目と、(n + 1) フレーム目とで変化しない画像のことをいう。

20

【0100】

画像処理回路 110 は、複数のスイッチ、例えばトランジスタで形成されるスイッチを設ける構成としてもよい。

【0101】

動画表示期間において、制御回路 113 は、記憶回路 111 内のフレームメモリより画像信号を選択して表示パネル 120 に送信する。また、静止画表示期間において、制御回路 113 は、画像信号を表示パネル 120 に送信しないことにより、表示装置 100 の消費電力を削減することができる。なお、動画表示期間であると判断して表示装置 100 が行う動作を動画モード、静止画表示期間であると判断して表示装置 100 が行う動作を静止画モードという。

30

【0102】

また、制御回路 113 は、表示パネル 120 にスタートパルス S P、およびクロック信号 C K 等の制御信号の供給開始または供給停止の切り替えを制御するための信号を供給できる機能を有する。また、制御回路 113 は、受信回路 130 の動作を開始または停止するための信号を供給できる機能を有する。

40

【0103】

静止画表示期間において、制御回路 113 は、表示パネル 120 に、クロック信号 C K 等の制御信号の供給を停止する信号を送信する。すると、駆動回路 121 への制御信号の供給が停止され、駆動回路 121 の動作が停止する。また、静止画表示期間において、制御回路 113 は受信回路 130 に動作を停止する信号（スタンバイ信号）を送信する。すると、オペアンプ 901 へのバイアス電流の供給が停止する。このようにして、表示装置 100 の消費電力を削減することができる。

【0104】

また、動画表示期間において、制御回路 113 は、表示パネル 120 に、制御信号の供給

50

を開始する信号を送信する。また、制御回路 113 は、受信回路 130 に動作を開始する信号を送信する。また、制御回路 113 は、画像信号を表示パネル 120 に送信する。

【0105】

なお、本実施の形態では、比較回路 112 を用いて連続する 2 フレームの画像信号の差分を検出することにより動画表示期間または静止画表示期間の判断を行う構成について示した。ただし、外部から画像処理回路 110 に供給される信号により、静止画表示期間または動画表示期間を切り替えるてもよい。すなわち、本実施の形態で例示される画像処理回路 110 は、モード切り替え回路を有していてもよい。モード切り替え回路とは、当該表示装置の利用者が手動または外部接続機器を用いて当該表示装置の動画モードまたは静止画モードを切り替えるための回路である。

10

【0106】

例えば、制御回路 113 はモード切り替え回路に入力される信号に応じて、画像信号を表示パネル 120 に送信することもできる。静止画表示モードで動作している際に、モード切り替え回路から制御回路 113 にモード切り替え信号が入力された場合、比較回路 112 が連続する 2 フレームの画像信号の差分を検出していない場合であっても、制御回路 113 は入力される画像信号を順次表示パネル 120 に送信するモード、すなわち動画表示モードを実行できる。また、動画表示モードで動作している際に、モード切り替え回路から制御回路 113 にモード切り替え信号が入力された場合、比較回路 112 が連続する 2 フレームの画像信号の差分を検出している場合であっても、制御回路 113 は画像信号を表示パネル 120 に送信しないことができる。その結果、本実施の形態の表示装置には、動画中の 1 フレームが静止画として表示される。

20

【0107】

また、実施の形態で例示される表示装置は、測光回路を有していてもよい。測光回路を設けた表示装置は当該表示装置がおかれている環境の明るさを検知できる。その結果、測光回路が接続された制御回路 113 は、測光回路から入力される信号に応じて、表示パネル 120 の表示状況を変えることができる。

30

【0108】

例えば、測光回路が、本実施の形態で例示される表示装置が薄暗い環境で使用されることを検知すると、表示部 122 の発光輝度を弱め、表示装置 100 の視認性を高めることができる。また、測光回路が、本実施の形態で例示される表示装置が明るい環境で使用されていることを検知すると、表示部 122 の発光輝度を高め、表示装置 100 の視認性を高めることができる。

40

【0109】

本実施の形態の構成による静止画を表示する期間では、頻繁に画像信号の書き込みを行うといった動作を削減することができる。

【0110】

また、複数回の画像信号の書き込みによる画像を視認する際、複数回にわたって切り替わる画像を人間の目は視認することとなる。そのため、人間の目には疲労として現れることもあり得る。本実施の形態で説明したように、画像信号の書き込み回数を削減する構成とすることで、目の疲労を減らすといった効果もある。

40

【0111】

なお、本実施の形態において、本発明の一態様について述べた。例えば、本発明の一態様として、LVDS に適用した場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様は、別の伝送技術、例えば、DVI、HDMI（登録商標）、eDP、iDP、V-by-One HS、FPD-Link II、Advanced PPM、または、PCI などに適用してもよい。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様は、無線を利用した伝送技術に適用してもよい。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様は、LVDS に適用しなくてもよい。

【0112】

50

本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせができる。

【0113】

(実施の形態2)

本実施の形態では、表示装置100の動作例について説明する。表示装置100は、動画表示期間301と静止画表示期間302を有する。本実施の形態では、動画表示期間301と静止画表示期間302について、図7を用いて説明する。また、図9に表示装置100の動作例を説明するフローチャートを示す。一例として、表示装置100が図2(B)に示した画素123を有する液晶表示装置である場合について説明する。

【0114】

なお、動画表示期間301において1フレーム期間の周期（またはフレーム周波数）は、
10
1/60秒以下(60Hz以上)であることが望ましい。フレーム周波数を高くすることで、画像を見る人がちらつき（フリッカ）を感じないようにすることができる。また静止画表示期間302において、1フレーム期間の周期を極端に長く、例えば1分以上(0.017Hz以下)とすることで、複数回にわたって同じ画像を切り替える場合と比較して眼精疲労を低減しうるといったことも可能である。

【0115】

なお、トランジスタ431に、半導体層に酸化物半導体を含むトランジスタを用いることが好ましい。半導体層に酸化物半導体を含むトランジスタは、オフ電流を著しく少なくすることができ、ノード436に書き込まれたデータを長期間保持することができる。よって、1フレーム期間の周期を長くすることができ、静止画表示期間302でのリフレッシュ動作の頻度を少なくすることができる。よって、表示装置100の消費電力を低減することができる。
20

【0116】

図7(A)に示す動画表示期間301では、駆動回路121（駆動回路121aおよび駆動回路121b）に動画を表示するための制御信号（クロック信号GCK、スタートパルスGSP、クロック信号SCK、スタートパルスSSPなど）が供給され、駆動回路121が動作する。さらに、表示パネル120が有する画素123に画像信号が供給されて、動画表示を行うことができる。また、受信回路130は動作している。

【0117】

図7(A)に示す静止画表示期間302では、表示部122内の全てのトランジスタ431がオフ状態となり、画像の書き換えが停止する。また、駆動回路121aおよび駆動回路121bへの制御信号の供給が停止され、駆動回路が停止する。また、LVDSレシーバ132へのバイアス電流の供給が停止され、受信回路130の少なくとも一部の動作が停止する。
30

【0118】

次いで、図7(B)のタイミングチャートを用いて図7(A)の動画表示期間301について詳細に説明する。また、図7(C)のタイミングチャートを用いて、静止画表示期間302について詳細に説明する。なお、図7(B)および図7(C)に示すタイミングチャートは、説明のために誇張して表記したものであり、特に明記する場合を除き、各信号が同期して動作するものではない。
40

【0119】

[動画表示期間]

まず図7(B)および図9を用いて動画表示期間における動作（動画モード）について説明する。図7(B)では、一例として動画表示期間301における駆動回路121bに供給するクロック信号GCK(図7中、GCK)、およびスタートパルスGSP(図7中、GSP)、ならびに、駆動回路121aに供給するクロック信号SCK(図7中、SCK)、およびスタートパルスSSP(図7中、SSP)、ならびに、画像信号(図7中、data)、および受信回路130の動作状態について示したものである。

【0120】

動画表示期間301において、クロック信号GCKは常時供給されるクロック信号となる
50

。またスタートパルスGSPは、垂直同期周波数に応じたパルスとなる。またクロック信号SCKは常時供給されるクロック信号となる。またスタートパルスSSPは、1行分のゲート選択期間に応じたパルスとなる。

【0121】

〔静止画表示期間〕

次いで、図7(C)を用いて静止画表示期間における動作(静止画モード)について説明する。図7(C)では、静止画表示期間302について、静止画書き込み期間303、静止画保持期間304に分けて説明を行う。

【0122】

静止画書き込み期間303においては、駆動回路121bに供給するクロック信号GCKは1フレーム分の画像信号を書き込むためのクロック信号となる。また駆動回路121bに供給するスタートパルスGSPは、1フレーム分の画像信号を書き込むためのパルスとなる。また駆動回路121aに供給するクロック信号SCKは1フレーム分の画像信号を書き込むためのクロック信号となる。また駆動回路121aに供給するスタートパルスSSPは、1フレーム分の画像信号を書き込むためのパルスとなる。

10

【0123】

静止画保持期間304においては、駆動回路121aおよび駆動回路121bを駆動するためのクロック信号GCK、スタートパルスGSP、クロック信号SCK、スタートパルスSSPは、供給が停止されることとなる。そのため静止画保持期間304では駆動回路121(駆動回路121aおよび駆動回路121b)の動作が停止し、表示装置100の電力消費を低減することができる。

20

【0124】

また、静止画保持期間304において、受信回路130の動作を停止する。具体的には、LVDSレシーバ132が有するオペアンプ901へのバイアス電流の供給を停止し、オペアンプ901をスタンバイ状態にする。オペアンプ901をスタンバイ状態にすることで、表示装置100の電力消費をさらに低減することができる。

20

【0125】

なお静止画保持期間304では、静止画書き込み期間303に画素に書き込んだ画像信号が、オフ電流が著しく小さいトランジスタにより保持されるため、カラー表示の静止画を1分以上の期間保持することができる。ただし、静止画保持期間304が長すぎると、ノード436に保持される画像信号の電位が徐々に変動して、表示している静止画の表示品位が低下する恐れがある。よって、ノード436に保持される画像信号の電位が許容範囲を超えて変動する前に、新たに静止画書き込み期間303を設けて先の期間の画像信号と同じ画像信号を書き込み(リフレッシュ動作)、その後再び静止画保持期間304とすればよい。

30

【0126】

また、制御回路113は、リフレッシュ動作を行うタイミングで受信回路130を動作させ、再び動画表示期間か静止画表示期間かを判断する。制御回路113が静止画表示期間であると判断した場合は、制御回路113は表示装置100を静止画モードで動作させ、動画表示期間であると判断した場合は、表示装置100を動画モードで動作させる。

40

【0127】

また、制御回路113は、静止画保持期間304中の任意のタイミングで受信回路130を動作させ、動画表示期間か静止画表示期間かを判断してもよい(図8参照。)。制御回路113が動画表示期間であると判断した場合、制御回路113は表示装置100を動画モードで動作させる。また、制御回路113が静止画表示期間であると判断した場合は、制御回路113は表示装置100を静止画モードのままする。

【0128】

また、静止画表示期間に、SPコンバータ133、記憶回路111、および/または比較回路112などの機能を停止させてもよい。表示に直接関与しない回路の機能を停止することで、表示装置の消費電力をさらに低減することができる。

50

【0129】

〔フローチャート〕

次に、表示装置100の動作例について、図9のフローチャートを用いて説明する。

【0130】

受信回路130は、画像信号供給源101から送信されるシリアル形式のデジタル画像信号を受信する（ステップS601）。当該デジタル画像信号は、SPコンバータ133によりパラレル信号に変換され（ステップS602）、画像処理回路110に入力される（ステップS603）。

【0131】

画像処理回路110に入力されたデジタル画像信号は、表示パネル120に供給するための画像信号（data）に変換され、表示パネル120に供給される（ステップS604）。具体的には、動画表示期間301では、R（赤）G（緑）B（青）それぞれに対応するdataが、画素123のノード436に書き込まれ、視認者はカラー動画表示として視認できる。

10

【0132】

また、画像処理回路110に入力されたデジタル画像信号は、フレーム毎に記憶回路111に記憶される（ステップS605）。次に、比較回路112が連続する2フレームの画像信号の比較を行う（ステップS606）。比較回路112で差分が検出された場合は、制御回路113が動画表示期間であると判断し、画像信号供給源101から送信される信号の受信を継続する（ステップS607）。比較回路112で有意な差が検出されなかつた場合は、制御回路113が静止画表示期間であると判断し、駆動回路121および受信回路130の動作を停止する（ステップS608、ステップS609）。

20

【0133】

一定期間経過した後（ステップS610）、受信回路130の動作を再開させて（ステップS611）、デジタル画像信号を受信し（ステップS601）、表示パネル120に画像信号（data）を供給し（ステップS604）、表示部122に画像を書き込む。

30

【0134】

この後、ステップS607で再び静止画表示期間であると判断された場合は、ステップS604がリフレッシュ動作になる。

【0135】

なお、表示装置100が図2（C）に示した画素123を有するEL表示装置である場合も上記と同様に動作させることができる。図2（C）に示した画素123を用いる場合は、トランジスタ431、トランジスタ434、およびトランジスタ232に半導体層に酸化物半導体を含むトランジスタを用いることが好ましい。

40

【0136】

本実施の形態において述べた表示装置は、静止画表示を行う際、低消費電力化を図ることができる。

【0137】

なお、本実施の形態において、本発明の一態様について述べた。例えば、本発明の一態様として、静止画表示期間において、受信回路の少なくとも一部の動作が停止する場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様は、静止画表示期間において、受信回路以外の回路の少なくとも一部の動作が停止してもよい。または、場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様は、静止画表示期間以外の期間において、受信回路以外の回路の少なくとも一部の動作が停止してもよい。または、場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様は、静止画表示期間において、受信回路の動作が一切停止しなくてもよい。

40

【0138】

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

【0139】

50

(実施の形態 3)

本実施の形態では、表示装置 100 の他の構成例について図面を用いて説明する。本実施の形態に例示する表示装置 100a は、表示装置 100 と同様の構成を有することができる。よって、本実施の形態では、主に、表示装置 100a の表示装置 100 と異なる点について説明する。表示装置 100a の表示装置 100 と同様の部分については、上記実施の形態などを参照して理解することができる。

【 0140 】

図 10 は、本実施の形態に例示する表示装置 100a の構成を説明するブロック図である。
表示装置 100a は、表示パネル 120、および受信回路 130a を有する。表示パネル 120 は、駆動回路 121、および表示部 122 を有する。表示部 122 は、画素 123 を有する。受信回路 130a は LVDS レシーバ 132、および SP コンバータ 133 を有する。
10

【 0141 】

表示装置 100a は、表示装置 100a 内に画像処理回路 110 を設けない点が表示装置 100 と異なる。表示装置 100a 内に画像処理回路 110 を設けないことにより、表示装置 100a は表示装置 100 よりも消費電力を低減することができる。

【 0142 】

画像信号供給源 101 は、LVDS トランスマッタ 131 を介してシリアル形式のデジタル画像信号を受信回路 130a および画像処理装置 140 へ送信する。デジタル画像信号には、例えば赤 (R)、緑 (G)、および青 (B) に対応する信号が含まれている。
20

【 0143 】

受信回路 130a は、画像信号供給源 101 から送信されたシリアル形式のデジタル画像信号を受信する。その後、シリアル形式のデジタル画像信号は、SP コンバータ 133 によってパラレル形式のデジタル画像信号に変換される。また、受信回路 130a は、該デジタル画像信号からフレーム期間毎の画像信号を生成し、該画像信号を表示パネル 120 に送信する。

【 0144 】

また、画像処理装置 140 は、画像信号供給源 101 の LVDS トランスマッタ 131 から送信されたデジタル画像信号を LVDS レシーバ 142 で受信する。そして、画像処理装置 140 は、当該デジタル画像信号からフレーム期間毎の画像信号を生成する。該画像信号は、フレーム期間毎に記憶回路 111 に記憶される。なお、該画像信号は、シリアル形式であってもよく、パラレル形式であってもよい。
30

【 0145 】

比較回路 112 は、制御回路 113 の命令によって、記憶回路 111 に記憶された連続する 2 フレームの画像信号を選択的に読み出す。比較回路 112 は、連続する 2 フレームの画像信号の比較を行い、その差分を検出する。

【 0146 】

制御回路 113 は、比較回路 112 によって得られた差分によって、表示装置 100a の動作モードを決定する。具体的には、制御回路 113 は、連続する 2 フレームの画像信号に差があると判断した場合に、動画表示期間であると判断する。一方、連続する 2 フレームの画像信号に差がないと判断した場合に、静止画表示期間であると判断する。
40

【 0147 】

静止画表示期間であると判断した場合、制御回路 113 は、LVDS トランスマッタ 141 を介して受信回路 130a に静止画モードで動作するための制御信号を送信する。具体的には、LVDS レシーバ 132 が有するオペアンプ 901 をスタンバイ状態とする制御信号を送信する。また、動画表示期間であると判断した場合、制御回路 113 は、LVDS トランスマッタ 141 を介して受信回路 130a に動画モードで動作するための制御信号を送信する。具体的には、LVDS レシーバ 132 が有するオペアンプ 901 を、スタンバイ状態から通常に動作する状態に復帰させる制御信号を供給する。

【 0148 】

図11(A)に表示装置100aの動作を説明するタイミングチャートを示す。図11(A)に示す動画表示期間301では、駆動回路121に動画を表示するための制御信号(クロック信号GCK、スタートパルスGSP、クロック信号SCK、スタートパルスSSPなど)が供給され、駆動回路が動作する。さらに、表示パネル120が有する画素123に画像信号が供給されて、動画表示を行うことができる。また、受信回路130aは動作している。

【0149】

図11(A)に示す静止画表示期間302では、表示部122内の全てのトランジスタ431がオフ状態となり、画像の書き換えが停止する。また、駆動回路121への制御信号の供給が停止され、駆動回路が停止する。また、LVDSレシーバ132へのバイアス電流の供給が停止され、受信回路130aの少なくとも一部の動作が停止する。

10

【0150】

受信回路130aに静止画モードで動作するための制御信号が入力されると、受信回路130aは表示パネル120に1フレーム分の画像信号を書き込んだ後(図11(C)、静止画書き込み期間303参照。)、駆動回路121へのクロック信号およびスタートパルスの供給と、オペアンプ901へのバイアス電流の供給を停止する(図11(C)、静止画保持期間304参照。)。

【0151】

なお静止画保持期間304において、画素123に書き込まれた画像信号はオフ電流が著しく小さいトランジスタにより保持される。よって、カラー表示の静止画を1分以上保持することができる。ただし、静止画保持期間304が長すぎると、ノード436に保持される画像信号の電位が徐々に変動して、表示している静止画の表示品位が低下する恐れがある。よって、ノード436に保持される画像信号の電位が、許容範囲を超えて変動する前に、オペアンプ901をスタンバイ状態から復帰させ、表示パネル120に1フレーム分の画像信号を書き込み(リフレッシュ動作)、再度静止画保持期間304とすることが好ましい。

20

【0152】

また、受信回路130aに動画モードで動作するための制御信号が入力されると、オペアンプ901へのバイアス電流の供給が開始され、受信回路130aが動作する。そして、駆動回路121へクロック信号およびスタートパルスが供給され、表示部122に画像信号が供給される(図11(B)参照。)。

30

【0153】

このようにして、表示装置100aを動作させることができる。また、図12に示すように、画像信号供給源101に画像処理装置140を設けてもよい。また、図13に示すように、画像処理装置140に画像信号供給源101を設けてもよい。図12および図13に示す構成とすることで、LVDSトランスマッタ141とLVDSレシーバ142を省略することができる。

【0154】

また、画像処理回路110および/または画像処理装置140を設ける必要がない場合には、図14に示すようにしてもよい。

40

【0155】

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

【0156】

(実施の形態4)

本実施の形態では、上記実施の形態に示したトランジスタ431、トランジスタ434、および/またはトランジスタ232に置き換えて用いることができるトランジスタの一例について、図15の断面図を用いて説明する。

【0157】

[ボトムゲート型トランジスタ]

50

図15(A1)に例示するトランジスタ400は、ボトムゲート型のトランジスタの1つであるチャネルエッチング型のトランジスタである。トランジスタ400は、基板116上に、絶縁層119を介して形成されている。また、トランジスタ400は、電極206と、電極206上に形成された絶縁層207と、絶縁層207上に形成された半導体層208と、半導体層208の一部に接する電極214および電極215を有する。電極206はゲート電極として機能できる。絶縁層207はゲート絶縁層として機能できる。電極214および電極215は、一方がソース電極として機能し、他方がドレイン電極として機能できる。また、半導体層208、電極214および電極215を覆って、絶縁層210と絶縁層211が形成されている。

【0158】

基板116としては、有機樹脂材料や、ガラス材料、または金属材料(合金材料を含む)などを用いることができる。

【0159】

特に、有機樹脂材料は、ガラス材料や金属材料に比べて比重が小さい。よって、基板116として有機樹脂材料を用いると、表示装置を軽量化できる。

【0160】

また、基板116には、韌性が高い材料を用いることが好ましい。これにより、耐衝撃性に優れ、破損しにくい表示装置を実現できる。有機樹脂材料および金属材料は、ガラス材料に比べて韌性が高いことが多い。基板116として有機樹脂材料または金属材料を用いると、ガラス材料を用いた場合と比較して、破損しにくい表示装置を実現できる。

【0161】

金属材料は、有機樹脂材料やガラス材料よりも熱伝導性が高く、基板全体に熱を容易に伝導できる。よって、表示装置の局所的な温度上昇を抑制することができる。

【0162】

絶縁層119、絶縁層207、絶縁層210、絶縁層211は、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化ガリウム、酸化ゲルマニウム、酸化イットリウム、酸化ジルコニア、酸化ランタン、酸化ネオジム、酸化ハフニウムおよび酸化タンタルなどの酸化物材料や、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウムなどの窒化物材料などを、単層または多層で形成することができる。例えば、絶縁層119を、酸化シリコンと窒化シリコンを積層した2層構造としてもよいし、上記材料を組み合わせた5層構造としてもよい。絶縁層119、絶縁層207、絶縁層210、絶縁層211は、スパッタリング法やCVD法、熱酸化法、塗布法、印刷法等を用いて形成することが可能である。なお、半導体層208として有機半導体を用いる場合は、絶縁層207にポリイミド、アクリル樹脂等の有機材料を用いてもよい。

【0163】

本明細書中において、窒化酸化物とは、酸素よりも窒素の含有量が多い化合物をいう。また、酸化窒化物とは、窒素よりも酸素の含有量が多い化合物をいう。なお、各元素の含有量は、例えば、ラザフォード後方散乱法(RBS: Rutherford Backscattering Spectrometry)等を用いて測定することができる。

【0164】

電極206を形成するための導電性材料としては、アルミニウム、クロム、銅、銀、金、白金、タンタル、ニッケル、チタン、モリブデン、タンクステン、ハフニウム(Hf)、バナジウム(V)、ニオブ(Nb)、マンガン、マグネシウム、ジルコニア、ベリリウム等から選ばれた金属元素、上述した金属元素を成分とする合金、または上述した金属元素を組み合わせた合金などを用いることができる。また、リン等の不純物元素を含有させた多結晶シリコンに代表される、電気伝導度が高い半導体、ニッケルシリサイドなどのシリサイドを用いてもよい。導電層の形成方法は特に限定されず、蒸着法、CVD法、スパッタリング法、スピノコート法などの各種形成方法を用いることができる。

【0165】

また、電極206、電極214、電極215は、インジウム錫酸化物(以下、「ITO」)

10

20

30

40

50

ともいう。)、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酸素を含む導電性材料、窒化チタン、窒化タンタルなどの窒素を含む導電性材料を適用することもできる。また、前述した金属元素を含む材料と、酸素を含む導電性材料を組み合わせた積層構造とすることもできる。また、前述した金属元素を含む材料と、窒素を含む導電性材料を組み合わせた積層構造とすることもできる。また、前述した金属元素を含む材料、酸素を含む導電性材料、および窒素を含む導電性材料を組み合わせた積層構造とすることもできる。

【0166】

10

また、電極206、電極214、電極215は、導電性高分子材料(導電性ポリマーともいう)を用いて形成してもよい。導電性高分子材料としては、電子共役系導電性高分子を用いることができる。例えば、ポリアニリン若しくはその誘導体、ポリピロール若しくはその誘導体、ポリチオフェン若しくはその誘導体、またはアニリン、ピロールおよびチオフェンの2種以上からなる共重合体もしくはその誘導体等が挙げられる。

【0167】

20

電極206、電極214、電極215は、単層構造でも、二層以上の積層構造としてもよい。例えば、シリコンを含むアルミニウム層の単層構造、アルミニウム層上にチタン層を積層する二層構造、窒化チタン層上にチタン層を積層する二層構造、窒化チタン層上にタンゲステン層を積層する二層構造、窒化タンタル層上にタンゲステン層を積層する二層構造、チタン層と、そのチタン層上にアルミニウム層を積層し、さらにその上にチタン層を形成する三層構造などがある。また、電極206、電極214、電極215に、チタン、タンタル、タンゲステン、モリブデン、クロム、ネオジム、スカンジウムから選ばれた一または複数の元素を含むアルミニウム合金を用いてもよい。

【0168】

30

半導体層208は、単結晶半導体、多結晶半導体、微結晶半導体、ナノクリスタル半導体、セミアモルファス半導体、非晶質半導体、等を用いて形成することができる。例えば、非晶質シリコンや、微結晶ゲルマニウム等を用いることができる。また、炭化シリコン、ガリウム砒素、酸化物半導体、窒化物半導体などの化合物半導体や、有機半導体などを用いることができる。

【0169】

40

また、半導体層208として有機物半導体を用いる場合は、芳香環をもつ低分子有機材料や電子共役系導電性高分子などを用いることができる。例えば、ルブレン、テトラセン、ペンタセン、ペリレンジイミド、テトラシアノキノジメタン、ポリチオフェン、ポリアセチレン、ポリパラフェニレンビニレンなどを用いることができる。

【0170】

また、半導体層208として酸化物半導体を用いる場合は、C AAC - OS (C Ax i s Aligned Crystalline Oxide Semiconductor)、多結晶酸化物半導体、微結晶酸化物半導体、n c - OS (nano Crystalline Oxide Semiconductor) 非晶質酸化物半導体などを用いることができる。

【0171】

なお、酸化物半導体は、エネルギーギャップが3.0 eV以上と大きく、可視光に対する透過率が大きい。また、酸化物半導体を適切な条件で加工して得られたトランジスタにおいては、オフ電流を極めて小さくすることができる。例えばソースとドレイン間の電圧が3.5 V、温度25 °Cにおいては、オフ電流を、チャネル幅1 μmあたり100 zA ($1 \times 10^{-19} \text{ A}$)以下、もしくは10 zA ($1 \times 10^{-20} \text{ A}$)以下、さらには1 zA ($1 \times 10^{-21} \text{ A}$)以下とすることができる。このため、消費電力の少ない表示装置を提供することができる。

【0172】

50

また、半導体層 208 に酸化物半導体を用いる場合は、半導体層 208 に接する絶縁層に酸素を有する絶縁層を用いることが好ましい。特に、半導体層 208 に接する絶縁層として、加熱処理により酸素を放出する絶縁層を用いることが好ましい。

【0173】

図 15 (A2) に例示するトランジスタ 401 は、絶縁層 211 上にバックゲート電極として機能できる電極 213 を有する点が、トランジスタ 400 と異なる。電極 213 は、電極 206 と同様の材料および方法で形成することができる。また、電極 213 は、絶縁層 210 と絶縁層 211 の間に形成してもよい。

【0174】

一般に、バックゲート電極は導電層で形成され、ゲート電極とバックゲート電極で半導体層のチャネル形成領域を挟むように配置される。よって、バックゲート電極は、ゲート電極と同様に機能させることができる。バックゲート電極の電位は、ゲート電極と同電位としてもよいし、GND 電位や、任意の電位としてもよい。また、バックゲート電極の電位をゲート電極と連動させず独立して変化させることで、トランジスタのしきい値電圧を変化させることができる。

10

【0175】

電極 206 および電極 213 は、どちらもゲート電極として機能することができる。よって、絶縁層 207、絶縁層 210、および絶縁層 211 は、ゲート絶縁層として機能することができる。

20

【0176】

なお、電極 206 または電極 213 の一方を、「ゲート電極」という場合、他方を「バックゲート電極」という場合がある。例えば、トランジスタ 401 において、電極 213 を「ゲート電極」と言う場合、電極 206 を「バックゲート電極」と言う場合がある。また、電極 213 を「ゲート電極」として用いる場合は、トランジスタ 401 をトップゲート型のトランジスタの一種と考えることができる。また、電極 206 および電極 213 のどちらか一方を、「第 1 のゲート電極」といい、他方を「第 2 のゲート電極」という場合がある。

20

【0177】

半導体層 208 を挟んで電極 206 および電極 213 を設けることで、更には、電極 206 および電極 213 を同電位とすることで、半導体層 208 においてキャリアの流れる領域が膜厚方向においてより大きくなるため、キャリアの移動量が増加する。この結果、トランジスタ 401 のオン電流が大きくなると共に、電界効果移動度が高くなる。

30

【0178】

したがって、トランジスタ 401 は、占有面積に対して大きいオン電流を有するトランジスタである。すなわち、求められるオン電流に対して、トランジスタ 401 の占有面積を小さくすることができる。本発明の一態様によれば、トランジスタの占有面積を小さくすることができる。よって、本発明の一態様によれば、集積度の高い半導体装置を実現することができる。

【0179】

また、ゲート電極とバックゲート電極は導電層で形成されるため、トランジスタの外部で生じる電界が、チャネルが形成される半導体層に作用しないようにする機能（特に静電気に対する静電遮蔽機能）を有する。

40

【0180】

また、電極 206 および電極 213 は、それぞれが外部からの電界を遮蔽する機能を有するため、基板 116 側もしくは電極 213 上方に生じる荷電粒子等の電荷が半導体層 208 のチャネル形成領域に影響しない。この結果、ストレス試験（例えば、ゲートに負の電荷を印加する -GBT (Gate Bias - Temperature) ストレス試験）の劣化が抑制されると共に、異なるドレイン電圧におけるオン電流の立ち上がり電圧の変動を抑制することができる。なお、この効果は、電極 206 および電極 213 に、同電位、または異なる電位が供給されている場合において生じる。

50

【0181】

なお、BTストレス試験は加速試験の一種であり、長期間の使用によって起こるトランジスタの特性変化（すなわち、経年変化）を、短時間で評価することができる。特に、BTストレス試験前後におけるトランジスタのしきい値電圧の変動量は、信頼性を調べるための重要な指標となる。BTストレス試験前後において、しきい値電圧の変動量が少ないほど、信頼性が高いトランジスタであるといえる。

【0182】

また、電極206および電極213を有し、且つ電極206および電極213を同電位とすることで、しきい値電圧の変動量が低減される。このため、複数のトランジスタにおける電気特性のばらつきも同時に低減される。

10

【0183】

また、バックゲート電極を有するトランジスタは、ゲートに正の電荷を印加する+GBTストレス試験前後におけるしきい値電圧の変動も、バックゲート電極を有さないトランジスタより小さい。

【0184】

また、バックゲート電極を遮光性を有する導電膜で形成することで、バックゲート電極側から半導体層に光が入射することを防ぐことができる。よって、半導体層の光劣化を防ぎ、トランジスタのしきい値電圧がシフトするなどの電気特性の劣化を防ぐことができる。

【0185】

図15(B1)に例示するトランジスタ410は、ボトムゲート型のトランジスタの1つであるチャネル保護型のトランジスタである。トランジスタ410は、半導体層208のチャネル形成領域上に、チャネル保護層として機能できる絶縁層209を有する。絶縁層209は、絶縁層207と同様の材料および方法により形成することができる。電極214の一部、および電極215の一部は、絶縁層209上に形成される。

20

【0186】

チャネル形成領域上に絶縁層209を設けることで、電極214および電極215の形成時に生じる半導体層208の露出を防ぐことができる。よって、電極214および電極215の形成時に半導体層208の薄膜化を防ぐことができる。本発明の一態様によれば、電気特性の良好なトランジスタを実現することができる。

30

【0187】

図15(B2)に示すトランジスタ411は、絶縁層211上にバックゲート電極として機能できる電極213を有する点が、トランジスタ410と異なる。電極213は、電極206と同様の材料および方法で形成することができる。また、電極213は、絶縁層210と絶縁層211の間に形成してもよい。

【0188】

図15(C1)に例示するトランジスタ420は、ボトムゲート型のトランジスタの1つであるチャネル保護型のトランジスタの1つである。トランジスタ420は、トランジスタ410とほぼ同様の構造を有しているが、絶縁層209が半導体層208の側面を覆っている点が異なる。また、絶縁層209の一部を選択的に除去して形成した開口部において、半導体層208と電極214が電気的に接続している。また、絶縁層209の一部を選択的に除去して形成した開口部において、半導体層208と電極215が電気的に接続している。絶縁層209の、チャネル形成領域と重なる領域は、チャネル保護層として機能できる。

40

【0189】

図15(C2)に示すトランジスタ421は、絶縁層211上にバックゲート電極として機能できる電極213を有する点が、トランジスタ420と異なる。

【0190】

絶縁層209を設けることで、電極214および電極215の形成時に生じる半導体層208の露出を防ぐことができる。よって、電極214および電極215の形成時に半導体層208の薄膜化を防ぐことができる。

50

【0191】

また、トランジスタ420およびトランジスタ421は、トランジスタ410およびトランジスタ411よりも、電極214と電極206の間の距離と、電極215と電極206の間の距離が長くなる。よって、電極214と電極206の間に生じる寄生容量を小さくすることができる。また、電極215と電極206の間に生じる寄生容量を小さくすることができます。本発明の一態様によれば、電気特性の良好なトランジスタを実現できる。

【0192】

〔トップゲート型トランジスタ〕

図16(A1)に例示するトランジスタ430は、トップゲート型のトランジスタの1つである。トランジスタ430は、絶縁層119の上に半導体層208を有し、半導体層208および絶縁層119上に、半導体層208の一部に接する電極214および半導体層208の一部に接する電極215を有し、半導体層208、電極214、および電極215上に絶縁層207を有し、絶縁層207上に電極206を有する。また、電極206上に絶縁層210と、絶縁層211を有する。

10

【0193】

トランジスタ430は、電極206および電極214、並びに、電極206および電極215が重ならないため、電極206および電極214間に生じる寄生容量、並びに、電極206および電極215間に生じる寄生容量を小さくすることができる。また、電極206を形成した後に、電極206をマスクとして用いて不純物元素221を半導体層208に導入することで、半導体層208中に自己整合(セルフアライメント)的に不純物領域を形成することができる。本発明の一態様によれば、電気特性の良好なトランジスタを実現することができる。

20

【0194】

なお、不純物元素221の導入は、イオン注入装置、イオンドーピング装置またはプラズマ処理装置を用いて行うことができる。

【0195】

不純物元素221としては、例えば、第13族元素または第15族元素のうち、少なくとも一種類の元素を用いることができる。また、半導体層208に酸化物半導体を用いる場合は、不純物元素221として、希ガス、水素、および窒素のうち、少なくとも一種類の元素を用いることも可能である。

30

【0196】

図16(A2)に示すトランジスタ431は、電極213および絶縁層217を有する点がトランジスタ430と異なる。トランジスタ431は、絶縁層119の上に形成された電極213を有し、電極213上に形成された絶縁層217を有する。前述した通り、電極213は、バックゲート電極として機能することができる。よって、絶縁層217は、ゲート絶縁層として機能することができる。絶縁層217は、絶縁層205と同様の材料および方法により形成することができる。

【0197】

トランジスタ401と同様に、トランジスタ431は、占有面積に対して大きいオン電流を有するトランジスタである。すなわち、求められるオン電流に対して、トランジスタ431の占有面積を小さくすることができる。本発明の一態様によれば、トランジスタの占有面積を小さくすることができる。よって、本発明の一態様によれば、集積度の高い半導体装置を実現することができる。

40

【0198】

図16(B1)に例示するトランジスタ440は、トップゲート型のトランジスタの1つである。トランジスタ440は、電極214および電極215を形成した後に半導体層208を形成する点が、トランジスタ430と異なる。また、図16(B2)に例示するトランジスタ441は、電極213および絶縁層217を有する点が、トランジスタ440と異なる。よって、トランジスタ440およびトランジスタ441において、半導体層208の一部は電極214上に形成され、半導体層208の他の一部は電極215上に形成

50

される。

【0199】

トランジスタ401と同様に、トランジスタ441は、占有面積に対して大きいオン電流を有するトランジスタである。すなわち、求められるオン電流に対して、トランジスタ441の占有面積を小さくすることができる。本発明の一態様によれば、トランジスタの占有面積を小さくすることができる。よって、本発明の一態様によれば、集積度の高い半導体装置を実現することができる。

【0200】

トランジスタ440およびトランジスタ441も、電極206を形成した後に、電極206をマスクとして用いて不純物元素221を半導体層208に導入することで、半導体層208中に自己整合的に不純物領域を形成することができる。本発明の一態様によれば、電気特性の良好なトランジスタを実現することができる。また、本発明の一態様によれば、集積度の高い半導体装置を実現することができる。

10

【0201】

〔s-channel型トランジスタ〕

図17(A)はトランジスタ450の上面図である。図17(B)は、図17(A)中のX1-X2の一点鎖線で示した部位の断面図(チャネル長方向の断面図)である。図17(C)は、図17(A)中のY1-Y2の一点鎖線で示した部位の断面図(チャネル幅方向の断面図)である。

20

【0202】

絶縁層119に設けた凸部上に半導体層208を設けることによって、半導体層208の側面も電極206で覆うことができる。すなわち、トランジスタ450は、電極206の電界によって、半導体層208を電気的に取り囲むことができる構造を有している。このように、導電膜の電界によって、半導体を電気的に取り囲むトランジスタの構造を、surrounded channel(s-channel)構造とよぶ。また、s-channel構造を有するトランジスタを、「s-channel型トランジスタ」もしくは「s-channelトランジスタ」ともいう。

20

【0203】

s-channel構造では、半導体層208の全体(バルク)にチャネルが形成される場合がある。s-channel構造では、トランジスタのドレイン電流を大きくすることができます、さらに大きいオン電流を得ることができます。よって、トランジスタの占有面積を小さくすることができ、表示装置の高精細化が可能となる。また、半導体装置の高集積化が可能となる。

30

【0204】

また、電極206の電界によって、半導体層208に形成されるチャネル形成領域の全領域を空乏化することができる。したがって、s-channel構造では、トランジスタのオフ電流をさらに小さくすることができる。よって、表示装置の消費電力を低減することができる。また、半導体装置の消費電力を低減することができる。

30

【0205】

なお、絶縁層119の凸部を高くし、また、チャネル幅を小さくすることで、s-channel構造によるオン電流の増大効果、オフ電流の低減効果などをより高めることができる。

40

【0206】

また、図18に示すトランジスタ451のように、半導体層208の下方に、絶縁層を介して電極213を設けてよい。図18(A)はトランジスタ451の上面図である。図18(B)は、図18(A)中のX1-X2の一点鎖線で示した部位の断面図である。図18(C)は、図18(A)中のY1-Y2の一点鎖線で示した部位の断面図である。

40

【0207】

<酸化物半導体の構造について>

ここで、酸化物半導体の構造について説明しておく。

50

【0208】

酸化物半導体は、単結晶酸化物半導体と、それ以外の非単結晶酸化物半導体とに分けられる。非単結晶酸化物半導体としては、CAAC-OS (C Axis Aligned Crystalline Oxide Semiconductor)、多結晶酸化物半導体、微結晶酸化物半導体、非晶質酸化物半導体などがある。

【0209】

また別の観点では、酸化物半導体は、非晶質酸化物半導体と、それ以外の結晶性酸化物半導体とに分けられる。結晶性酸化物半導体としては、単結晶酸化物半導体、CAAC-OS、多結晶酸化物半導体、微結晶酸化物半導体などがある。

【0210】

[CAAC-OS]

まずは、CAAC-OSについて説明する。なお、CAAC-OSを、CANC (C-Axis Aligned nanocrystals) を有する酸化物半導体と呼ぶこともできる。

【0211】

CAAC-OSは、c軸配向した複数の結晶部（ペレットともいう。）を有する酸化物半導体の一つである。

【0212】

透過型電子顕微鏡（TEM：Transmission Electron Microscope）によって、CAAC-OSの明視野像と回折パターンとの複合解析像（高分解能TEM像ともいう。）を観察すると、複数のペレットを確認することができる。一方、高分解能TEM像ではペレット同士の境界、即ち結晶粒界（グレインバウンダリーともいう。）を明確に確認することができない。そのため、CAAC-OSは、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。

【0213】

以下では、TEMによって観察したCAAC-OSについて説明する。図23(A)に、試料面と略平行な方向から観察したCAAC-OSの断面の高分解能TEM像を示す。高分解能TEM像の観察には、球面収差補正（Spherical Aberration Corrector）機能を用いた。球面収差補正機能を用いた高分解能TEM像を、特にCs補正高分解能TEM像と呼ぶ。Cs補正高分解能TEM像の取得は、例えば、日本電子株式会社製原子分解能分析電子顕微鏡JEM-ARM200Fなどによって行うことができる。

【0214】

図23(A)の領域(1)を拡大したCs補正高分解能TEM像を図23(B)に示す。図23(B)より、ペレットにおいて、金属原子が層状に配列していることを確認できる。金属原子の各層の配列は、CAAC-OSの膜を形成する面（被形成面ともいう。）または上面の凹凸を反映しており、CAAC-OSの被形成面または上面と平行となる。

【0215】

図23(B)に示すように、CAAC-OSは特徴的な原子配列を有する。図23(C)は、特徴的な原子配列を、補助線で示したものである。図23(B)および図23(C)より、ペレット一つの大きさは1nm以上3nm以下程度であり、ペレットとペレットとの傾きにより生じる隙間の大きさは0.8nm程度であることがわかる。したがって、ペレットを、ナノ結晶（nc：nanocrystal）と呼ぶこともできる。

【0216】

ここで、Cs補正高分解能TEM像をもとに、基板5120上のCAAC-OSのペレット5100の配置を模式的に示すと、レンガまたはブロックが積み重なったような構造となる（図23(D)参照。）。図23(C)で観察されたペレットとペレットとの間で傾きが生じている箇所は、図23(D)に示す領域5161に相当する。

【0217】

また、図24(A)に、試料面と略垂直な方向から観察したCAAC-OSの平面のCs

10

20

30

40

50

補正高分解能TEM像を示す。図24(A)の領域(1)、領域(2)および領域(3)を拡大したCs補正高分解能TEM像を、それぞれ図24(B)、図24(C)および図24(D)に示す。図24(B)、図24(C)および図24(D)より、ペレットは、金属原子が三角形状、四角形状または六角形状に配列していることを確認できる。しかしながら、異なるペレット間で、金属原子の配列に規則性は見られない。

【0218】

次に、X線回折(XRD:X-Ray Diffraction)によって解析したCAAC-OSについて説明する。例えば、 $InGaZnO_4$ の結晶を有するCAAC-OSに対し、out-of-plane法による構造解析を行うと、図25(A)に示すように回折角(2θ)が31°近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、 $InGaZnO_4$ の結晶の(009)面に帰属されることから、CAAC-OSの結晶がc軸配向性を有し、c軸が被形成面または上面に略垂直な方向を向いていることが確認できる。
10

【0219】

なお、CAAC-OSのout-of-plane法による構造解析では、2θが31°近傍のピークの他に、2θが36°近傍にもピークが現れる場合がある。2θが36°近傍のピークは、CAAC-OS中の一部に、c軸配向性を有さない結晶が含まれることを示している。より好みしいCAAC-OSは、out-of-plane法による構造解析では、2θが31°近傍にピークを示し、2θが36°近傍にピークを示さない。

【0220】

一方、CAAC-OSに対し、c軸に略垂直な方向からX線を入射させるin-plane法による構造解析を行うと、2θが56°近傍にピークが現れる。このピークは、 $InGaZnO_4$ の結晶の(110)面に帰属される。CAAC-OSの場合は、2θを56°近傍に固定し、試料面の法線ベクトルを軸(c軸)として試料を回転させながら分析(スキャン)を行っても、図25(B)に示すように明瞭なピークは現れない。これに対し、 $InGaZnO_4$ の単結晶酸化物半導体であれば、2θを56°近傍に固定してスキャンした場合、図25(C)に示すように(110)面と等価な結晶面に帰属されるピークが6本観察される。したがって、XRDを用いた構造解析から、CAAC-OSは、a軸およびb軸の配向が不規則であることが確認できる。
20

【0221】

次に、電子回折によって解析したCAAC-OSについて説明する。例えば、 $InGaZnO_4$ の結晶を有するCAAC-OSに対し、試料面に平行にプローブ径が300nmの電子線を入射させると、図26(A)に示すような回折パターン(制限視野透過電子回折パターンともいう。)が現れる場合がある。この回折パターンには、 $InGaZnO_4$ の結晶の(009)面に起因するスポットが含まれる。したがって、電子回折によっても、CAAC-OSに含まれるペレットがc軸配向性を有し、c軸が被形成面または上面に略垂直な方向を向いていることがわかる。一方、同じ試料に対し、試料面に垂直にプローブ径が300nmの電子線を入射させたときの回折パターンを図26(B)に示す。図26(B)より、リング状の回折パターンが確認される。したがって、電子回折によっても、CAAC-OSに含まれるペレットのa軸およびb軸は配向性を有さないことがわかる。なお、図26(B)における第1リングは、 $InGaZnO_4$ の結晶の(010)面および(100)面などに起因すると考えられる。また、図26(B)における第2リングは(110)面などに起因すると考えられる。
30
40

【0222】

また、CAAC-OSは、欠陥準位密度の低い酸化物半導体である。酸化物半導体の欠陥としては、例えば、不純物に起因する欠陥や、酸素欠損などがある。したがって、CAAC-OSは、不純物濃度の低い酸化物半導体ということもできる。また、CAAC-OSは、酸素欠損の少ない酸化物半導体ということもできる。

【0223】

酸化物半導体に含まれる不純物は、キャリアトラップとなる場合や、キャリア発生源となる場合がある。また、酸化物半導体中の酸素欠損は、キャリアトラップとなる場合や、水
50

素を捕獲することによってキャリア発生源となる場合がある。

【0224】

なお、不純物は、酸化物半導体の主成分以外の元素で、水素、炭素、シリコン、遷移金属元素などがある。例えば、シリコンなどの、酸化物半導体を構成する金属元素よりも酸素との結合力の強い元素は、酸化物半導体から酸素を奪うことで酸化物半導体の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。また、鉄やニッケルなどの重金属、アルゴン、二酸化炭素などは、原子半径（または分子半径）が大きいため、酸化物半導体の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。

【0225】

また、欠陥準位密度の低い（酸素欠損が少ない）酸化物半導体は、キャリア密度を低くすることができる。そのような酸化物半導体を、高純度真性または実質的に高純度真性な酸化物半導体と呼ぶ。CAAC-OSは、不純物濃度が低く、欠陥準位密度が低い。即ち、高純度真性または実質的に高純度真性な酸化物半導体となりやすい。したがって、CAAC-OSを用いたトランジスタは、しきい値電圧がマイナスとなる電気特性（ノーマリオングリーンともいう。）になることが少ない。また、高純度真性または実質的に高純度真性な酸化物半導体は、キャリアトラップが少ない。酸化物半導体のキャリアトラップに捕獲された電荷は、放出するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、不純物濃度が高く、欠陥準位密度が高い酸化物半導体を用いたトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。一方、CAAC-OSを用いたトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる。

10

20

【0226】

また、CAAC-OSは欠陥準位密度が低いため、光の照射などによって生成されたキャリアが、欠陥準位に捕獲されることが少ない。したがって、CAAC-OSを用いたトランジスタは、可視光や紫外光の照射による電気特性の変動が小さい。

【0227】

〔微結晶酸化物半導体〕

次に、微結晶酸化物半導体について説明する。

【0228】

微結晶酸化物半導体は、高分解能TEM像において、結晶部を確認することができる領域と、明確な結晶部を確認することのできない領域と、を有する。微結晶酸化物半導体に含まれる結晶部は、1nm以上100nm以下、または1nm以上10nm以下の大きさであることが多い。特に、1nm以上10nm以下、または1nm以上3nm以下の微結晶であるナノ結晶を有する酸化物半導体を、n c - OS (nanocrystalline oxide Semiconductor)と呼ぶ。n c - OSは、例えば、高分解能TEM像では、結晶粒界を明確に確認できない場合がある。なお、ナノ結晶は、CAAC-OSにおけるペレットと起源を同じくする可能性がある。そのため、以下ではn c - OSの結晶部をペレットと呼ぶ場合がある。

30

【0229】

n c - OSは、微小な領域（例えば、1nm以上10nm以下の領域、特に1nm以上3nm以下の領域）において原子配列に周期性を有する。また、n c - OSは、異なるペレット間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、膜全体で配向性が見られない。したがって、n c - OSは、分析方法によっては、非晶質酸化物半導体と区別が付かない場合がある。例えば、n c - OSに対し、ペレットよりも大きい径のX線を用いるXRD装置を用いて構造解析を行うと、out-of-plane法による解析では、結晶面を示すピークが検出されない。また、n c - OSに対し、ペレットよりも大きいプローブ径（例えば50nm以上）の電子線を用いる電子回折（制限視野電子回折ともいう。）を行うと、ハローパターンのような回折パターンが観測される。一方、n c - OSに対し、ペレットの大きさと近いかペレットより小さいプローブ径の電子線を用いるナノビーム電子回折を行うと、スポットが観測される。また、n c - OSに対しナノビーム電子回折を行うと、円を描くように（リング状に）輝度の高い領域が観測される場合がある。さらに、リン

40

50

グ状の領域内に複数のスポットが観測される場合がある。

【0230】

このように、ペレット(ナノ結晶)間では結晶方位が規則性を有さないことから、n c - O Sを、R A N C (Random Aligned nanocrystals)を有する酸化物半導体、またはN A N C (Non-Aligned nanocrystals)を有する酸化物半導体と呼ぶこともできる。

【0231】

n c - O Sは、非晶質酸化物半導体よりも規則性の高い酸化物半導体である。そのため、n c - O Sは、非晶質酸化物半導体よりも欠陥準位密度が低くなる。ただし、n c - O Sは、異なるペレット間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、n c - O Sは、C AAC - O Sと比べて欠陥準位密度が高くなる。

【0232】

〔非晶質酸化物半導体〕

次に、非晶質酸化物半導体について説明する。

【0233】

非晶質酸化物半導体は、膜中における原子配列が不規則であり、結晶部を有さない酸化物半導体である。石英のような無定形状態を有する酸化物半導体が一例である。

【0234】

非晶質酸化物半導体は、高分解能TEM像において結晶部を確認することができない。

【0235】

非晶質酸化物半導体に対し、XRD装置を用いた構造解析を行うと、out-of-plane法による解析では、結晶面を示すピークが検出されない。また、非晶質酸化物半導体に対し、電子回折を行うと、ハローパターンが観測される。また、非晶質酸化物半導体に対し、ナノビーム電子回折を行うと、スポットが観測されず、ハローパターンのみが観測される。

【0236】

非晶質構造については、様々な見解が示されている。例えば、原子配列に全く秩序性を有さない構造を完全な非晶質構造(completely amorphous structure)と呼ぶ場合がある。また、最近接原子間距離または第2近接原子間距離まで秩序性を有し、かつ長距離秩序性を有さない構造を非晶質構造と呼ぶ場合もある。したがって、最も厳格な定義によれば、僅かでも原子配列に秩序性を有する酸化物半導体を非晶質酸化物半導体と呼ぶことはできない。また、少なくとも、長距離秩序性を有する酸化物半導体を非晶質酸化物半導体と呼ぶことはできない。よって、結晶部を有することから、例えば、AAC - O Sおよびn c - O Sを、非晶質酸化物半導体または完全な非晶質酸化物半導体と呼ぶことはできない。

【0237】

〔非晶質ライク酸化物半導体〕

なお、酸化物半導体は、n c - O Sと非晶質酸化物半導体との間の構造を有する場合がある。そのような構造を有する酸化物半導体を、特に非晶質ライク酸化物半導体(a-like OS: amorphous-like Oxide Semiconductor)と呼ぶ。

【0238】

a - like OSは、高分解能TEM像において鬆(ボイドともいう。)が観察される場合がある。また、高分解能TEM像において、明確に結晶部を確認することのできる領域と、結晶部を確認することのできない領域と、を有する。

【0239】

鬆を有するため、a - like OSは、不安定な構造である。以下では、a - like OSが、AAC - O Sおよびn c - O Sと比べて不安定な構造であることを示すため、電子照射による構造の変化を示す。

【0240】

10

20

30

40

50

電子照射を行う試料として、a - l i k e O S (試料Aと表記する。) 、 n c - O S (試料Bと表記する。) および C A A C - O S (試料Cと表記する。) を準備する。いずれの試料も I n - G a - Z n 酸化物である。

【 0 2 4 1 】

まず、各試料の高分解能断面 T E M 像を取得する。高分解能断面 T E M 像により、各試料は、いずれも結晶部を有することがわかる。

【 0 2 4 2 】

なお、どの部分を一つの結晶部と見なすかの判定は、以下のように行えばよい。例えば、 I n G a Z n O₄ の結晶の単位格子は、 I n - O 層を3層有し、また G a - Z n - O 層を6層有する、計9層がc軸方向に層状に重なった構造を有することが知られている。これらの近接する層同士の間隔は、(009)面の格子面間隔(d 値ともいう。)と同程度であり、結晶構造解析からその値は0.29 nmと求められている。したがって、格子縞の間隔が0.28 nm以上0.30 nm以下の箇所を、 I n G a Z n O₄ の結晶部と見なすことができる。なお、格子縞は、 I n G a Z n O₄ の結晶のa - b面に対応する。

10

【 0 2 4 3 】

図27は、各試料の結晶部(22箇所から45箇所)の平均の大きさを調査した例である。ただし、上述した格子縞の長さを結晶部の大きさとしている。図27より、a - l i k e O S は、電子の累積照射量に応じて結晶部が大きくなっていくことがわかる。具体的には、図27中に(1)で示すように、T E Mによる観察初期においては1.2 nm程度の大きさだった結晶部(初期核ともいう。)が、累積照射量が4.2 × 10⁸ e⁻/nm²においては2.6 nm程度の大きさまで成長していることがわかる。一方、n c - O S および C A A C - O S は、電子照射開始時から電子の累積照射量が4.2 × 10⁸ e⁻/nm²までの範囲で、結晶部の大きさに変化が見られないことがわかる。具体的には、図27中の(2)および(3)で示すように、電子の累積照射量によらず、n c - O S および C A A C - O S の結晶部の大きさは、それぞれ1.4 nm程度および2.1 nm程度であることがわかる。

20

【 0 2 4 4 】

このように、a - l i k e O S は、電子照射によって結晶部の成長が見られる場合がある。一方、n c - O S および C A A C - O S は、電子照射による結晶部の成長がほとんど見られないことがわかる。即ち、a - l i k e O S は、n c - O S および C A A C - O S と比べて、不安定な構造であることがわかる。

30

【 0 2 4 5 】

また、鬆を有するため、a - l i k e O S は、n c - O S および C A A C - O S と比べて密度の低い構造である。具体的には、a - l i k e O S の密度は、同じ組成の単結晶の密度の78.6%以上92.3%未満となる。また、n c - O S の密度および C A A C - O S の密度は、同じ組成の単結晶の密度の92.3%以上100%未満となる。単結晶の密度の78%未満となる酸化物半導体は、成膜すること自体が困難である。

【 0 2 4 6 】

例えば、I n : G a : Z n = 1 : 1 : 1 [原子数比] を満たす酸化物半導体において、菱面体晶構造を有する単結晶 I n G a Z n O₄ の密度は6.357 g / cm³となる。よって、例えば、I n : G a : Z n = 1 : 1 : 1 [原子数比] を満たす酸化物半導体において、a - l i k e O S の密度は5.0 g / cm³以上5.9 g / cm³未満となる。また、例えば、I n : G a : Z n = 1 : 1 : 1 [原子数比] を満たす酸化物半導体において、n c - O S の密度および C A A C - O S の密度は5.9 g / cm³以上6.3 g / cm³未満となる。

40

【 0 2 4 7 】

なお、同じ組成の単結晶が存在しない場合がある。その場合、任意の割合で組成の異なる単結晶を組み合わせることにより、所望の組成における単結晶に相当する密度を見積もることができる。所望の組成の単結晶に相当する密度は、組成の異なる単結晶を組み合わせる割合に対して、加重平均を用いて見積もればよい。ただし、密度は、可能な限り少ない

50

種類の単結晶を組み合わせて見積もることが好ましい。

【0248】

以上のように、酸化物半導体は、様々な構造をとり、それぞれが様々な特性を有する。なお、酸化物半導体は、例えば、非晶質酸化物半導体、a-l i k e O S、微結晶酸化物半導体、C A A C - O S のうち、二種以上を有する積層膜であってもよい。

【0249】

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

【0250】

(実施の形態5)

上記実施の形態に例示した表示装置100にタッチセンサを組み合わせて、タッチパネルを実現することができる。表示装置100と組み合わせるタッチセンサとしては、静電容量方式のタッチセンサや抵抗膜方式のタッチセンサなどが挙げられるが、本発明の一態様はこれに限定されない。また、静電容量方式のタッチセンサとしては、例えば、表面型静電容量方式のタッチセンサ、投影型静電容量方式のタッチセンサなどを用いることができる。また、トランジスタなどの能動素子を用いたアクティブマトリクス方式のタッチセンサを用いることもできる。

【0251】

本実施の形態では、タッチセンサ271として用いることが可能な、アクティブマトリクス方式のタッチセンサ500の構成例および駆動方法例について、図19および図20を用いて説明する。

【0252】

図19(A)はアクティブマトリクス方式のタッチセンサ500の構成を説明するブロック図である。図19(B)は変換器CONVの構成を説明する回路図であり、図19(C)は検知ユニット510の構成を説明する回路図である。図19(D-1)および図19(D-2)は検知ユニット510の駆動方法を説明するタイミングチャートである。

【0253】

また、図20(A)はアクティブマトリクス方式のタッチセンサ500Bの構成を説明するブロック図である。図20(B)は変換器CONVの構成を説明する回路図であり、図20(C)は検知ユニット510Bの構成を説明する回路図である。図20(D)は検知ユニット510Bの駆動方法を説明するタイミングチャートである。

【0254】

<位置情報入力部の構成例1>

図19に例示するタッチセンサ500は、マトリクス状に配置される複数の検知ユニット510と、行方向に配置される複数の検知ユニット510が電気的に接続される走査線G1と、列方向に配置される複数の検知ユニット510が電気的に接続される信号線DLと、を有する(図19(A)参照)。

【0255】

例えば、複数の検知ユニット510をn行m列(nおよびmは1以上の自然数)のマトリクス状に配置することができる。

【0256】

検知ユニット510は、容量素子として機能できる検知素子518と、検知回路519を備える。検知素子518の第1の電極は配線CSと電気的に接続されている。また、検知素子518の第2の電極はノードAと電気的に接続されている。これにより、ノードAの電位を、配線CSが供給する制御信号を用いて制御することができる。

【0257】

《検知回路519》

図19(C)に例示する検知回路519は、トランジスタM1、トランジスタM2、トランジスタM3を有する。また、トランジスタM1は、ゲートがノードAと電気的に接続され、ソースまたはドレインの一方が接地電位を供給することができる配線VPIと電気的

10

20

30

40

50

に接続され、ソースまたはドレインの他方がトランジスタM2のソースまたはドレインの一方と電気的に接続される。

【0258】

また、トランジスタM2のソースまたはドレインの他方は検知信号DATAを供給することができる信号線DLと電気的に接続され、トランジスタM2のゲートは選択信号を供給することができる走査線G1と電気的に接続される。

【0259】

なお、信号線DLおよび走査線G1などの導電層、つまり、タッチセンサを構成する配線や電極に用いることのできる材料として、例えば、抵抗値が低いものが望ましい。一例として、銀、銅、アルミニウム、カーボンナノチューブ、グラフェン、ハロゲン化金属（ハロゲン化銀など）などを用いてもよい。さらに、非常に細くした（例えば、直径が数ナノメール）多数の導電体を用いて構成されるような金属ナノワイヤを用いてもよい。または、導電体を網目状にした金属メッシュを用いてもよい。一例としては、Agナノワイヤや、Cuナノワイヤ、Alナノワイヤ、Agメッシュや、Cuメッシュ、Alメッシュなどを用いてもよい。Agナノワイヤの場合、光透過率は89%以上、シート抵抗値は40以上100以下 / を実現することができる。なお、透過率が高いため、表示素子に用いる電極、例えば、画素電極や共通電極に、金属ナノワイヤ、金属メッシュ、カーボンナノチューブ、グラフェンなどを用いてもよい。

10

【0260】

また、トランジスタM3は、ソースまたはドレインの一方がノードAと電気的に接続され、ソースまたはドレインの他方がトランジスタM1を導通状態にすることができる電位を供給できる配線VRESと電気的に接続され、ゲートがリセット信号を供給することができる配線RESと電気的に接続される。

20

【0261】

検知素子518の静電容量は、例えば、検知素子518の第1の電極または第2の電極（ノードA）にものが近接すること、もしくは第1の電極と第2の電極の間隔が変化することにより変動する。これにより、検知ユニット510は検知素子518の容量の変化に基づく検知信号DATAを供給することができる。

30

【0262】

配線VRESおよび配線VPIは例えば接地電位を供給することができ、配線VPOおよび配線BRは例えば高電源電位を供給することができる。

【0263】

また、配線RESはリセット信号を供給することができ、走査線G1は選択信号を供給することができ、配線CSは検知素子の第2の電極の電位（ノードAの電位）を制御する制御信号を供給することができる。

【0264】

また、信号線DLは検知信号DATAを供給することができ、端子OUTは検知信号DATAに基づいて変換された信号を供給することができる。

40

【0265】

《変換器CONV》

変換器CONVは変換回路を備える。検知信号DATAを変換して端子OUTに供給することができるさまざまな回路を、変換器CONVに用いることができる。例えば、変換器CONVを検知回路519と電気的に接続することにより、ソースフォロワ回路またはカレントミラーレイ回路などが構成されるようにしてもよい。

【0266】

具体的には、トランジスタM4を用いた変換器CONVを用いて、ソースフォロワ回路を構成できる（図19（B）参照）。なお、トランジスタM1乃至トランジスタM3と同一の工程で作製することができるトランジスタをトランジスタM4に用いてもよい。

【0267】

また、トランジスタM1乃至トランジスタM4は、上記実施の形態に示したトランジスタ

50

を用いることができる。また、例えば、14族の元素、化合物半導体または酸化物半導体を半導体層に用いることができる。具体的には、シリコンを含む半導体、ガリウムヒ素を含む半導体またはインジウムを含む酸化物半導体などを適用できる。

【0268】

また、変換器CONVおよび駆動回路GDを他の基板（例えば、単結晶半導体基板や、多結晶半導体基板）上に設け、COG（Chip On Glass）方法やワイヤボンディング方法などにより検知ユニット510と電気的に接続してもよい。また、FPCなどを用いて検知ユニット510と電気的に接続してもよい。

【0269】

<検知回路519の駆動方法>

検知回路519の駆動方法について説明する。

10

【0270】

《第1のステップ》

第1のステップにおいて、リセット信号をトランジスタM3のゲートに供給し、ノードAの電位を所定の電位にする（図19（D-1）期間T1参照）。

【0271】

具体的には、トランジスタM3を導通状態とするリセット信号を、配線RESを介してトランジスタM3のゲートに供給する。当該リセット信号が供給されたトランジスタM3は導通状態となり、ノードAの電位を、例えばトランジスタM1を非導通状態とする電位にする（図19（D-1）期間T1参照）。

20

【0272】

《第2のステップ》

第2のステップにおいて、トランジスタM3を非導通状態にするリセット信号をトランジスタM3のゲートに供給する。また、トランジスタM2を導通状態にする選択信号をトランジスタM2のゲートに供給し、トランジスタM1のソースまたはドレインの他方を信号線DLに電気的に接続する。

【0273】

具体的には、トランジスタM2を導通状態とする選択信号を、走査線G1を介してトランジスタM2のゲートに供給する。当該選択信号が供給されたトランジスタM2は導通状態となり、トランジスタM1のソースまたはドレインの他方を信号線DLに電気的に接続する（図19（D-1）期間T2参照）。

30

【0274】

《第3のステップ》

第3のステップにおいて、制御信号を検知素子518の第1の電極に供給し、制御信号および検知素子518の静電容量に基づいて変化する電位をノードAを介してトランジスタM1のゲートに供給する。

【0275】

具体的には、配線CSに矩形波の制御信号を供給する。矩形波の制御信号が検知素子518の第1の電極に供給されると、検知素子518の静電容量に基づいてノードAの電位が上昇する（図19（D-1）期間T2の後半を参照）。

40

【0276】

例えば、検知素子518が大気中に置かれている場合、大気より誘電率の高い物質が、検知素子518の第1の電極に近接して配置された場合、検知素子518の静電容量は見かけ上大きくなる。この場合、矩形波の制御信号がもたらすノードAの電位の変化は、大気より誘電率の高い物質が近接して配置されていない場合に比べて小さくなる（図19（D-2）実線参照）。

【0277】

《第4のステップ》

第4のステップにおいて、トランジスタM1のゲートの電位の変化がもたらす信号を信号線DLに供給する。

50

【 0 2 7 8 】

例えば、トランジスタM 1 のゲートの電位の変化がもたらす電流の変化を信号線D L に供給する。

【 0 2 7 9 】

変換器C O N V は、信号線D L を流れる電流の変化を電圧の変化に変換し、該電圧を端子O U T に供給する。

【 0 2 8 0 】**《 第 5 のステップ 》**

第5のステップにおいて、トランジスタM 2 を非導通状態にする選択信号をゲートに供給する。

10

【 0 2 8 1 】

以後、走査線G 1 (1) 乃至走査線G 1 (n) について、走査線ごとに第1のステップから第5のステップを繰り返すことで、タッチセンサ5 0 0 のどの領域が選択されたかを知ることができる。

【 0 2 8 2 】**< 位置情報入力部の構成例 2 >**

図20に例示するタッチセンサ5 0 0 B は、検知ユニット5 1 0 に換えて検知ユニット5 1 0 B を備える点がタッチセンサ5 0 0 と異なる。

【 0 2 8 3 】

また、検知ユニット5 1 0 B は、以下の点が検知ユニット5 1 0 と異なる。検知ユニット5 1 0 では配線C S に電気的に接続される検知素子5 1 8 の第1の電極が、検知ユニット5 1 0 B では走査線G 1 に電気的に接続される点、検知ユニット5 1 0 ではトランジスタM 2 を介して信号線D L と電気的に接続されるトランジスタM 1 のソースまたはドレインの他方が、検知ユニット5 1 0 B ではトランジスタM 2 を介すことなく信号線D L と電気的に接続される点が、検知ユニット5 1 0 とは異なる。ここでは異なる構成について詳細に説明し、同様の構成を用いることができる部分は、上記の説明を援用する。

20

【 0 2 8 4 】

タッチセンサ5 0 0 B は、マトリクス状に配置される複数の検知ユニット5 1 0 B と、行方向に配置される複数の検知ユニット5 1 0 B が電気的に接続される走査線G 1 と、列方向に配置される複数の検知ユニット5 1 0 B が電気的に接続される信号線D L と、を有する（図20（A）参照）。

30

【 0 2 8 5 】

例えば、複数の検知ユニット5 1 0 B をn 行m列（n およびm は1以上の自然数）のマトリクス状に配置することができる。

【 0 2 8 6 】

なお、検知ユニット5 1 0 B は検知素子5 1 8 を備え、検知素子5 1 8 の第1の電極は走査線G 1 と電気的に接続されている。これにより、選択された一の走査線G 1 に電気的に接続される複数の検知ユニット5 1 0 B ごとに、ノードA の電位を走査線G 1 が供給する選択信号を用いて制御することができる。

40

【 0 2 8 7 】

また、信号線D L と走査線G 1 を同一の導電膜を用いて形成してもよい。

【 0 2 8 8 】

また、検知素子5 1 8 の第1の電極と走査線G 1 を同一の導電膜を用いて形成してもよい。例えば、行方向に隣接する検知ユニット5 1 0 B が備える検知素子5 1 8 の第1の電極同士を接続し、接続された電極を走査線G 1 として用いててもよい。

【 0 2 8 9 】**《 検知回路5 1 9 B 》**

図20（C）に例示する検知回路5 1 9 B は、トランジスタM 1 、トランジスタM 3 を有する。また、トランジスタM 1 は、ゲートがノードA と電気的に接続され、ソースまたはドレインの一方が接地電位を供給することができる配線V P I と電気的に接続され、ソ-

50

スまたはドレインの他方が検知信号 D A T A を供給することができる信号線 D L と電気的に接続される。

【 0 2 9 0 】

また、トランジスタ M 3 は、ソースまたはドレインの一方がノード A と電気的に接続され、ソースまたはドレインの他方がトランジスタ M 1 を導通状態にすることができる電位を供給できる配線 V R E S と電気的に接続され、ゲートがリセット信号を供給することができる配線 R E S と電気的に接続される。

【 0 2 9 1 】

検知素子 5 1 8 の静電容量は、例えば、検知素子 5 1 8 の第 1 の電極または第 2 の電極（ノード A ）にものが近接すること、もしくは第 1 の電極と第 2 の電極の間隔が変化することにより変動する。これにより、検知ユニット 5 1 0 は検知素子 5 1 8 の容量の変化に基づく検知信号 D A T A を供給することができる。

10

【 0 2 9 2 】

配線 V R E S および配線 V P I は例えば接地電位を供給することができ、配線 V P O および配線 B R は例えば高電源電位を供給することができる。

【 0 2 9 3 】

また、配線 R E S はリセット信号を供給することができ、走査線 G 1 は選択信号を供給することができる。

【 0 2 9 4 】

また、信号線 D L は検知信号 D A T A を供給することができ、端子 O U T は検知信号 D A T A に基づいて変換された信号を供給することができる。

20

【 0 2 9 5 】

< 検知回路 5 1 9 B の駆動方法 >

検知回路 5 1 9 B の駆動方法について説明する。

【 0 2 9 6 】

《 第 1 のステップ 》

第 1 のステップにおいて、リセット信号をトランジスタ M 3 のゲートに供給し、ノード A の電位を所定の電位にする（図 2 0 (D) 期間 T 1 参照）。

【 0 2 9 7 】

具体的には、トランジスタ M 3 を導通状態とするリセット信号を配線 R E S を介してトランジスタ M 3 のゲートに供給する。当該リセット信号が供給されたトランジスタ M 3 は導通状態となり、ノード A の電位を、例えばトランジスタ M 1 を非導通状態にする電位にする（図 2 0 (C) 参照）。

30

【 0 2 9 8 】

《 第 2 のステップ 》

第 2 のステップにおいて、トランジスタ M 3 を非導通状態にするリセット信号をトランジスタ M 3 のゲートに供給する。また、選択信号を検知素子 5 1 8 の第 1 の電極に供給し、選択信号および検知素子 5 1 8 の静電容量に基づいて変化する電位を、ノード A を介してトランジスタ M 1 のゲートに供給する（図 2 0 (D) 期間 T 2 参照）。

【 0 2 9 9 】

具体的には、走査線 G 1 (i - 1) に矩形波の選択信号を供給させる。矩形波の選択信号が検知素子 5 1 8 の第 1 の電極に供給されると、検知素子 5 1 8 の静電容量に基づいてノード A の電位が上昇する。

40

【 0 3 0 0 】

例えば、検知素子 5 1 8 が大気中に置かれている場合、大気より誘電率の高い物質が、検知素子 5 1 8 の第 1 の電極に近接して配置された場合、検知素子 5 1 8 の静電容量は見かけ上大きくなる。この場合、矩形波の選択信号がもたらすノード A の電位の変化は、大気より誘電率の高い物質が近接して配置されていない場合に比べて小さくなる。

【 0 3 0 1 】

《 第 3 のステップ 》

50

第3のステップにおいて、トランジスタM1のゲートの電位の変化がもたらす信号を信号線DLに供給する。

【0302】

例えば、トランジスタM1のゲートの電位の変化がもたらす電流の変化を信号線DLに供給する。

【0303】

変換器CONVは、信号線DLを流れる電流の変化を電圧の変化に変換し、該電圧を端子OUTに供給する。

【0304】

以後、走査線G1(1)乃至走査線G1(n)について、走査線ごとに第1のステップから第3のステップを繰り返す(図20(D)期間T2乃至期間T4参照)。なお、図20(D)ではi行目(iは1以上n以下の自然数)の走査線G1を、走査線G1(i)と示している。上記の構成例および動作例によれば、タッチセンサ500Bのどの領域が選択されたかを知ることができる。

10

【0305】

アクティブマトリクス方式のタッチセンサは、トランジスタによって検知に必要な無い検知ユニット510への信号供給を停止することができる。よって、選択されていない検知ユニット510が選択された検知ユニット510に及ぼす干渉を低減することができる。よって、アクティブマトリクス方式のタッチセンサはノイズに強く、また、検出感度を高めることができる。

20

【0306】

また、アクティブマトリクス方式のタッチセンサは、検出感度を高めることができるために、検知ユニット510もしくは検知素子518を小さくしても、選択された領域を精度よく検出することができる。よって、アクティブマトリクス方式のタッチセンサは、検知ユニット510の単位面積当たりの個数(面密度)を増やすことができる。すなわち、アクティブマトリクス方式のタッチセンサは、選択された領域の位置検出精度を高めることができる。

30

【0307】

また、アクティブマトリクス方式のタッチセンサは、例えば、ハンドヘルド型に用いることができる大きさから、電子黒板に用いることができる大きさまで、さまざまな大きさのタッチセンサを実現することができる。特に、アクティブマトリクス方式のタッチセンサは、他の方式のタッチセンサと比較して検出領域全体の大面積化が容易である。アクティブマトリクス方式のタッチセンサを用いることで、高精細かつ大面積のタッチパネルを実現することができる。

【0308】

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

【0309】

(実施の形態6)

本実施の形態では、発光素子125に用いることができる発光素子の構成例について、発光素子330および発光素子331を用いて説明する。

40

【0310】

<発光素子の構成例>

図21(A)に示す発光素子330は、一対の電極(電極318、電極322)間にEL層320が挟まれた構造を有する。なお、以下の本実施の形態の説明においては、例として、電極318を陽極として用い、電極322を陰極として用いるものとする。

【0311】

また、EL層320は、少なくとも発光層を含んで形成されていればよく、発光層以外の機能層を含む積層構造であっても良い。発光層以外の機能層としては、正孔注入性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、電子輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、バイポー

50

ラ性（電子および正孔の輸送性の高い物質）の物質等を含む層を用いることができる。具体的には、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層等の機能層を適宜組み合わせて用いることができる。

【0312】

図21(A)に示す発光素子330は、電極318と電極322との間に与えられた電位差により電流が流れ、EL層320において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。つまりEL層320に発光領域が形成されるような構成となっている。

【0313】

本発明において、発光素子330からの発光は、電極318、または電極322側から外部に取り出される。従って、電極318、または電極322のいずれか一方は透光性を有する物質で成る。

10

【0314】

なお、EL層320は図21(B)に示す発光素子331のように、電極318と電極322との間に複数積層されていても良い。n層（nは2以上の自然数）の積層構造を有する場合には、m番目（mは、 $1 \leq m < n$ を満たす自然数）のEL層320と、(m+1)番目のEL層320との間には、それぞれ電荷発生層320aを設けることが好ましい。

20

【0315】

電荷発生層320aは、有機化合物と金属酸化物の複合材料、を用いて形成することができる。金属酸化物としては、例えば、酸化バナジウムや酸化モリブデンや酸化タンクスチタン等が挙げられる。有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、または、それらを基本骨格とするオリゴマー、デンドリマー、ポリマーなど、種々の化合物を用いることができる。なお、有機化合物としては、正孔輸送性有機化合物として正孔移動度が $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上であるものを適用することが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。なお、電荷発生層320aに用いるこれらの材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、発光素子330の低電流駆動、および低電圧駆動を実現することができる。上記複合材料以外にも、上記金属酸化物、有機化合物とアルカリ金属、アルカリ土類金属、アルカリ金属化合物、アルカリ土類金属化合物などを電荷発生層320aに用いることができる。

30

【0316】

なお、電荷発生層320aは、有機化合物と金属酸化物の複合材料と他の材料とを組み合わせて形成してもよい。例えば、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせて形成してもよい。また、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、透明導電膜とを組み合わせて形成してもよい。

30

【0317】

このような構成を有する発光素子331は、隣接するEL層320同士でのエネルギーの移動が起こり難く、高い発光効率と長い寿命とを併せ持つ発光素子とすることが容易である。また、一方の発光層で燐光発光、他方で蛍光発光を得ることも容易である。

40

【0318】

なお、電荷発生層320aとは、電極318と電極322に電圧を印加したときに、電荷発生層320aに接して形成される一方のEL層320に対して正孔を注入する機能を有し、他方のEL層320に電子を注入する機能を有する。

【0319】

図21(B)に示す発光素子331は、EL層320に用いる発光物質の種類を変えることにより様々な発光色を得ることができる。また、発光物質として発光色の異なる複数の発光物質を用いることにより、プロードなスペクトルの発光や白色発光を得ることもできる。

【0320】

図21(B)に示す発光素子331を用いて、白色発光を得る場合、複数のEL層の組み

50

合わせとしては、赤、青および緑色の光を含んで白色に発光する構成であればよく、例えば、青色の蛍光材料を発光物質として含むE L層と、緑色と赤色の熒光材料を発光物質として含むE L層を有する構成が挙げられる。また、赤色の発光を示すE L層と、緑色の発光を示すE L層と、青色の発光を示すE L層とを有する構成とすることもできる。または、補色の関係にある光を発するE L層を有する構成であっても白色発光が得られる。E L層が2層積層された積層型素子において、これらのE L層からの発光色を補色の関係にする場合、補色の関係としては、青色と黄色、あるいは青緑色と赤色などの組み合わせが挙げられる。

【0321】

なお、上述した積層型素子の構成において、積層される発光層の間に電荷発生層を配置することにより、電流密度を低く保ったまま、高輝度領域での長寿命素子を実現することができる。

10

【0322】

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

【0323】

(実施の形態7)

本実施の形態では、本発明の一態様に係る表示装置が適用された電子機器の例について、図面を参照して説明する。

20

【0324】

本発明の一態様に係る表示装置を用いた電子機器として、テレビ、モニタ等の表示装置、照明装置、デスクトップ型或いはノート型のパーソナルコンピュータ、ワードプロセッサ、DVD(Digital Versatile Disc)などの記録媒体に記憶された静止画または動画を再生する画像再生装置、ポータブルCDプレーヤ、ラジオ、テープレコーダ、ヘッドホンステレオ、ステレオ、置き時計、壁掛け時計、コードレス電話子機、トランシーバ、携帯電話、自動車電話、携帯型ゲーム機、タブレット型端末、パチンコ機などの大型ゲーム機、電卓、携帯情報端末、電子手帳、電子書籍、電子翻訳機、音声入力機器、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、電気シェーバ、電子レンジ等の高周波加熱装置、電気炊飯器、電気洗濯機、電気掃除機、温水器、扇風機、毛髪乾燥機、エアコンディショナー、加湿器、除湿器などの空調設備、食器洗い器、食器乾燥器、衣類乾燥器、布団乾燥器、電気冷蔵庫、電気冷凍庫、電気冷凍冷蔵庫、DNA保存用冷凍庫、懐中電灯、チェーンソー等の工具、煙感知器、透析装置等の医療機器などが挙げられる。さらに、誘導灯、信号機、ベルトコンベア、エレベータ、エスカレータ、産業用ロボット、電力貯蔵システム、電力の平準化やスマートグリッドのための蓄電装置等の産業機器が挙げられる。また、蓄電体からの電力を用いて電動機により推進する移動体なども、電子機器の範疇に含まれるものとする。上記移動体として、例えば、電気自動車(EV)、内燃機関と電動機を併せ持ったハイブリッド車(HEV)、プラグインハイブリッド車(PHEV)、これらのタイヤ車輪を無限軌道に変えた装軌車両、電動アシスト自転車を含む原動機付自転車、自動二輪車、電動車椅子、ゴルフ用カート、小型または大型船舶、潜水艦、ヘリコプター、航空機、ロケット、人工衛星、宇宙探査機や惑星探査機、宇宙船などが挙げられる。

30

【0325】

特に、本発明の一態様に係る表示装置を適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置(テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう)、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機(携帯電話、携帯電話装置ともいう)、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。

40

【0326】

また、照明装置や表示装置を、家屋やビルの内壁または外壁や、自動車の内装または外装の曲面に沿って組み込むことも可能である。

50

【 0 3 2 7 】

図22(A)は、携帯電話機(スマートフォンを含む)の一例を示している。携帯電話機7400は、筐体7401に組み込まれた表示部7402の他、操作ボタン7403、外部接続ポート7404、スピーカ7405、マイク7406などを備えている。なお、携帯電話機7400は、本発明の一態様に係る表示装置を表示部7402に用いることにより作製される。

【 0 3 2 8 】

図22(A)に示す携帯電話機7400は、表示部7402にタッチセンサを有し、表示部7402を指などで触ることで、情報を入力することができる。また、電話を掛ける、或いは文字を入力するなどのあらゆる操作は、表示部7402を指などで触ることにより行うことができる。10

【 0 3 2 9 】

また操作ボタン7403の操作により、電源のON、OFFや、表示部7402に表示される画像の種類を切り替えることができる。例えば、メール作成画面から、メインメニュー画面に切り替えることができる。

【 0 3 3 0 】

ここで、表示部7402には、本発明の一態様の表示装置が組み込まれている。したがって、消費電力が少なく、且つ信頼性の高い携帯電話機とすることができる。

【 0 3 3 1 】

図22(B)は、携帯電話機(スマートフォンを含む)の一例を示している。携帯電話機7410は、筐体7411に、表示部7412、マイク7416、スピーカ7415、カメラ7417、外部接続部7414、操作用ボタン7413などを備えている。また、本発明の一態様の表示装置を、可撓性を有する基板を用いて形成することで、曲面を有する表示部7412に適用することが可能である。20

【 0 3 3 2 】

図22(B)に示す携帯電話機7410は、表示部7412を指などで触ることで、情報を入力することができる。また、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部7412を指などで触ることにより行うことができる。

【 0 3 3 3 】

表示部7412の画面は主として3つのモードがある。第1は、画像の表示を主とする表示モードであり、第2は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第3は表示モードと入力モードの2つのモードが混合した表示+入力モードである。30

【 0 3 3 4 】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部7412を文字の入力を主とする文字入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。この場合、表示部7412の画面のほとんどにキーボードまたは番号ボタンを表示させることが好みしい。

【 0 3 3 5 】

また、表示部7412に表示される画像の種類によってモードを切り替えることもできる。例えば、表示部に表示する画像信号が動画のデータであれば表示モード、テキストデータであれば入力モードに切り替えててもよい。40

【 0 3 3 6 】

また、入力モードにおいて、表示部7412のタッチセンサを用い、表示部7412のタッチ操作による入力が一定期間ないと判断される場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

【 0 3 3 7 】

また、携帯電話機7410内部に、ジャイロセンサや加速度センサ等の検出装置を設けることで、携帯電話機7410の向き(縦か横か)を判断して、表示部7412の画面表示の向きを自動的に切り替えるようにすることもできる。また、画面表示の向きの切り替えは、表示部7412を触ること、または筐体7411の操作用ボタン7413の操作に

より行うこともできる。

【0338】

図22(C)は、リストバンド型の表示装置の一例を示している。携帯表示装置7100は、筐体7101、表示部7102、操作ボタン7103、および送受信装置7104を備える。

【0339】

携帯表示装置7100は、送受信装置7104によって映像信号を受信可能で、受信した映像を表示部7102に表示することができる。また、音声信号を他の受信機器に送信することもできる。

【0340】

また、操作ボタン7103によって、電源のON、OFF動作や表示する映像の切り替え、または音声のボリュームの調整などを行うことができる。

【0341】

ここで、表示部7102には、本発明の一態様に係る表示装置が組み込まれている。したがって、消費電力が少なく、且つ信頼性の高い携帯表示装置とすることができます。

【0342】

図22(D)は、電子書籍の一例を示している。例えば、電子書籍は、筐体2702および筐体2704の2つの筐体で構成されている。筐体2702および筐体2704は、軸部2712により一体とされており、該軸部2712を軸として開閉動作を行うことができる。このような構成により、紙の書籍のような動作を行うことが可能となる。

【0343】

筐体2702には表示部2705が組み込まれ、筐体2704には表示部2707が組み込まれている。表示部2705および表示部2707は、継ぎ画面を表示する構成としてもよいし、異なる画面を表示する構成としてもよい。異なる画面を表示する構成として、例えば右側の表示部(図22(D)では表示部2705)に文章を表示し、左側の表示部(図22(D)では表示部2707)に画像を表示することができる。上記実施の形態で示した表示装置を適用することにより、消費電力が少なく、且つ信頼性の高い電子書籍とすることができます。

【0344】

また、図22(D)では、筐体2702に操作部などを備えた例を示している。例えば、筐体2702において、電源端子2721、操作キー2723、スピーカ2725などを備えている。操作キー2723により、頁を送ることができる。なお、筐体の表示部と同一面にキー・ボードやポインティングデバイスなどを備える構成としてもよい。また、筐体の裏面や側面に、外部接続用端子(イヤホン端子、USB端子など)、記録媒体挿入部などを備える構成としてもよい。さらに、電子書籍は、電子辞書としての機能を持たせた構成としてもよい。

【0345】

また、電子書籍は、無線で情報を送受信できる構成としてもよい。無線により、電子書籍サーバから、所望の書籍データなどを購入し、ダウンロードする構成とすることも可能である。

【0346】

図22(E)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体9601に表示部9603が組み込まれている。表示部9603により、映像を表示することができる。また、ここでは、スタンド9605により筐体9601を支持した構成を示している。上記実施の形態で示した表示装置を適用することにより、消費電力が少なく、且つ信頼性の高いテレビジョン装置とすることができます。

【0347】

テレビジョン装置の操作は、筐体9601が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機により行うことができる。また、リモコン操作機に、当該リモコン操作機から出力する情報を表示する表示部を設ける構成としてもよい。

10

20

30

40

50

【0348】

なお、テレビジョン装置は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般的なテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線また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）または双向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【0349】

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

【符号の説明】

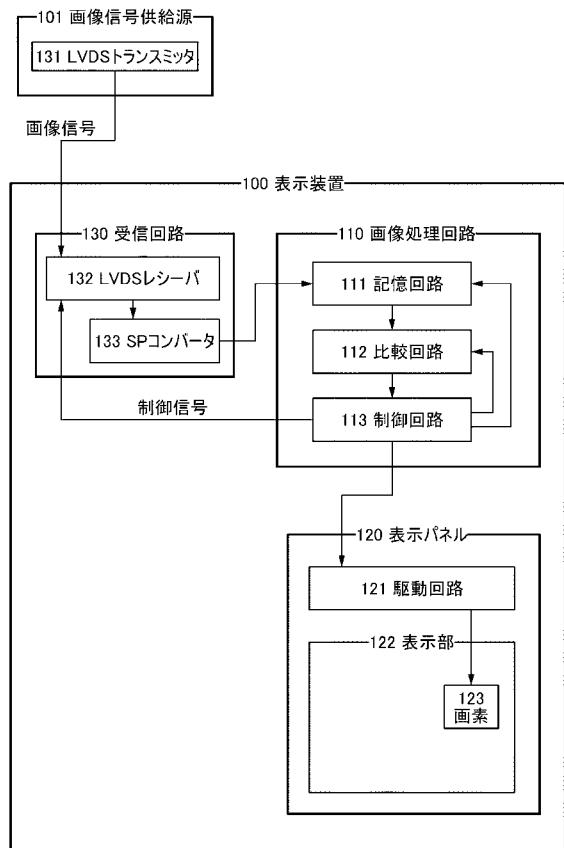
【0350】

1 0 0	表示装置	10
1 0 1	画像信号供給源	
1 1 0	画像処理回路	
1 1 1	記憶回路	
1 1 2	比較回路	
1 1 3	制御回路	
1 1 6	基板	
1 1 9	絶縁層	
1 2 0	表示パネル	
1 2 1	駆動回路	20
1 2 2	表示部	
1 2 3	画素	
1 2 4	画素	
1 2 5	発光素子	
1 3 0	受信回路	
1 3 1	L V D S トランスマッタ	
1 3 2	L V D S レシーバ	
1 3 3	S P コンバータ	
1 3 5	走査線	
1 3 6	信号線	30
1 3 7	画素回路	
1 4 0	画像処理装置	
1 4 1	L V D S トランスマッタ	
1 4 2	L V D S レシーバ	
2 0 5	絶縁層	
2 0 6	電極	
2 0 7	絶縁層	
2 0 8	半導体層	
2 0 9	絶縁層	
2 1 0	絶縁層	40
2 1 1	絶縁層	
2 1 3	電極	
2 1 4	電極	
2 1 5	電極	
2 1 7	絶縁層	
2 2 1	不純物元素	
2 3 2	トランジスタ	
2 3 3	容量素子	
2 7 1	タッチセンサ	
3 0 1	動画表示期間	50

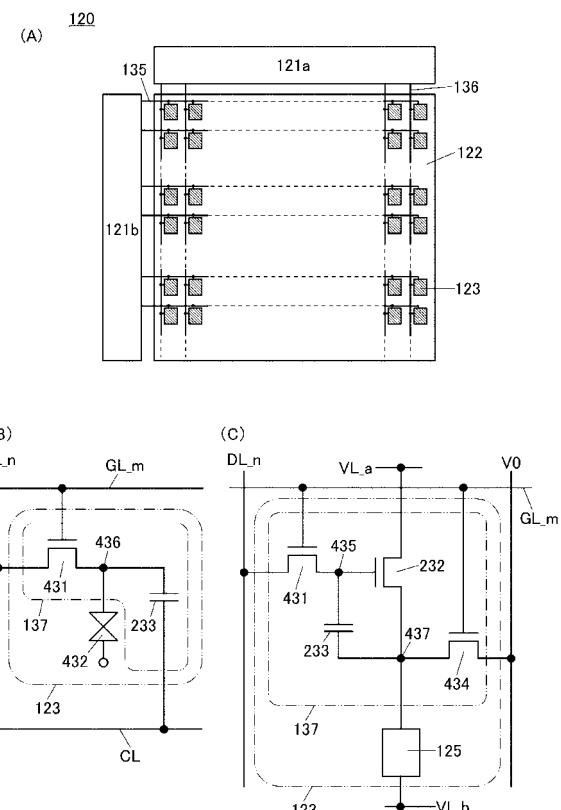
3 0 2	静止画表示期間	
3 0 3	期間	
3 0 4	静止画保持期間	
3 1 8	電極	
3 2 0	E L 層	
3 2 2	電極	
3 3 0	発光素子	
3 3 1	発光素子	
4 0 0	トランジスタ	10
4 0 1	トランジスタ	
4 1 0	トランジスタ	
4 1 1	トランジスタ	
4 2 0	トランジスタ	
4 2 1	トランジスタ	
4 3 0	トランジスタ	
4 3 1	トランジスタ	
4 3 2	液晶素子	
4 3 4	トランジスタ	
4 3 5	ノード	
4 3 6	ノード	20
4 3 7	ノード	
4 4 0	トランジスタ	
4 4 1	トランジスタ	
4 5 0	トランジスタ	
4 5 1	トランジスタ	
5 0 0	タッチセンサ	
5 1 0	検知ユニット	
5 1 8	検知素子	
5 1 9	検知回路	
9 0 1	オペアンプ	30
9 1 1	非反転信号入力端子	
9 1 2	反転信号入力端子	
9 1 3	スタンバイ信号入力端子	
9 1 4	出力端子	
9 2 1	非反転信号	
9 2 2	反転信号	
9 3 1	出力信号	
9 9 9	ノイズ	
2 7 0 2	筐体	
2 7 0 4	筐体	40
2 7 0 5	表示部	
2 7 0 7	表示部	
2 7 1 2	軸部	
2 7 2 1	電源端子	
2 7 2 3	操作キー	
2 7 2 5	スピーカ	
5 1 0 0	ペレット	
5 1 2 0	基板	
5 1 6 1	領域	
7 1 0 0	携帯表示装置	50

7 1 0 1	筐体	
7 1 0 2	表示部	
7 1 0 3	操作ボタン	
7 1 0 4	送受信装置	
7 4 0 0	携帯電話機	
7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作ボタン	
7 4 0 4	外部接続ポート	
7 4 0 5	スピーカ	10
7 4 0 6	マイク	
7 4 1 0	携帯電話機	
7 4 1 1	筐体	
7 4 1 2	表示部	
7 4 1 3	操作用ボタン	
7 4 1 4	外部接続部	
7 4 1 5	スピーカ	
7 4 1 6	マイク	
7 4 1 7	カメラ	
9 6 0 1	筐体	20
9 6 0 3	表示部	
9 6 0 5	スタンド	
1 0 0 a	表示装置	
1 2 1 a	駆動回路	
1 2 1 b	駆動回路	
1 2 1 c	駆動回路	
1 2 1 d	駆動回路	
1 2 3 B	画素	
1 2 3 G	画素	
1 2 3 R	画素	30
1 2 3 Y	画素	
1 3 0 a	受信回路	
3 2 0 a	電荷発生層	
5 0 0 B	タッチセンサ	
5 1 0 B	検知ユニット	
5 1 9 B	検知回路	

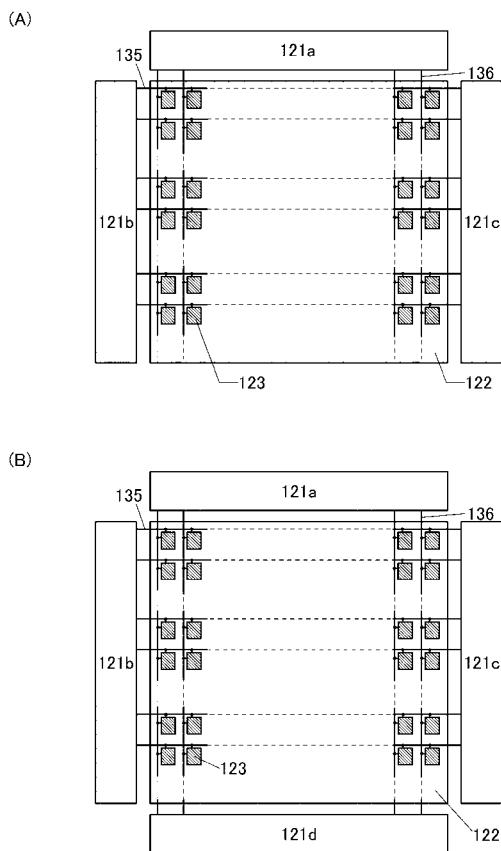
【図1】



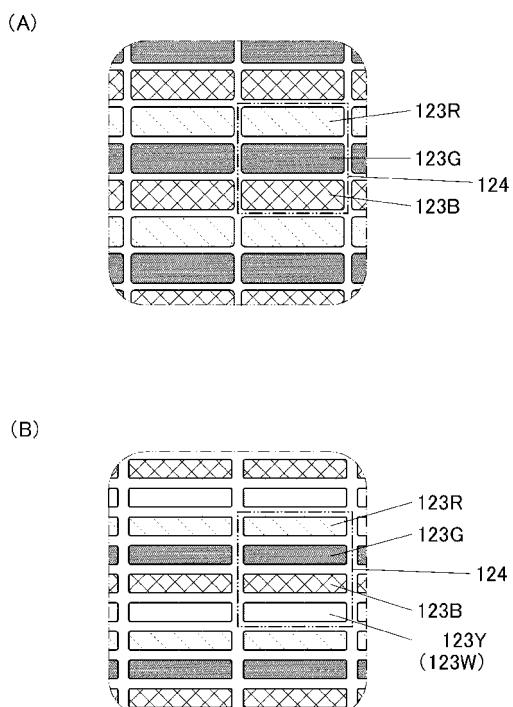
【図2】



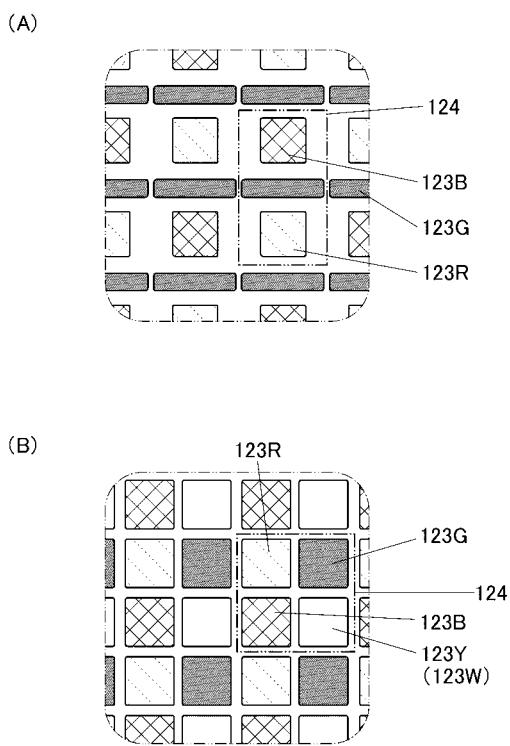
【図3】



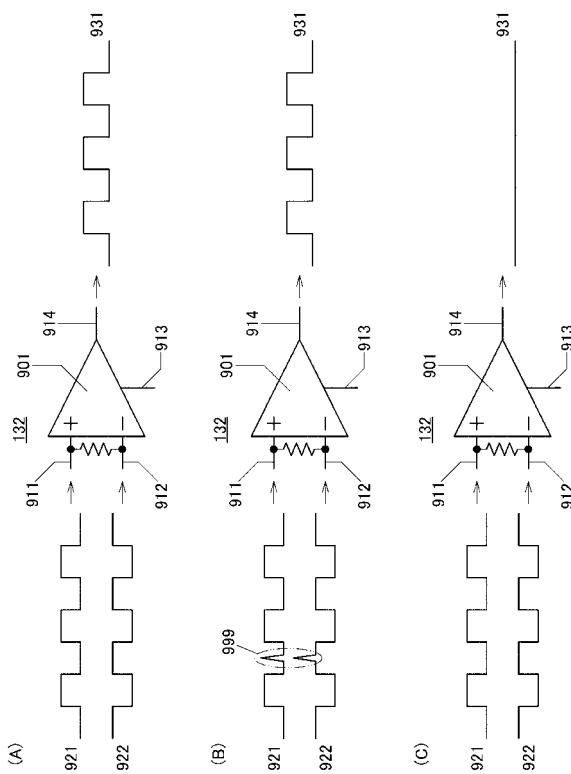
【図4】



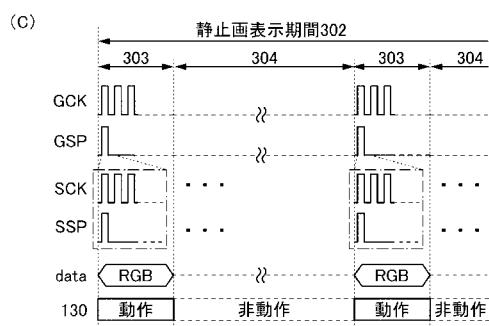
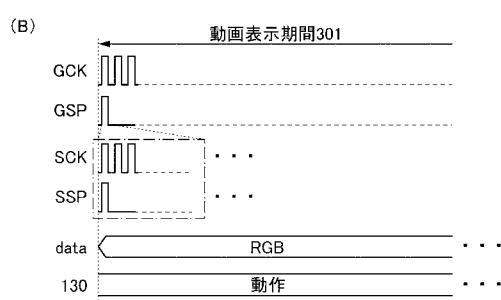
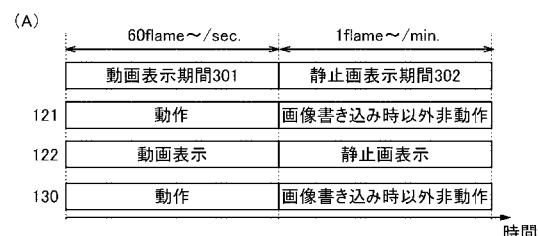
【図5】



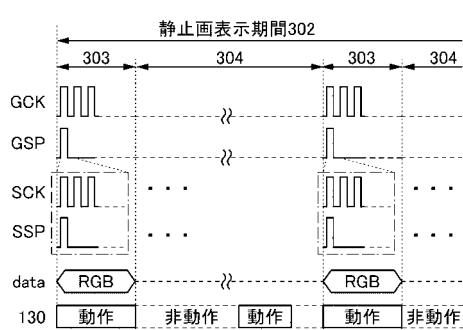
【図6】



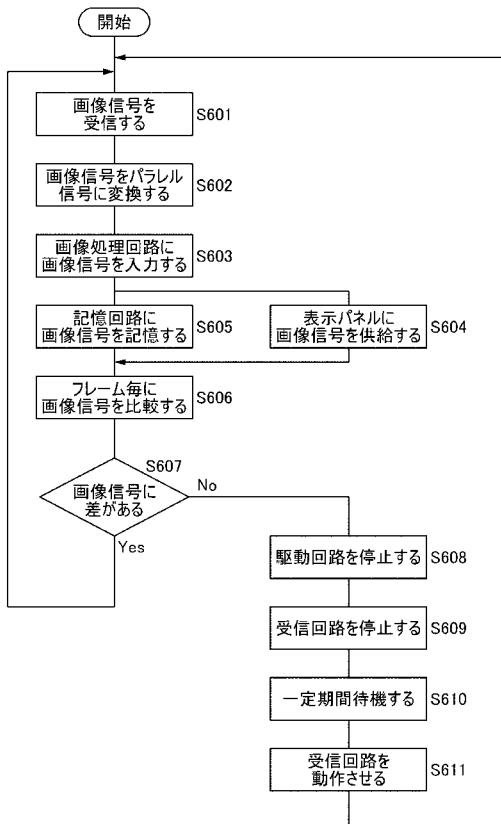
【図7】



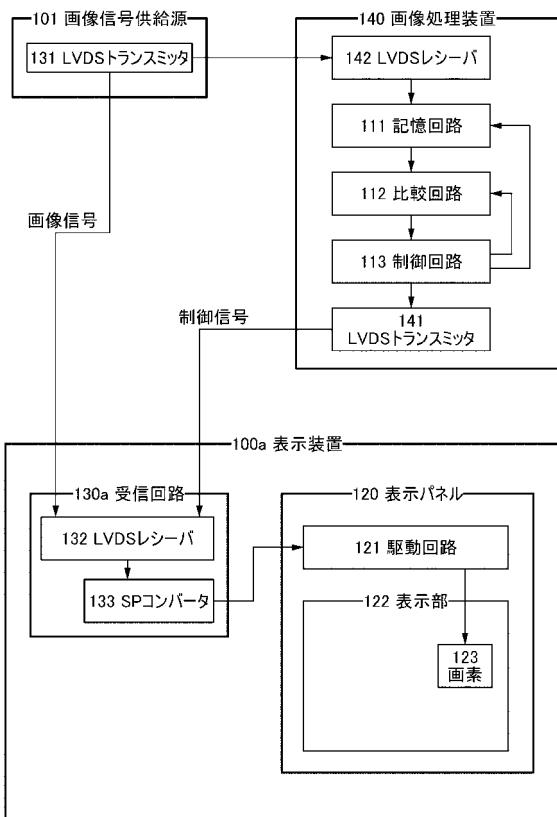
【図8】



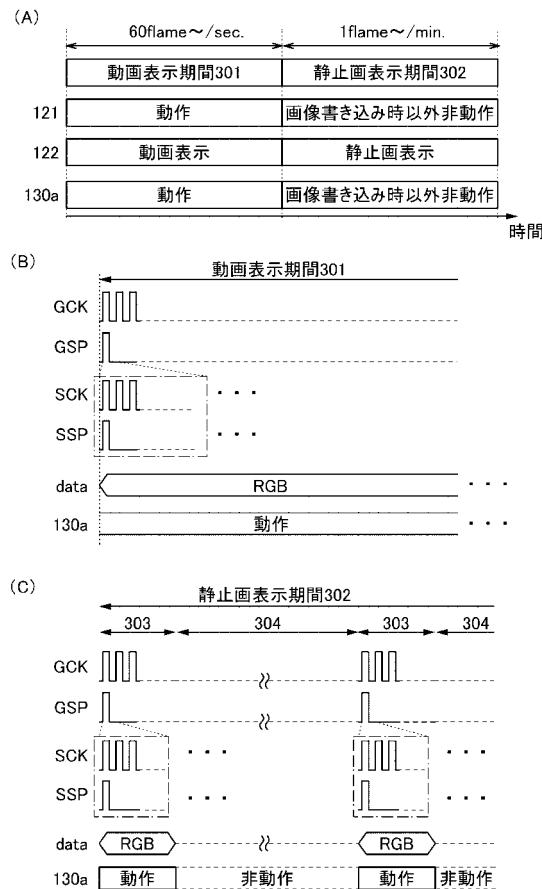
【図9】



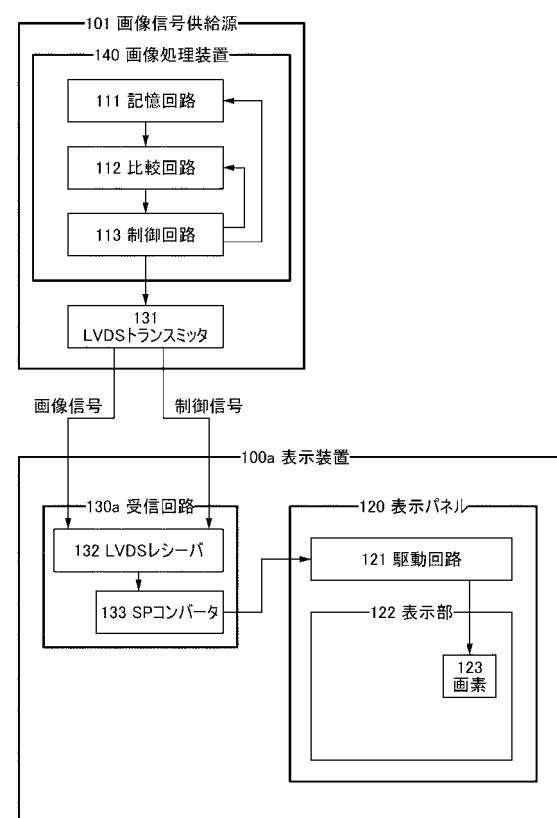
【図10】



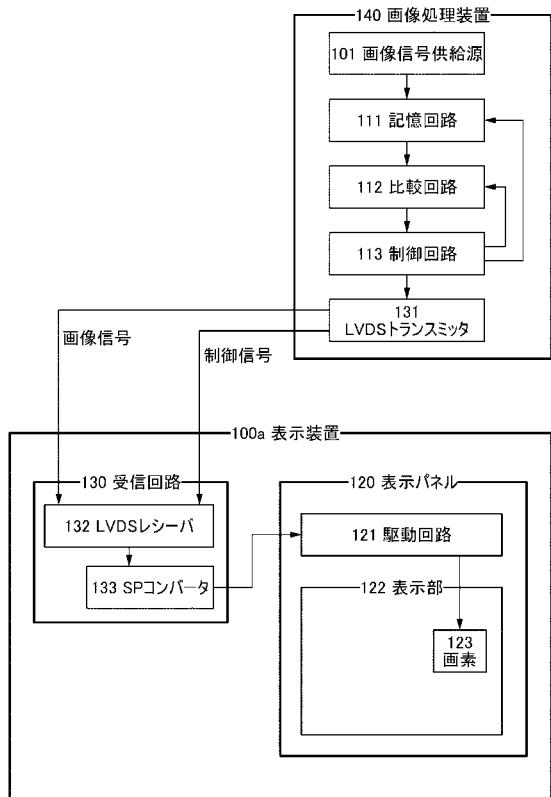
【図11】



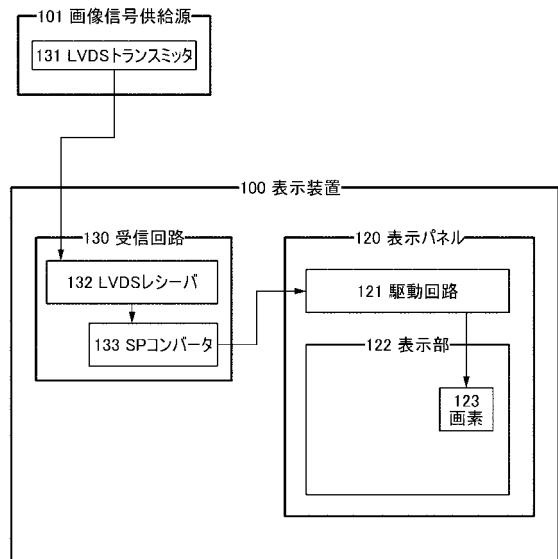
【図12】



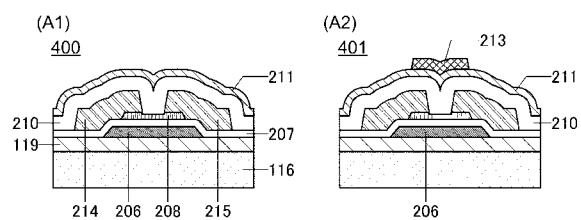
【図13】



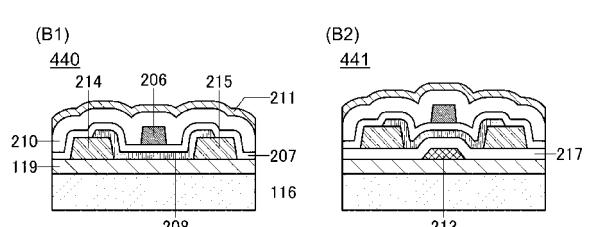
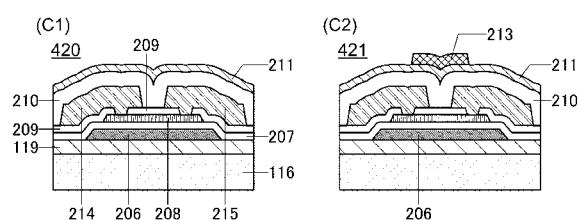
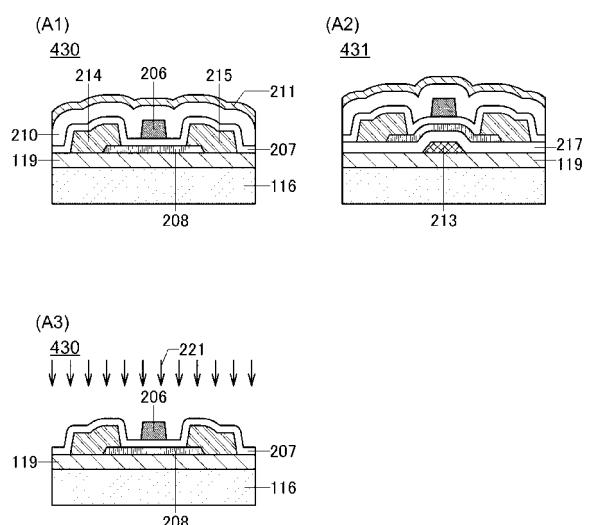
【図14】



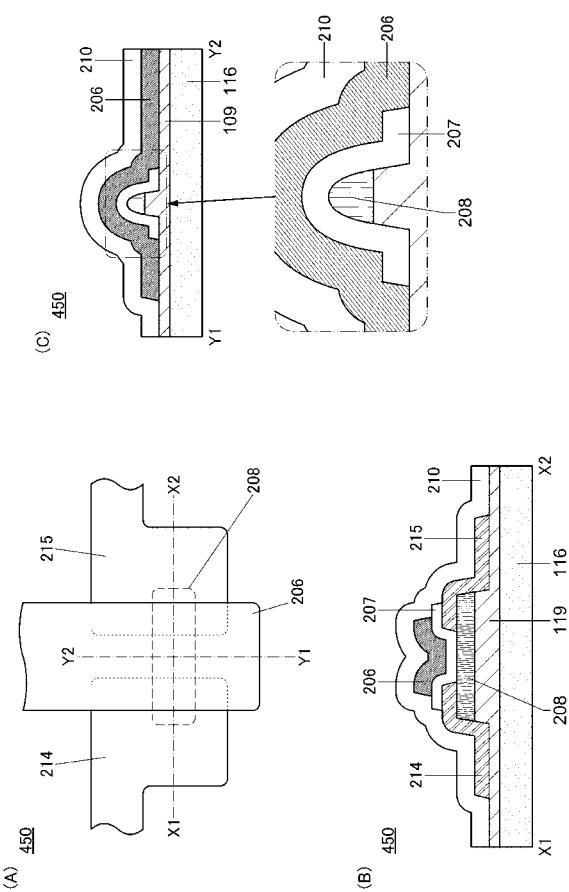
【図15】



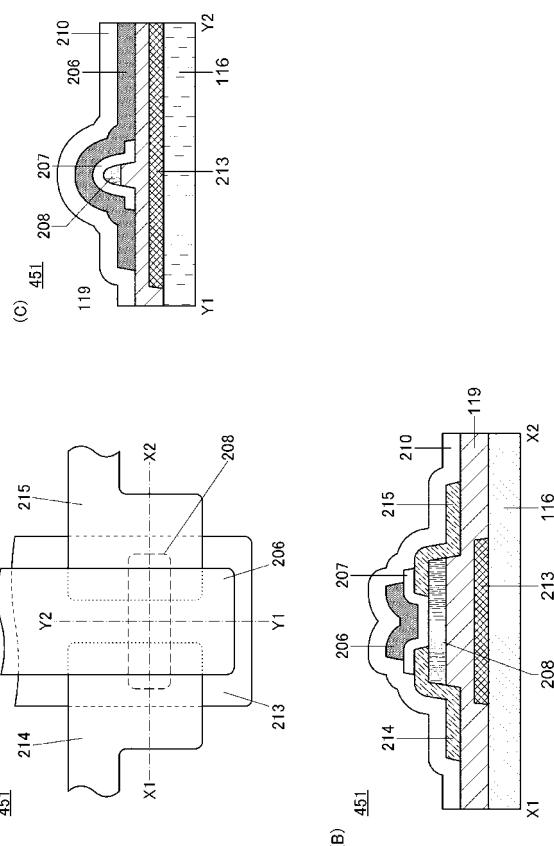
【図16】



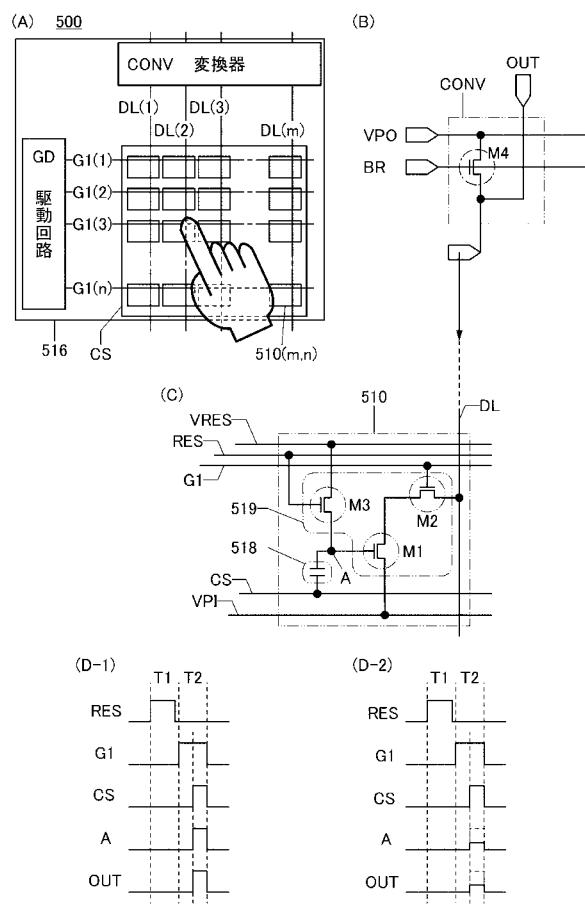
【図 17】



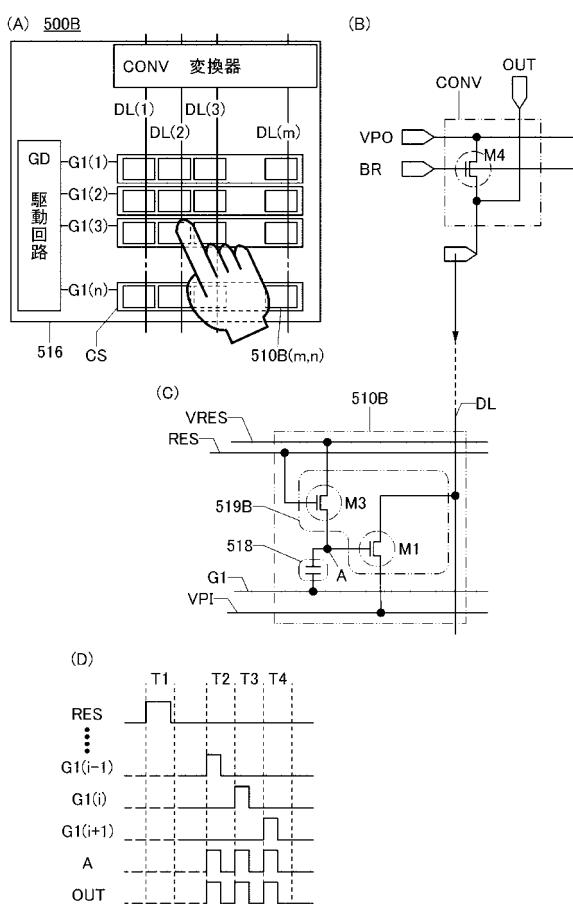
【図 18】



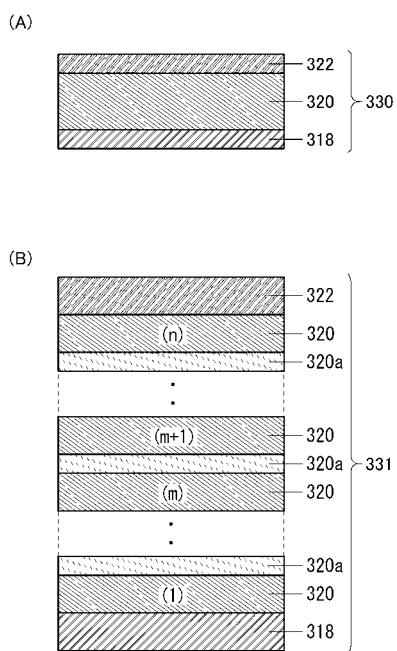
【図 19】



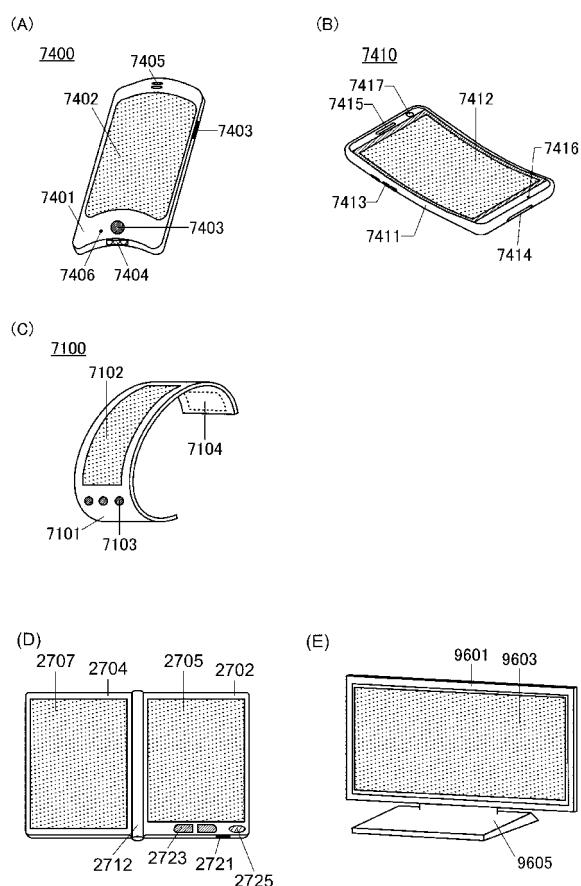
【図 20】



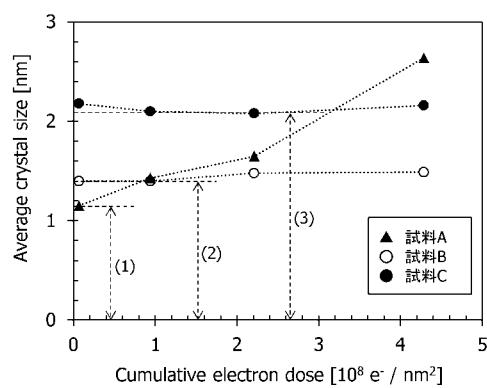
【図2-1】



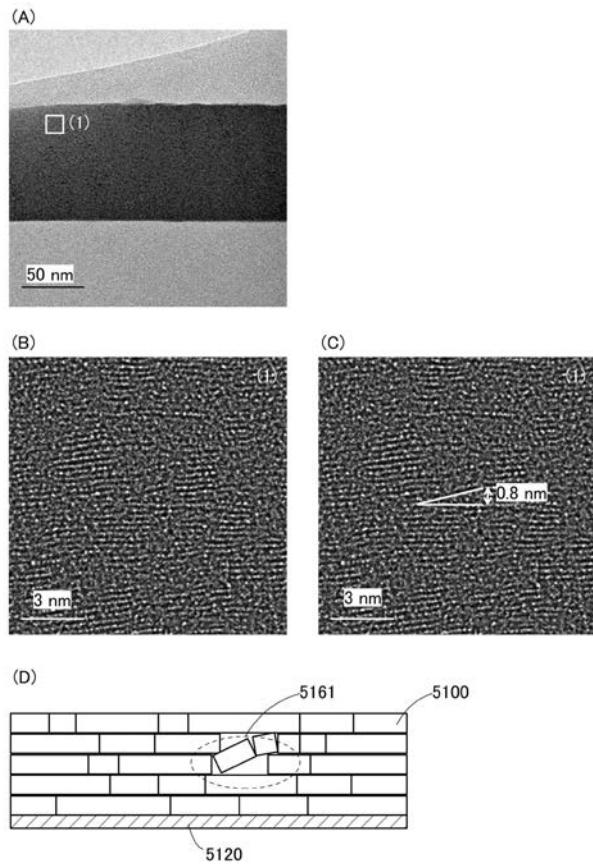
【図2-2】



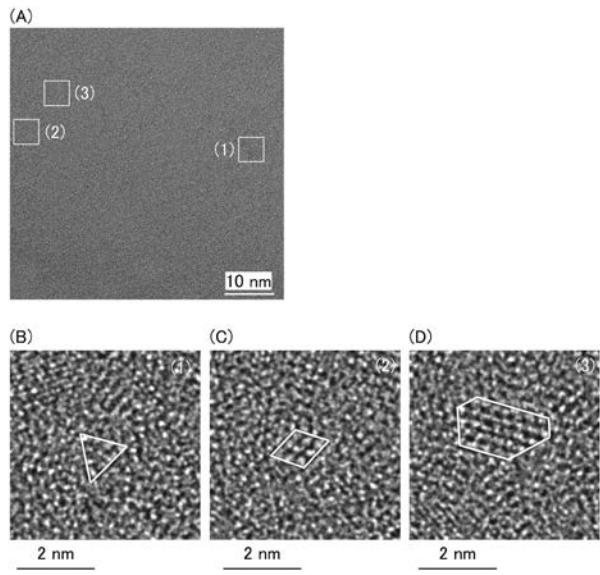
【図2-7】



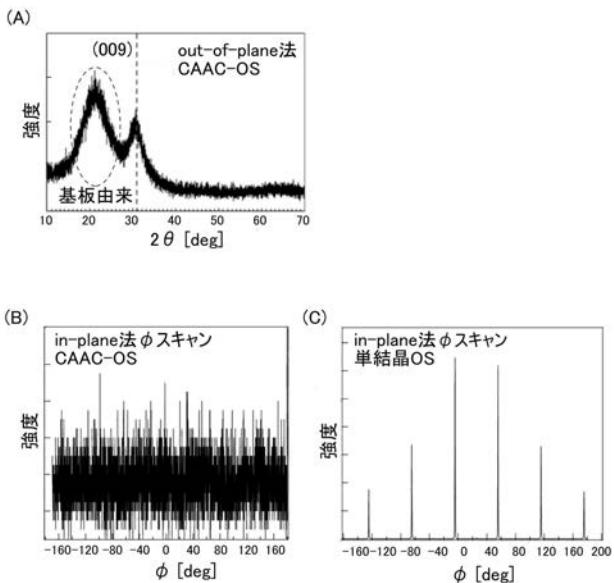
【図2-3】



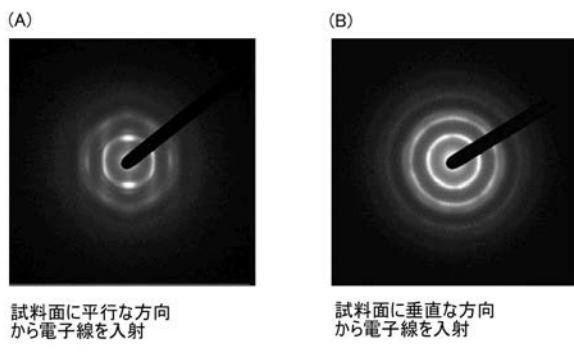
【図2-4】



【図2-5】



【図2-6】



フロントページの続き

(51) Int.CI.		F I		テーマコード(参考)
<i>H 0 1 L</i>	<i>51/50</i>	<i>(2006.01)</i>	G 0 9 G	3/20 6 3 3 U 5 C 3 8 0
<i>H 0 5 B</i>	<i>33/14</i>	<i>(2006.01)</i>	G 0 9 G	3/20 6 3 3 B
			G 0 9 G	3/20 6 1 2 K
			G 0 2 F	1/133 5 5 0
			G 0 2 F	1/133 5 0 5
			G 0 2 F	1/1368
			H 0 5 B	33/14 A
			H 0 5 B	33/14 Z

F ターム(参考) 5C006 AA02 AC24 AF19 AF25 AF44 AF45 AF54 AF63 AF68 AF69
AF72 BB16 BB28 BC08 BC16 BC20 BF14 BF25 BF39 EC05
FA23 FA36 FA48
5C080 AA05 AA06 AA07 AA10 AA13 DD06 DD26 FF07 FF11 FF12
GG01 GG12 JJ02 JJ03 JJ04 JJ05 JJ06 KK01 KK07 KK20
KK43 KK45 KK46 KK47 KK49 KK50
5C380 AA01 AA02 AA03 AB06 AB28 AB34 AB35 AB36 AB37 AC07
AC08 AC09 AC11 AC12 AC13 BA01 BA08 BB09 BB19 BB22
CC01 CC12 CC26 CC33 CD013 CF02 CF27 CF41 CF61 CF68
DA02 DA19 DA41 DA42 DA50 DA58 FA06