

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6163587号
(P6163587)

(45) 発行日 平成29年7月12日(2017.7.12)

(24) 登録日 平成29年6月23日(2017.6.23)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 29/786 (2006.01)

G O 9 F 9/00 (2006.01)

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/10 (2006.01)

G O 9 F 9/30 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 2 B

G O 9 F 9/00 3 3 8

H O 5 B 33/14 A

H O 5 B 33/10

G O 9 F 9/30 3 1 0

請求項の数 4 (全 31 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-92874 (P2016-92874)
 (22) 出願日 平成28年5月4日(2016.5.4)
 (62) 分割の表示 特願2015-172008 (P2015-172008)
 の分割
 原出願日 平成14年11月29日(2002.11.29)
 (65) 公開番号 特開2016-189470 (P2016-189470A)
 (43) 公開日 平成28年11月4日(2016.11.4)
 審査請求日 平成28年5月5日(2016.5.5)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-367412 (P2001-367412)
 (32) 優先日 平成13年11月30日(2001.11.30)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 高山 徹
 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 丸山 純矢
 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 後藤 裕吾
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 桑原 秀明
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に、分離層を形成する第1の工程と、
 前記分離層上に、第1のトランジスタ及び第2のトランジスタを有する被剥離層を形成する第2の工程と、
 前記基板から前記被剥離層を分離させる第3の工程と、を有し、
 前記第2の工程において、前記第1のトランジスタ及び前記第2のトランジスタは、前記第1のトランジスタのチャンネル長方向及び前記第2のトランジスタのチャンネル長方向が第1の方向に沿うように形成され、
 前記第3の工程において、前記被剥離層を分離させる前に、前記分離層に部分的にレーザー光が照射され、
被剥離層は、画素部と、前記画素部の周辺に配置された回路と、を有し、
前記画素部は、前記第1のトランジスタを有し、
前記回路は、前記第2のトランジスタを有し、
 前記被剥離層は、第2の方向に湾曲されるものであり、
 前記第2の方向は、前記第1の方向と交差するような方向であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】

基板上に、分離層を形成する第1の工程と、
 前記分離層上に、第1のトランジスタ及び第2のトランジスタを有する被剥離層を形成

10

20

する第 2 の工程と、

前記基板から前記被剥離層を分離させる第 3 の工程と、を有し、

前記第 2 の工程において、前記第 1 のトランジスタ及び前記第 2 のトランジスタは、前記第 1 のトランジスタのチャンネル長方向及び前記第 2 のトランジスタのチャンネル長方向が第 1 の方向に沿うように形成され、

前記第 3 の工程において、前記被剥離層を分離させる前に、前記被剥離層に部分的に圧力が加えられ、

被剥離層は、画素部と、前記画素部の周辺に配置された回路と、を有し、

前記画素部は、前記第 1 のトランジスタを有し、

前記回路は、前記第 2 のトランジスタを有し、

前記被剥離層は、第 2 の方向に湾曲されるものであり、

前記第 2 の方向は、前記第 1 の方向と交差するような方向であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

基板上に、分離層を形成する第 1 の工程と、

前記分離層上に、第 1 のトランジスタ、前記第 1 のトランジスタと電氣的に接続された第 1 の発光素子、第 2 のトランジスタ、及び前記第 2 のトランジスタと電氣的に接続された第 2 の発光素子を有する被剥離層を形成する第 2 の工程と、

前記基板から前記被剥離層を分離させる第 3 の工程と、を有し、

前記第 2 の工程において、前記第 1 のトランジスタ及び前記第 2 のトランジスタは、前記第 1 のトランジスタのチャンネル長方向及び前記第 2 のトランジスタのチャンネル長方向が第 1 の方向に沿うように形成され、

前記第 3 の工程において、前記被剥離層を分離させる前に、前記分離層に部分的にレーザー光が照射され、

被剥離層は、画素部と、前記画素部の周辺に配置された回路と、を有し、

前記画素部は、前記第 1 のトランジスタを有し、

前記回路は、前記第 2 のトランジスタを有し、

前記被剥離層は、第 2 の方向に湾曲されるものであり、

前記第 2 の方向は、前記第 1 の方向と交差するような方向であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

基板上に、分離層を形成する第 1 の工程と、

前記分離層上に、第 1 のトランジスタ、前記第 1 のトランジスタと電氣的に接続された第 1 の発光素子、第 2 のトランジスタ、及び前記第 2 のトランジスタと電氣的に接続された第 2 の発光素子を有する被剥離層を形成する第 2 の工程と、

前記基板から前記被剥離層を分離させる第 3 の工程と、を有し、

前記第 2 の工程において、前記第 1 のトランジスタ及び前記第 2 のトランジスタは、前記第 1 のトランジスタのチャンネル長方向及び前記第 2 のトランジスタのチャンネル長方向が第 1 の方向に沿うように形成され、

前記第 3 の工程において、前記被剥離層を分離させる前に、前記被剥離層に部分的に圧力が加えられ、

被剥離層は、画素部と、前記画素部の周辺に配置された回路と、を有し、

前記画素部は、前記第 1 のトランジスタを有し、

前記回路は、前記第 2 のトランジスタを有し、

前記被剥離層は、第 2 の方向に湾曲されるものであり、

前記第 2 の方向は、前記第 1 の方向と交差するような方向であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、剥離した被剥離層を基材に貼りつけて転写させた薄膜トランジスタ（以下、ＴＦＴという）で構成された回路を有する半導体装置、例えば、液晶モジュールに代表される電気光学装置やＥＬモジュールに代表される発光装置、およびその様な装置を部品として搭載した電子機器またはこれらを搭載した乗物に関する。また、これらの作製方法に関する。

【０００２】

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

【背景技術】

10

【０００３】

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

【０００４】

また、自動車や航空機などの乗物にさまざまな表示装置、例えば、ナビゲーションの表示装置やオーディオの操作画面表示装置や計器の表示装置を搭載する試みがなされている。

【０００５】

20

このような画像表示装置を利用したアプリケーションは様々なものが期待されているが、特に携帯機器への利用が注目されている。現在、ガラス基板や石英基板が多く使用されているが、割れやすく、重いという欠点がある。また、大量生産を行う上で、ガラス基板や石英基板は大型化が困難であり、不向きである。そのため、可撓性を有する基板、代表的にはフレキシブルなプラスチックフィルムの上にＴＦＴ素子を形成することが試みられている。

【０００６】

しかしながら、プラスチックフィルムの耐熱性が低いためプロセスの最高温度を低くせざるを得ず、結果的にガラス基板上に形成する時ほど良好な電気特性のＴＦＴを形成できないのが現状である。そのため、プラスチックフィルムを用いた高性能な発光素子や液晶表示装置は実現されていない。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

もし、プラスチックフィルム等の可撓性を有する基板の上に有機発光素子（ＯＬＥＤ：Organic Light Emitting Device）が形成された発光装置や、液晶表示装置を作製することができれば、厚みが薄く軽量であるということに加えて、曲面を有するディスプレイや、ショーウィンドウ等などにも用いることができる。よって、その用途は携帯機器のみに限られず、応用範囲は非常に広い。

【０００８】

40

また、曲面を有するディスプレイが実現すれば、限られた空間、例えば自動車や航空機などの乗物の運転席などに映像や計器のディスプレイを設けようとする場合、さまざまな曲面を有する部位（窓や天井やドアやダッシュボードなど）に設置することができ、空間スペースを狭めることができる。従来では、ディスプレイは平面であって、乗物の空間スペースを狭める、或いは、平面ディスプレイをはめこむために壁を切り取り、取り付け作業などが複雑なものとなっていた。

【０００９】

本発明は、曲面を有する基材に被剥離層を貼りつけた半導体装置およびその作製方法を提供することを課題とする。特に、曲面を有するディスプレイ、具体的には曲面を有する基材に貼りつけられた有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する発光装置、或

50

いは曲面を有する基材に貼りつけられた液晶表示装置の提供を課題とする。

【 0 0 1 0 】

また、本発明は、フレキシブルなフィルム（湾曲することが可能なフィルム）に T F T を代表とする様々な素子（薄膜ダイオード、シリコンの P I N 接合からなる光電変換素子やシリコン抵抗素子）を貼りつけた半導体装置およびその作製方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明は、基板上に素子を含む被剥離層を形成する際、素子のチャネルとして機能する領域のチャネル長方向を全て同一方向に配置し、該チャネル長方向と同一方向に走査するレーザー光の照射を行い、素子を完成させた後、さらに、前記チャネル長方向と異なっている方向、即ちチャネル幅方向に湾曲した曲面を有する基材に貼り付けて曲面を有するディスプレイを実現するものである。なお、被剥離層を曲面を有する基材に貼り合わせた場合には、基材の曲面に沿って被剥離層も曲げられることとなる。本発明は、素子のチャネル長方向が全て同一方向に配置されており、チャネル長方向と基材が湾曲している方向とが異なっているため、素子を含む被剥離層が曲がったとしても素子特性への影響を最小限に抑えることができる。即ち、ある方向（ここでは基材が湾曲している方向）への変形に強い半導体装置を提供することも可能となる。

10

【 0 0 1 2 】

本明細書で開示する作製方法に関する発明の構成は、基板上に素子を含む被剥離層を形成する工程と、前記素子を含む被剥離層に支持体を接着した後、該支持体を基板から物理的手段により剥離する工程と、前記素子を含む被剥離層に転写体を接着し、前記支持体と前記転写体との間に前記素子を挟む工程とを有する半導体装置の作製方法であって、前記素子は、絶縁膜を間に挟んでゲート電極と重なる半導体層をチャネルとする薄膜トランジスタであり、前記半導体層を形成する工程は、前記チャネルのチャネル長方向と同一方向で走査するレーザー光の照射を行う処理を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

20

【 0 0 1 3 】

ただし、上記構成において、被剥離層の機械的強度が十分である場合には、被剥離層を固定する転写体を貼り合わせなくともよい。

30

【 0 0 1 4 】

なお、上記構成において、前記薄膜トランジスタは複数設けられ、且つ、該複数の薄膜トランジスタのチャネル長方向は全て同一方向に配置されていることを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

また、上記構成において、前記支持体は、凸状または凹状に湾曲した曲面を有し、前記支持体が湾曲している方向と前記チャネル長方向は異なっていることを特徴としている。また、転写体を貼り付ける場合、支持体の曲面に沿って転写体も凸状または凹状に湾曲した曲面を有する。従って、上記構成において、前記転写体は、凸状または凹状に湾曲した曲面を有し、前記支持体が湾曲している方向と前記チャネル長方向は異なっていることを特徴としている。

40

【 0 0 1 6 】

また、上記構成において、液晶表示装置を形成する場合、前記支持体は対向基板であって、前記素子は画素電極を有しており、該画素電極と、前記対向基板との間には液晶材料が充填されていることを特徴としている。

【 0 0 1 7 】

また、上記構成において、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する発光装置を形成する場合、前記支持体は封止材であって、前記素子は発光素子であることを特徴としている。

【 0 0 1 8 】

また、上記構成において、剥離方法としては、特に限定されず、被剥離層と基板との間

50

に分離層を設け、該分離層を薬液（エッチャント）で除去して被剥離層と基板とを分離する方法や、被剥離層と基板との間に非晶質シリコン（またはポリシリコン）からなる分離層を設け、基板を通過させてレーザー光を照射して非晶質シリコンに含まれる水素を放出させることにより、空隙を生じさせて被剥離層と基板を分離させる方法などを用いることが可能である。なお、レーザー光を用いて剥離する場合においては、剥離前に水素が放出しないように熱処理温度を410以下として被剥離層に含まれる素子を形成することが望ましい。

【0019】

また、他の剥離方法として、2層間の膜応力を利用して剥離を行う剥離方法を用いてもよい。この剥離方法は、基板上に設けた金属層、好ましくは窒化金属層を設け、さらに前記窒化金属層に接して酸化層を設け、該酸化層の上に素子を形成し、成膜処理または500以上の熱処理を行っても、膜剥がれ（ピーリング）が生じずに、物理的手段で容易に酸化層の層内または界面において、きれいに分離できるものである。さらに剥離を助長させるため、前記物理的手段により剥離する前に、加熱処理またはレーザー光の照射を行う処理を行ってもよい。

【0020】

上記2層間の膜応力を利用して剥離を行う剥離方法を用いて半導体装置を作製する本発明の作製方法に関する構成は、第1の基板上に半導体素子を含む被剥離層を形成する第1工程と、前記被剥離層に第2の基板を第1の接着材で接着させ、前記被剥離層を前記第1の基板と前記第2の基板とで挟む第2工程と、前記被剥離層と前記第1の基板とを分離する第3工程と、前記被剥離層に第3の基板を第2の接着材で接着させ、前記被剥離層を前記第2の基板と前記第3の基板とで挟む第4工程と、前記被剥離層と前記第2の基板とを分離して、前記第2の接着材及び前記第3の基板を支持体とする前記被剥離層を形成する第5工程と、前記第3の基板を湾曲させる第6工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0021】

上記構成における前記第5工程において、前記第1の接着材は溶媒溶液で溶かして除去し、前記被剥離層と前記第2の基板とを分離する、或いは、前記第1の接着材は感光性を有する接着材であり、前記第5工程において、光を照射して前記被剥離層と前記第2の基板とを分離することを特徴としている。また、前記第1の基板及び前記第2の基板は、前記第3の基板よりも剛性が高い材料であって、前記第3の基板は、可撓性を有する基板であることが望ましい。

【0022】

なお、上記構成においても前記半導体素子は、絶縁膜を間に挟んでゲート電極と重なる半導体層をチャンネルとする薄膜トランジスタであって、前記半導体層を形成する工程は、前記チャンネルのチャンネル長方向と同一方向で走査するレーザー光の照射を行うことが好ましい。

【0023】

また、上記2層間の膜応力を利用して剥離を行う剥離方法を用いて有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する半導体装置を作製する本発明の作製方法に関する構成は、第1の基板上に有機化合物を含む層を発光層とする発光素子または半導体素子を含む被剥離層を形成する第1工程と、前記被剥離層に第2の基板を第1の接着材で接着させ、前記被剥離層を前記第1の基板と、フィルムが設けられた前記第2の基板とで挟む第2工程と、前記被剥離層と前記第1の基板とを分離する第3工程と、前記被剥離層に第3の基板を第2の接着材で接着させ、前記被剥離層を前記第2の基板と前記第3の基板とで挟む第4工程と、前記フィルムと前記第2の基板とを分離して、前記フィルム、前記第2の接着材、及び前記第3の基板を支持体とする前記被剥離層を形成する第5工程と、前記第3の基板を湾曲させる第6工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0024】

上記構成において、前記フィルムは感光性を有する接着材を両面または片面に有するテ

10

20

30

40

50

ープであり、前記第 5 工程において、光を照射して前記フィルムと前記第 2 の基板とを分離することを特徴としている。また、前記第 1 の基板及び前記第 2 の基板は、前記第 3 の基板よりも剛性が高い材料であって、前記第 3 の基板は、可撓性を有する基板であることが望ましい。

【 0 0 2 5 】

なお、上記構成においても前記半導体素子は、絶縁膜を間に挟んでゲート電極と重なる半導体層をチャンネルとする薄膜トランジスタであって、前記半導体層を形成する工程は、前記チャンネルのチャンネル長方向と同一方向で走査するレーザー光の照射を行うことが好ましい。

【 0 0 2 6 】

以上に示した本発明の作製方法により得られる半導体装置は様々な特徴を有している。

【 0 0 2 7 】

本明細書で開示する発明の構成 1 は、凸状または凹状に湾曲した曲面を有する基材上に、複数の薄膜トランジスタが設けられ、該複数の薄膜トランジスタのチャンネル長方向は全て同一方向に配置され、且つ、前記チャンネル長方向は、前記基材の湾曲している方向とは異なっていることを特徴とする半導体装置である。

【 0 0 2 8 】

また、本発明は、画素部と駆動回路とにそれぞれ異なる薄膜トランジスタを形成した場合においても適用することができ、他の発明の構成 2 は、凸状または凹状に湾曲した曲面を有する基材上に、画素部と駆動回路部が設けられ、前記画素部に設けられた薄膜トランジスタのチャンネル長方向と、前記駆動回路部に設けられた薄膜トランジスタのチャンネル長方向は同一方向に配置され、且つ、前記チャンネル長方向は、前記基材の湾曲している方向とは異なっていることを特徴とする半導体装置である。なお、パターンのデザインルールは $5 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度であり、駆動回路及び画素部にそれぞれ $10^6 \sim 10^7$ 個程度の TFT が基板上に作り込まれている。

【 0 0 2 9 】

また、上記各構成において、前記チャンネル長方向は、前記薄膜トランジスタの半導体層に照射されたレーザー光の走査方向と同一方向であることを特徴としている。基板上にレーザーアニールにより結晶化させた半導体膜で薄膜トランジスタのチャンネルを形成する場合、結晶の成長方向とキャリアの移動方向とを揃えると高い電界効果移動度を得ることができる。即ち、結晶成長方向とチャンネル長方向とを一致させることで電界効果移動度を実質的に高くすることができる。連続発振するレーザービームを非単結晶半導体膜に照射して結晶化させる場合には、固液界面が保持され、レーザービームの走査方向に連続的な結晶成長を行わせることが可能である。レーザー光としては、エキシマレーザー等の気体レーザーや、YAG レーザーなどの固体レーザーや、半導体レーザーを用いればよい。また、レーザー発振の形態は、連続発振、パルス発振のいずれでもよく、レーザービームの形状も線状または矩形状でもよい。

【 0 0 3 0 】

また、上記各構成において、前記湾曲している方向と前記チャンネル長方向は直交していることを特徴としている。即ち、チャンネル長方向は直交する方向とはチャンネル幅方向であり、他の発明の構成 3 は、凸状または凹状に湾曲した曲面を有する基材上に、複数の薄膜トランジスタが設けられ、該複数の薄膜トランジスタのチャンネル幅方向は全て同一方向に配置され、且つ、前記チャンネル幅方向は、前記基材の湾曲している方向と同一方向であることを特徴とする半導体装置である。

【 0 0 3 1 】

なお、上記構成 3 においては、前記チャンネル幅方向は、前記薄膜トランジスタの半導体層に照射されたレーザー光の走査方向と直交することになる。

【 0 0 3 2 】

また、曲面を有する基材は、凸状または凹状に湾曲しているが、ある一方向に湾曲している場合、曲率を持つ方向と曲率を持たない方向とを有する曲面を有しているとも言える

10

20

30

40

50

。従って、他の発明の構成 4 は、曲率を持つ方向と曲率を持たない方向とを有する曲面を備えた基材表面上に設けられた複数の薄膜トランジスタのチャンネル長方向は全て同一方向に配置され、且つ、前記チャンネル長方向と曲率を持たない方向とが同一方向であることを特徴とする半導体装置である。

【0033】

なお、上記構成 4 において、前記チャンネル長方向は、前記薄膜トランジスタの半導体層に照射されたレーザー光の走査方向と同一方向であることを特徴としている。

【0034】

また、本発明は、フレキシブルなフィルム（湾曲することが可能なフィルム）
、好ましくは、一方向に湾曲するフィルムに被剥離層を貼り付ける場合にも適用できる。
なお、このフレキシブルフィルムは通常の状態では湾曲しておらず、なんらかの外部の力によって、ある方向に曲げられるものとしている。他の発明の構成 5 は、凸状または凹状に湾曲することが可能な基材上に、複数の薄膜トランジスタが設けられ、該複数の薄膜トランジスタのチャンネル長方向は全て同一方向に配置され、且つ、前記基材が湾曲する方向は、前記チャンネル長方向と異なっていることを特徴とする半導体装置である。

【0035】

なお、上記構成 5 において、前記チャンネル長方向は、前記薄膜トランジスタの半導体層に照射されたレーザー光の走査方向と同一方向であることを特徴としている。また、上記構成 5 において、前記湾曲する方向と前記チャンネル長方向は直交している、即ち、前記湾曲する方向とチャンネル幅方向は同一方向である。

【0036】

なお、本明細書中において、転写体とは、剥離された後、被剥離層と接着させるものであり、曲面を有していれば、特に限定されず、プラスチック、ガラス、金属、セラミックス等、いかなる組成の基材でもよい。また、本明細書中において、支持体とは、物理的手段により剥離する際に被剥離層と接着するためのものであり、特に限定されず、プラスチック、ガラス、金属、セラミックス等、いかなる組成の基材でもよい。また、転写体の形状および支持体の形状も特に限定されず、平面を有するもの、曲面を有するもの、可曲性を有するもの、フィルム状のものであってもよい。また、軽量化を最優先するのであれば、フィルム状のプラスチック基板、例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリカーボネート（PC）、ナイロン、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリスルホン（PSF）、ポリエーテルイミド（PEI）、ポリアリレート（PAR）、ポリブチレンテレフタレート（PBT）などのプラスチック基板が好ましい。

【0037】

また、上記各作製方法によって、曲面を有するディスプレイを実現することが可能となり、自動車や航空機や船舶や列車などの乗物に搭載させることができる。乗物の内壁、天井などは、なるべく空間スペースを広くとり、何らかの理由で人の体がぶつかっても問題にならないよう滑らかな曲面で構成されている。他の発明の構成 6 は、凸状または凹状に湾曲した曲面を有する基材上に、薄膜トランジスタ及び有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置が計器または照明装置として搭載された乗物である。この薄膜トランジスタ及び有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置は、アクティブマトリクス型とすることが好ましいが、パッシブ型の表示装置を作製することも可能である。

【0038】

例えば、乗物の窓を基材とし、窓の曲面に沿って有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置を湾曲させて接着することによって、映像や計器の表示を行うことができる。特に有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置は非常に薄く軽量なものとすることができ、空間スペースは変化しない。乗物の窓に有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置を接着させる場合には、基板や電極や配線を透明なものとすることが望ましく、外光を遮断するフィルムを設けてもよい。また、

表示していない場合には、外の景色が問題なく確認できるようにすることが好ましい。

【 0 0 3 9 】

また、乗物の内壁、ドア、シート、車のダッシュボードに沿って有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置を湾曲させて接着することによっても、映像や計器の表示を行うことができる。本発明のフレキシブルな表示装置を曲面に沿って貼り付けるだけでよいため、表示装置を取り付ける作業は簡単であり、内壁、ドア、シート、ダッシュボードを部分的に加工したりする必要が特にない。また、例えば車においては、右ハンドルであれば、左後方に車体の一部（窓ガラスの間の部分）があるため死角が存在しているが、窓ガラスの間の部分に本発明のフレキシブルな表示装置を貼りつけ、さらに車外に死角方向を撮影できるカメラを取りつけ、互いに接続すれば、運転者が死角を確認することができる。特に有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置は、液晶表示装置に比べ動画に強く、視野角が広い表示装置である。

10

【 0 0 4 0 】

また、乗物の天井を基材とし、天井の曲面に沿って有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置を湾曲させて接着することによって、映像の表示や内部の照明を行うことができる。また、例えば車において、天井と、各窓ガラスの間の部分に本発明のフレキシブルな表示装置を貼りつけ、さらに車外に各表示装置に対応する外部の景色を撮影できるカメラを取りつけ、互いに接続すれば、車内にいる人は、車内に居ながらにしてオープンカーのように外の景色を堪能することができる。また、例えば列車や電車において天井や側壁に本発明のフレキシブルな表示装置を貼りつければ、空間スペースを狭めることなく広告の表示やテレビ映像を映し出すことができる。特に有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置は、液晶表示装置に比べ視野角が広い表示装置である。

20

【 0 0 4 1 】

上記乗物において、搭載した表示装置の曲面の曲率半径が 5 0 c m ~ 2 0 0 c m であれば、薄膜トランジスタや有機化合物を含む層を発光層とする発光素子は問題なく駆動させることができる。なお、設けられた複数の薄膜トランジスタのチャンネル長方向は全て同一方向に配置され、且つ、前記チャンネル長方向は、前記基材の湾曲している方向とは異ならせることが好ましい。

【発明の効果】

30

【 0 0 4 2 】

本発明により、大面積基板の全面にわたって、T F T を形成する半導体領域の位置に合わせてレーザービームを照射して結晶化させ、スループット良く大粒径の結晶半導体膜を形成することができ、しかもT F T の特性を向上させるとともに、曲面を有するディスプレイを実現することができる。

【 0 0 4 3 】

本発明により曲面を有するディスプレイが実現でき、限られた空間、例えば自動車や航空機などの乗物の運転席などに映像や計器のディスプレイを設けようとする場合、さまざまな曲面を有する部位（窓や天井やドアやダッシュボードなど）に設置することができ、空間スペースを狭めることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 4 】

【図 1】本発明を示す工程図である。（実施の形態）

【図 2】本発明における各方向を示す図である。（実施の形態）

【図 3】レーザー照射装置の一態様を示す配置図である。（実施例 1）

【図 4】レーザー照射装置の一態様を示す配置図である。（実施例 1）

【図 5】T F T が設けられた基板の構成と、T F T を構成する半導体領域の配置とレーザービームの走査方向の関係を説明する図である。

【図 6】半導体膜におけるレーザービームの走査方向と、トップゲート型T F T の作製工程を説明する図である。

50

【図 7】半導体膜におけるレーザービームの走査方向と、ボトムゲート型 T F T の作製工程を説明する図である。

【図 8】実施例 3 を示す工程図。

【図 9】剥離後の n チャネル型 T F T の V - I 特性グラフを示す図。

【図 10】剥離後の p チャネル型 T F T の V - I 特性グラフを示す図。

【図 11】実施例 4 を示す工程図。

【図 12】湾曲させた有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する半導体装置の外観図。(実施例 4)

【図 13】車の運転席における前方周辺を示す図である。(実施例 5)

【図 14】車の後部を示す図である。(実施例 5)

【図 15】実施例 6 を示す工程図である。

【発明を実施するための形態】

【0045】

本発明の実施形態について、以下に説明する。

【0046】

以下に本発明を用いた代表的な作製手順を簡略に図 1、図 2 を用いて示す。

【0047】

図 1 (A) 中、10 は基板、11 a は被剥離層、12 は剥離層に設けられた画素部、13 a は画素部に設けられた半導体層、13 b は半導体層 13 a のチャンネル長方向、14 a はレーザー光の照射領域、14 b はレーザー光の照射方向をそれぞれ指している。

【0048】

図 1 (A) は、被剥離層を完成させる途中の作製工程図であり、半導体層にレーザー光を照射する処理を示す簡略図である。このレーザー光の照射処理によってレーザー結晶化やレーザーアニールを行うことができる。発振はパルス発振、連続発振のいずれの形態でも良いが、半導体膜の熔融状態を保って連続的に結晶成長させるためには、連続発振のモードを選択することが望ましい。

【0049】

図 1 (A) では、被剥離層に含まれる多数の半導体層のチャンネル長方向は全て同一方向に配置されている。また、レーザー光の照射方向、即ち走査方向は、チャンネル長方向と同一とする。こうすることによって、結晶成長方向とチャンネル長方向とを一致させることで電界効果移動度を実質的に高くすることができる。なお、図 1 (A) では、線状レーザー光を照射した例を示したが、特に限定されない。また、ここでは半導体層をパターンニングした後にレーザー光照射を行うが、パターンニングする前にレーザー光照射を行ってもよい。

【0050】

次いで、電極および配線や絶縁膜等を形成して T F T を代表とする様々な素子(薄膜ダイオード、シリコンの P I N 接合からなる光電変換素子やシリコン抵抗素子など)を形成し、被剥離層 11 b を完成させた後、基板 10 から剥離する。

【0051】

なお、剥離する方法は、特に限定されないが、ここでは、熱処理温度や基板の種類に制約を受けない剥離方法である、金属層または窒化物層と酸化物層との膜応力を利用した剥離方法を用いる。まず、図 1 (A) の状態を得る前に、基板 10 上に窒化物層または金属層(図示しない)を形成する。窒化物層または金属層として代表的な一例は T i、W、A l、T a、M o、C u、C r、N d、F e、N i、C o、R u、R h、P d、O s、I r、P t から選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料からなる単層、またはこれらの積層、或いは、これらの窒化物、例えば、窒化チタン、窒化タンゲステン、窒化タンタル、窒化モリブデンからなる単層、またはこれらの積層を用いればよい。次いで、窒化物層または金属層上に酸化物層(図示しない)を形成する。酸化物層として代表的な一例は酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化金属材料を用いればよい。なお、酸化物層は、スパッタ法、プラズマ C V D 法、塗布法などのいずれの成膜方法

10

20

30

40

50

を用いてもよい。この酸化物層の膜応力と、窒化物層または金属層の膜応力とを異ならせることが重要である。各々の膜厚は、1 nm ~ 1 0 0 0 nm の範囲で適宜設定し、各々の膜応力を調節すればよい。また、基板と窒化物層または金属層との間に絶縁層や金属層を設け、基板 1 0 との密着性を向上させてもよい。次いで、酸化物層上に半導体層を形成し、被剥離層 1 1 a を得ればよい。なお、上記剥離方法は、酸化物層の膜応力と、窒化物層または金属層の膜応力が異なっている場合、被剥離層の作製工程における熱処理によって膜剥がれなどが生じない。また、上記剥離方法は、酸化物層の膜応力と、窒化物層または金属層の膜応力が異なっているため、比較的小さな力で引き剥がすことができる。

また、ここでは、被剥離層 1 1 b の機械的強度が十分であると仮定した例を示しているが、被剥離層 1 1 b の機械的強度が不十分である場合には、被剥離層 1 1 b を固定する支持

10

体（図示しない）を貼りつけた後、剥離することが好ましい。

なお、被剥離層 1 1 b を引き剥がす際には、被剥離層 1 1 b が曲らないようにし、被剥離層にクラックを生じさせないようにすることも重要である。

【0052】

こうして、酸化物層上に形成された被剥離層 1 1 b を基板 1 0 から分離することができる。剥離後の状態を図 1 (B) に示す。なお、図 1 (B) に示す段階では半導体層だけでなく、電極や配線などが形成されているが、簡略化のため、ここでは図示しない。

【0053】

剥離後の被剥離層 1 1 c は、湾曲させることができる。湾曲させた状態を図 1 (C) に示す。被剥離層 1 1 c は方向 1 9 に示す方向に湾曲している。なお、曲面を有する転写体（図示しない）に貼り付けることも可能であることは言うまでもない。

20

【0054】

図 1 (C) 中、1 5 は駆動回路（X 方向）、1 6 a は駆動回路（X 方向）に設けられた半導体層、1 6 b は半導体層 1 6 a のチャネル長方向、1 7 は駆動回路（Y 方向）、1 8 a は駆動回路（Y 方向）に設けられた半導体層、1 8 b は半導体層 1 8 a のチャネル長方向をそれぞれ指している。

【0055】

以上のように、本発明は、レーザー光の照射方向 1 4 b と、被剥離層に設けられた全ての半導体層のチャネル長方向 1 3 b、1 6 b、1 8 b とを同一方向とし、これらの方向と湾曲している方向 1 9 とが直交するように設定することが最大の特徴である。

30

【0056】

なお、これらの方向の相互関係をさらに明瞭にするため、一つの T F T に着目した場合を図 2 に示す。図 2 では、半導体層 2 0、ゲート電極 2 1、電極（ソース電極またはドレイン電極）2 2、2 3 を有する T F T が簡略に示してある。なお、この T F T は公知の技術を用いて形成することができ、非晶質構造を有する半導体膜（アモルファスシリコン等）を公知の結晶化技術により結晶構造を有する半導体膜（ポリシリコン等）にした後、所望の形状にパターニングを施して半導体層 2 0 を形成し、ゲート絶縁膜（図示しない）で覆った後、ゲート絶縁膜を間に挟んで半導体層 2 0 と一部重なるようにゲート電極 2 1 を形成し、n 型または p 型を付与する不純物元素を半導体層の一部に添加してソース領域またはドレイン領域を形成し、ゲート電極を覆う層間絶縁膜（図示しない）を形成し、層間

40

【0057】

本発明においては、この T F T を作製する上で、レーザー光の走査方向 2 5 が図 2 に示した方向であるレーザー光を用いる。また、ゲート絶縁膜を間に挟んでゲート電極 2 1 と重なる半導体層 2 0 の部分はチャネルとして機能し、チャネル長方向 2 4 は図 2 に示した方向となる。レーザー光の走査方向 2 5 とチャネル長方向 2 4 は同一の方向となる。また、チャネル長方向 2 4 と直交する方向であるチャネル幅方向は、湾曲している方向 2 6 と同一の方向であり、湾曲している方向 2 6 は図 2 に示した方向となる。なお、図 2 ではトップゲート型 T F T を例に示したが、本発明は T F T 構造に限定することなく適用するこ

50

とができ、例えばボトムゲート型（逆スタガ型）ＴＦＴや順スタガ型ＴＦＴに適用することが可能である。

【００５８】

また、ここではシリコンを含む半導体層を活性層としたＴＦＴを示したが、特に限定されず、有機材料を用いて活性層とした有機ＴＦＴを作製することも可能である。有機ＴＦＴの活性層となる材料は、他の元素と組み合わせてかなりの量の炭素を含んでいる材料、あるいはダイヤモンドを除く炭素元素の同位体を含む材料である。有機ＴＦＴの活性層となる材料として、代表的には C_{60} 、 C_{70} 、チオフェンポリマー、チオフェン置換誘導体、ポリ（チエニレンピニレン）などが挙げられる。

【００５９】

また、本発明は様々な半導体装置の作製方法に用いることができる。特に、転写体や支持体をプラスチック基板とすることで、軽量化が図れる。

【００６０】

液晶表示装置を作製する場合は、支持体を対向基板とし、シール材を接着材として用いて支持体を被剥離層に接着すればよい。この場合、被剥離層に設けられた素子は画素電極を有しており、該画素電極と、前記対向基板との間には液晶材料が充填されるようにする。また、液晶表示装置を作製する順序は、特に限定されず、支持体としての対向基板を貼り付け、液晶を注入した後に基板を剥離して転写体としてのプラスチック基板を貼り付けてもよいし、画素電極を形成した後、基板を剥離し、第１の転写体としてのプラスチック基板を貼り付けた後、第２の転写体としての対向基板を貼り付けてもよい。

【００６１】

また、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する装置として代表される発光装置を作製する場合は、支持体を封止材として、外部から水分や酸素といった有機化合物層の劣化を促す物質が侵入することを防ぐように発光素子を外部から完全に遮断することが好ましい。また、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する装置として代表される発光装置を作製する場合は、支持体だけでなく、転写体も同様、十分に外部から水分や酸素といった有機化合物層の劣化を促す物質が侵入することを防ぐことが好ましい。また、発光装置を作製する順序は、特に限定されず、発光素子を形成した後、支持体としてのプラスチック基板を貼り付け、基板を剥離し、転写体としてのプラスチック基板を貼り付けてもよいし、発光素子を形成した後、基板を剥離して、第１の転写体としてのプラスチック基板を貼り付けた後、第２の転写体としてのプラスチック基板を貼り付けてもよい。また、水分や酸素の透過による劣化を抑えることを重要視するなら、剥離後に被剥離層に接する薄膜を成膜することによって、剥離の際に生じるクラックを修復し、被剥離層に接する薄膜として熱伝導性を有する膜、具体的にはアルミニウムの窒化物またはアルミニウムの窒化酸化物を用いることによって、素子の発熱を拡散させて素子の劣化を抑える効果とともに、転写体、具体的にはプラスチック基板の変形や変質を保護する効果を得ることができる。また、この熱伝導性を有する膜は、外部からの水分や酸素等の不純物の混入を防ぐ効果も有する。

【００６２】

以上の構成でなる本発明について、以下に示す実施例でもってさらに詳細な説明を行うこととする。

【実施例１】

【００６３】

ここでは、本発明に適したレーザー処理装置の例を示す。

【００６４】

レーザーアニールによるアモルファスシリコンの結晶化は、溶融 - 固化の過程を経て成されるが、詳細には結晶核の生成とその核からの結晶成長との段階に分けて考えられている。しかしながら、パルスレーザービームを用いたレーザーアニールは、結晶核の生成位置と生成密度を制御することができず、自然発生するままにまかせている。従って、結晶粒はガラス基板の面内で任意の位置に形成され、そのサイズも $0.2 \sim 0.5 \mu m$ 程度と小

10

20

30

40

50

さなもののしか得られていない。結晶粒界には多数の欠陥が生成され、それがT F Tの電界効果移動度を制限する要因であると考えられている。

【0065】

一方、連続発振レーザーを走査して溶融・固化させながら結晶化する方法は、ゾーンメルティング法に近い方法であると考えられるが、大きなビームサイズが得られず、大面積基板の全面に渡って結晶化を成し遂げるには、かなりの時間を要することは自明であった。

【0066】

本実施例では、大面積基板の全面にわたって、T F Tを形成する位置に概略合わせてレーザービームを照射して結晶化させ、スループット良く大粒径の結晶半導体膜を形成することができるレーザー処理装置を以下に示す。

10

【0067】

本実施例のレーザー照射装置は、レーザービームを主走査方向に偏向させる第1可動ミラーと、主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、副走査方向に走査する長尺の第2可動ミラーとを備え、第2可動ミラーはその長尺方向の軸を中心とした回転角により、レーザービームを副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する手段を備えている。

【0068】

また、他のレーザー照射装置として、レーザービームを第1主走査方向に偏向させる第1可動ミラーと、第1主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、第1副走査方向に走査する長尺の第2可動ミラーとを備えた第1のレーザービーム走査系と、レーザービームを第2主走査方向に偏向させる第3可動ミラーと、第2主走査方向に偏向されたレーザービームを受光して、第2副走査方向に走査する長尺の第4可動ミラーとを備えた第2のレーザービーム走査系と、第2可動ミラーはその長尺方向の軸を中心とした回転角により、レーザービームを第1副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する手段と第4可動ミラーはその長尺方向の軸を中心とした回転角により、レーザービームを第2副走査方向に走査して、載置台上の被処理物に当該レーザービームを照射する手段とを備えているレーザー照射装置としてもよい。

20

【0069】

上記構成において、第1及び第2可動ミラーはガルバノミラー又はポリゴンミラーを適用し、レーザービームを供給するレーザーは、固体レーザー、気体レーザーを適用すればよい。

30

【0070】

上記構成において、レーザービームを第1可動ミラーで主走査方向に走査し、第2可動ミラーで副走査方向に走査することにより、被処理物上において任意の位置にレーザービームを照射することが可能となる。また、このようなレーザービーム走査手段を複数設け、二軸方向からレーザービームを被形成面に照射することによりレーザー処理の時間を短縮することができる。

【0071】

以下、図面を参照して本実施例のレーザー照射装置を説明する。

【0072】

40

図3は本実施例のレーザー処理装置の望ましい一例を示す。図示したレーザー処理装置は、連続発振又はパルス発振が可能な固体レーザー101、レーザービームを集光するためのコリメータレンズ又はシリンドリカルレンズなどのレンズ102、レーザービームの光路を変える固定ミラー103、レーザービームを2次元方向に放射状にスキャンするガルバノミラー104、ガルバノミラー104からのレーザービームを受けて載置台106の被照射面にレーザービームを向ける可動ミラー105から成っている。ガルバノミラー104と可動ミラー105の光軸を交差させ、それぞれ図示する矢印方向にミラーを回転させることにより、載置台106上に置かれた基板107の全面にわたってレーザービームを走査させることができる。可動ミラー105はf ミラーとして、光路差を補正して被照射面におけるビーム形状を補正することもできる。

50

【 0 0 7 3 】

図3はガルバノミラー104と、可動ミラー105により載置台106上に置かれた基板107の一軸方向にレーザービームを走査する方式である。より好ましい形態としては、図4に示すように、図3の構成に加えて、ハーフミラー108、固定ミラー109、ガルバノミラー110、可能ミラー111を加えて二軸方向(XとY方向)同時にレーザービームを走査しても良い。このような構成にすることにより処理時間を短縮することができる。尚、ガルバノミラー104、110はポリゴンミラーと置き換えても良い。

【 0 0 7 4 】

レーザーとして好ましいものは固体レーザーであり、YAG、YVO₄、YLF、YAl₅O₁₂などの結晶にNd、Tm、Hoをドープした結晶を使ったレーザーが適用される。発振波長の基本波はドープする材料によっても異なるが、1μmから2μmの波長で発振する。非単結晶半導体膜の結晶化には、レーザービームを半導体膜で選択的に吸収させるために、当該発振波長の第2高調波～第4高調波を適用するのが好ましい。代表的には、アモルファスシリコンの結晶化に際して、Nd:YAGレーザー(基本波1064nm)の第2高調波(532nm)を用いる。

【 0 0 7 5 】

その他に、アルゴンレーザー、クリプトンレーザー、エキシマレーザーなどの気体レーザーを適用することもできる。

【 0 0 7 6 】

また、レーザー光を照射する雰囲気は、酸素を含む雰囲気、窒素を含む雰囲気、不活性雰囲気や、真空のいずれでもよいが、目的に応じて適宜選択すればよい。

【 0 0 7 7 】

発振はパルス発振、連続発振のいずれの形態でも良いが、半導体膜の熔融状態を保って連続的に結晶成長させるためには、連続発振のモードを選択することが望ましい。

【 0 0 7 8 】

基板上にレーザーアニールにより結晶化させた半導体膜でTFTを形成する場合、結晶の成長方向とキャリアの移動方向とを揃えると高い電界効果移動度を得ることができる。即ち、結晶成長方向とチャンネル長方向とを一致させることで電界効果移動度を実質的に高くすることができる。

【 0 0 7 9 】

連続発振するレーザービームを非単結晶半導体膜に照射して結晶化させる場合には、固液界面が保持され、レーザービームの走査方向に連続的な結晶成長を行わせることが可能である。図4で示すように、駆動回路一体型のアクティブマトリクス型液晶表示装置を形成するためのTFT基板(主としてTFTが形成された基板)112では、画素部113の周辺に駆動回路部114、115が設けられるが、図4に示すのはそのようなレイアウトを考慮したレーザー照射装置の形態である。前述の如く、二軸方向からレーザービームを入射する構成では、ガルバノミラー104、110及び可動ミラー105、111の組み合わせにより、図中矢印で示すX方向及びY方向にレーザービームを同期又は非同期させて照射することが可能であり、TFTのレイアウトに合わせて、場所を指定してレーザービームを照射することを可能としている。

【 0 0 8 0 】

図5はTFTが設けられた基板112と、レーザービームの照射方向との関係を詳細に示すものである。基板112には画素部113、駆動回路部114、115が形成される領域を点線で示している。結晶化の段階では、全面に非単結晶半導体膜が形成されているが、TFTを形成するための半導体領域は基板端に形成されたアライメントマーカ等により特定することができる。

【 0 0 8 1 】

例えば、駆動回路部114は走査線駆動回路を形成する領域であり、その部分拡大図301にはTFTの半導体領域204とレーザービーム201の走査方向を示している。半導体領域204の形状は任意なものを適用することができるが、いずれにしてもチャンネル

10

20

30

40

50

長方向とレーザービーム201の走査方向とを揃えている。また、駆動回路部114と交差する方向に延在する駆動回路部115はデータ線駆動回路を形成する領域であり、半導体領域205の配列と、レーザービーム202の走査方向を一致させる(拡大図302)。また、画素部113も同様であり、拡大図303に示す如く半導体領域206の配列を揃えて、チャンネル長方向にレーザービーム203を走査させる。レーザービームを走査する方向は一方向に限定されず、往復走査をしても良い。

【0082】

次に、図6を参照して、非単結晶半導体膜の結晶化と、形成された結晶半導体膜を用いてTFTを形成する工程を説明する。図6(1-B)は縦断面図であり、非単結晶半導体膜403がガラス基板401上に形成されている。非単結晶半導体膜403の代表的な一例はアモルファスシリコン膜であり、その他にアモルファスシリコンゲルマニウム膜などを適用することができる。厚さは10~200nmが適用可能であるが、レーザービームの波長及びエネルギー密度によりさらに厚くしても良い。また、ガラス基板401と非単結晶半導体膜403との間にはブロッキング層402を設け、ガラス基板からアルカリ金属などの不純物が半導体膜中へ拡散しないための手段を施しておくことが望ましい。ブロッキング層402としては、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜などを適用する。

【0083】

また、剥離を行うためにブロッキング層402と基板401との間に金属層または窒化金属層と酸化物層の積層409を形成する。金属層または窒化物層としては、Ti、Al、Ta、W、Mo、Cu、Cr、Nd、Fe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Ptから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料からなる単層、またはこれらの積層の窒化物、例えば、窒化チタン、窒化タングステン、窒化タンタル、窒化モリブデンからなる単層、またはこれらの積層を用いればよい。ここではスパッタ法で膜厚100nmの窒化チタン膜を用いる。なお、基板と密着性が悪い場合にはバッファ層を設ければよい。タングステン単層や窒化タングステンは密着性がよく好ましい材料の一つである。また、酸化物層としては、酸化シリコン材料または酸化金属材料からなる単層、またはこれらの積層を用いればよい。ここではスパッタ法で膜厚200nmの酸化シリコン膜を用いる。この窒化金属層と酸化物層の結合力は熱処理には強く、膜剥がれ(ピーリングとも呼ばれる)などが生じないが、物理的手段で簡単に酸化物層の層内、あるいは界面において剥離することができる。なお、ここではガラス基板を用いたが、上記剥離法はさまざまな基板を用いることが可能である。基板401は石英基板、セラミック基板、シリコン基板、金属基板またはステンレス基板を用いても良い。

【0084】

次いで、レーザービーム400の照射によって結晶化が成され、結晶半導体膜404を形成することができる。レーザービーム400は図6(1-A)に示すように、想定されるTFTの半導体領域405の位置に合わせて走査するものである。ビーム形状は矩形、線形、楕円系など任意なものとすることができる。光学系にて集光したレーザービームは、中央部と端部で必ずしもエネルギー強度が一定ではないので、半導体領域405がビームの端部にかからないようにすることが望ましい。

【0085】

レーザービームの走査は一方向のみの走査でなく、往復走査をしても良い。その場合には1回の走査毎にレーザーエネルギー密度を変え、段階的に結晶成長をさせることも可能である。また、アモルファスシリコンを結晶化させる場合にしばしば必要となる水素出しの処理を兼ねることも可能であり、最初に低エネルギー密度で走査し、水素を放出した後、エネルギー密度を上げて2回目に走査で結晶化を完遂させても良い。

【0086】

このようなレーザービームの照射方法において、連続発振のレーザービームを照射することにより大粒径の結晶成長を可能とする。勿論、それはレーザービームの走査速度やエネルギー密度等の詳細なパラメータを適宜設定する必要があるが、走査速度を10~80cm/secとすることによりそれを実現することができる。パルスレーザーを用いた溶融-固

10

20

30

40

50

化を経た結晶成長速度は1 m/secとも言われているが、それよりも遅い速度でレーザービームを走査して、徐冷することにより固液界面における連続的な結晶成長が可能となり、結晶の大粒径化を実現することができる。

【0087】

本実施例のレーザー照射装置は、このような状況において、基板の任意の位置を指定してレーザービーム照射して結晶化することを可能とするものであり、二軸方向からレーザービームを照射することにより、さらにスループットを向上させることができる。

【0088】

また、レーザー光を照射することによって、基板との剥離がより小さな力できれいに剥離でき、大きな面積を有する被剥離層を全面に渡って剥離することを可能とする。

10

【0089】

さらに剥離を助長させるため、粒状の酸化物（例えば、ITO（酸化インジウム酸化スズ合金）、酸化インジウム酸化亜鉛合金（ In_2O_3 、 ZnO ）、酸化亜鉛（ ZnO ）等）を窒化物層または金属層または窒化金属層と酸化物層との界面に設けてもよい。

【0090】

その後、図6（2-A）及び（2-B）に示すように、形成された結晶半導体膜をエッチングして、島状に分割された半導体領域405を形成する。トップゲート型TFETの場合には、半導体領域405上にゲート絶縁膜406、ゲート電極407、一導電型不純物領域408を形成してTFETを形成することができる。その後、公知の技術を用い、必要に応じて配線や層間絶縁膜等を形成して素子を形成すれば良い。

20

【0091】

こうしてTFETを有する素子を得たら、実施の形態に従って基板401を剥離する。本実施例では、ブロッキング層402上に形成されたものが実施の形態に示した被剥離層11bに相当する。被剥離層の機械的強度が不十分である場合には、被剥離層を固定する支持体（図示しない）を貼りつけた後、剥離することが好ましい。

【0092】

引き剥がすことで簡単に酸化物層上に形成された被剥離層を基板から分離することができる。剥離後の被剥離層は、ある一方向に湾曲させることができる。被剥離層は曲面を有する転写体（図示しない）に貼り付けることも可能であることは言うまでもない。

【0093】

本実施例においても、本発明は、レーザー光の照射方向（走査方向）と、被剥離層に設けられた全ての半導体層204～206、および405のチャネル長方向とを同一方向とし、これらの方向と湾曲している方向とが直交するように設定する。こうすることで曲面を有するディスプレイを実現することができる。

30

【0094】

また、本実施例は、実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【実施例2】

【0095】

実施例1ではトップゲート型TFETの例を示したが、ここではボトムゲート型TFETの例を示す。TFETの構造以外は実施例1と同じであるのでここでは省略する。

40

【0096】

図7を参照して、非単結晶半導体膜の結晶化と、形成された結晶半導体膜を用いてTFETを形成する工程を説明する。

【0097】

図7（1-B）は縦断面図であり、ゲート電極507がガラス基板上に形成され、ゲート電極を覆うゲート絶縁膜506上に非単結晶半導体膜503が形成されている。非単結晶半導体膜503の代表的な一例はアモルファスシリコン膜であり、その他にアモルファスシリコンゲルマニウム膜などを適用することができる。厚さは10～200 nmが適用可能であるが、レーザービームの波長及びエネルギー密度によりさらに厚くしても良い。また、ガラス基板501とゲート電極との間にはブロッキング層502を設け、ガラス基板が

50

らアルカリ金属などの不純物が半導体膜中へ拡散しないための手段を施しておくことが望ましい。ブロッキング層502としては、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜などを適用する。

【0098】

また、剥離を行うためにブロッキング層502と基板501との間に金属層または窒化金属層と酸化物層の積層509を形成する。金属層または窒化物層としては、Ti、Al、Ta、W、Mo、Cu、Cr、Nd、Fe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Ptから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料からなる単層、またはこれらの積層の窒化物、例えば、窒化チタン、窒化タングステン、窒化タンタル、窒化モリブデンからなる単層、またはこれらの積層を用いればよい。ここではスパッタ法で膜厚100nmの窒化チタン膜を用いる。なお、基板と密着性が悪い場合にはバッファ層を設ければよい。タングステン単層や窒化タングstenは密着性がよく好ましい材料の一つである。また、酸化物層としては、酸化シリコン材料または酸化金属材料からなる単層、またはこれらの積層を用いればよい。ここではスパッタ法で膜厚200nmの酸化シリコン膜を用いる。この窒化金属層と酸化物層の結合力は熱処理には強く、膜剥がれ（ピーリングとも呼ばれる）などが生じないが、物理的手段で簡単に酸化物層の層内、あるいは界面において剥離することができる。

10

【0099】

次いで、レーザービーム500の照射によって結晶化が成され、結晶半導体膜504を形成することができる。レーザービームは実施例1に示したレーザー処理装置を用いて得られる。レーザービーム500は図7(1-A)に示すように、想定されるTFTの半導体領域505の位置に合わせて走査するものである。

20

ビーム形状は矩形、線形、楕円系など任意なものとすることができる。光学系にて集光したレーザービームは、中央部と端部で必ずしもエネルギー強度が一定ではないので、半導体領域505がビームの端部にかからないようにすることが望ましい。

【0100】

レーザービームの走査は一方向のみの走査でなく、往復走査をしても良い。その場合には1回の走査毎にレーザーエネルギー密度を変え、段階的に結晶成長をさせることも可能である。また、アモルファスシリコンを結晶化させる場合にしばしば必要となる水素出しの処理を兼ねることも可能であり、最初に低エネルギー密度で走査し、水素を放出した後、エネルギー密度を上げて2回目の走査で結晶化を完遂させても良い。

30

【0101】

このようなレーザービームの照射方法において、連続発振のレーザービームを照射することにより大粒径の結晶成長を可能とする。勿論、それはレーザービームの走査速度やエネルギー密度等の詳細なパラメータを適宜設定する必要があるが、走査速度を10~80cm/secとすることによりそれを実現することができる。パルスレーザーを用いた溶融-固化を経た結晶成長速度は1m/secとも言われているが、それよりも遅い速度でレーザービームを走査して、徐冷することにより固液界面における連続的な結晶成長が可能となり、結晶の大粒径化を実現することができる。

【0102】

また、レーザー光を照射することによって、基板との剥離がより小さな力できれいに剥離でき、大きな面積を有する被剥離層を全面に渡って剥離することを可能とする。

40

【0103】

さらに剥離を助長させるため、粒状の酸化物（例えば、ITO（酸化インジウム酸化スズ合金）、酸化インジウム酸化亜鉛合金（ In_2O_3 、 ZnO ）、酸化亜鉛（ ZnO ）等）を窒化物層または金属層または窒化金属層と酸化物層との界面に設けてもよい。

【0104】

その後、図7(2-A)及び(2-B)に示すように、形成された結晶半導体膜をエッチングして、島状に分割された半導体領域505を形成する。ここでは半導体領域505上にエッチングストッパーを設け、一導電型不純物領域508を形成してTFTを形成す

50

ることができる。その後、公知の技術を用い、必要に応じて配線や層間絶縁膜等を形成して素子を形成すれば良い。

【0105】

こうしてTFTを有する素子を得たら、実施の形態に従って基板501を剥離する。本実施例では、ブロッキング層502上に形成されたものが実施の形態に示した被剥離層11bに相当する。被剥離層の機械的強度が不十分である場合には、被剥離層を固定する支持体（図示しない）を貼りつけた後、剥離することが好ましい。

【0106】

引き剥がすことで簡単に酸化物層上に形成された被剥離層を基板から分離することができる。剥離後の被剥離層は、ある一方向に湾曲させることができる。被剥離層は曲面を有する転写体（図示しない）に貼り付けることも可能であることは言うまでもない。

10

【0107】

本実施例においても、レーザー光の照射方向（走査方向）と、被剥離層に設けられた全ての半導体層505のチャネル長方向とを同一方向とし、これらの方向と湾曲している方向とが直交するように設定する。こうすることで曲面を有するディスプレイを実現することができる。

【0108】

また、本実施例は、実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【実施例3】

【0109】

本実施例では、TFTを含む被剥離層を転写する技術を図8に示す。

20

【0110】

図8中、830は第1の基板、831は窒化物層または金属層からなる第1の材料層、832は酸化物層からなる第2の材料層、833は被剥離層、834は第1の接着材、835は第2の基板、836は第2の接着材、837は第3の基板である。

【0111】

本実施例では、第1の基板830として、ガラス基板、石英基板、セラミック基板などを用いることができる。また、シリコン基板を代表とする半導体基板、またはステンレス基板を代表とする金属基板を用いても良い。ここでは厚さ0.7mmのガラス基板（1737）を用いる。

30

【0112】

まず、図8（A）に示すように基板830上に第1の材料層831を形成する。第1の材料層831としては、成膜直後において圧縮応力を有していても引張応力を有していてもよいが、被剥離層形成における熱処理やレーザー光の照射によりピーリング等の異常が生じず、且つ、被剥離層形成後で $1 \sim 1 \times 10^{10}$ (Dyne/cm²)の範囲で引張応力を有する材料を用いることが重要である。代表的な一例はW、WN、TiN、TiWから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料からなる単層、またはこれらの積層が挙げられる。なお、第1の材料層831は、スパッタ法を用いればよい。

【0113】

次いで、第1の材料層831上に第2の材料層832を形成する。第2の材料層832としては、被剥離層形成における熱処理やレーザー光の照射によりピーリング等の異常が生じず、且つ、被剥離層形成後で $1 \sim 1 \times 10^{10}$ (Dyne/cm²)の範囲で圧縮応力を有する材料を用いることが重要である。第2の材料層832として、代表的な一例は酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化金属材料、またはこれらの積層が挙げられる。なお、第2の材料層832は、スパッタ法を用いて成膜すればよい。第2の材料層832をスパッタ法で成膜する場合、アルゴンガスで代表される希ガスをチャンバー内に導入して、第2の材料層832中に微量の希ガス元素を含ませる。

40

【0114】

第1の材料層831と第2の材料層832において、各々の膜厚は、1nm～1000nmの範囲で適宜設定し、第1の材料層831における内部応力および第2の材料層83

50

2における内部応力を調節すればよい。

【0115】

また、図8では、プロセスの簡略化を図るため、基板830に接して第1の材料層831を形成した例を示したが、基板830と第1の材料層831との間にバッファ層となる絶縁層や金属層を設け、基板830との密着性を向上させてもよい。

【0116】

次いで、第2の材料層832上に被剥離層833を形成する。(図8(A))
被剥離層833は、様々な素子(薄膜トランジスタ、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子、液晶を有する素子、メモリー素子、薄膜ダイオード、シリコンのPIN接合からなる光電変換素子、またはシリコン抵抗素子)を含む層とすればよい。ただし、液晶を有する素子において、被剥離層833は対向基板を含むものとする。また、被剥離層833の形成プロセスとして、第1の基板830の耐え得る範囲の熱処理を行うことができる。なお、第2の材料層832における内部応力と、第1の材料層831における内部応力が異なっている場合、被剥離層833の作製工程における熱処理によって膜剥がれなどが生じない。

【0117】

次いで、第1の材料層831と第2の材料層832との密着性を部分的に低下させる処理を行う。密着性を部分的に低下させる処理は、剥離しようとする領域の周縁に沿って前記第2の材料層または前記第1の材料層にレーザー光を部分的に照射する処理、或いは、剥離しようとする領域の周縁に沿って外部から局所的に圧力を加えて前記第2の材料層の層内または界面の一部分に損傷を与える処理である。具体的にはダイヤモンドペンなどで硬い針を垂直に押しつけて荷重をかけて動かせばよい。好ましくは、スクライバー装置を用い、押し込み量を0.1mm~2mmとし、圧力をかけて動かせばよい。このように、剥離を行う前に剥離現象が生じやすくなるような部分、即ち、きっかけをつくることが重要であり、密着性を選択的(部分的)に低下させる前処理を行うことで、剥離不良がなくなり、さらに歩留まりも向上する。

【0118】

次いで、第1の接着材834で第2の基板835と被剥離層833とを接着する。(図8(B))第1の接着材834としては、反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、紫外線硬化型接着剤等の光硬化型接着剤、嫌気型接着剤などの各種硬化型接着剤が挙げられる。加えて、これらの接着剤が溶媒溶液に溶ける可溶性や、光が照射されると接着力が低下する感光性を有していてもよい。これらの接着剤の組成としては、例えば、エポキシ系、アクリレート系、シリコン系等いかなるものでもよい。このような接着剤の形成は、例えば、塗布法によってなされる。なお、第1の接着材は後の工程で除去される。ここでは、第1の接着材として溶媒溶液(水やアルコールやトルエンなど)に溶ける可溶性を有する接着材料を用いる。

【0119】

また、第1の接着材834に代えて片面または両面に接着剤を有するテープを用いてもよい。このテープの片面または両面には、溶媒溶液に溶ける可溶性や、光が照射されると接着力が低下する感光性を有する接着材を有していてもよい。

【0120】

第2の基板835は、ガラス基板、石英基板、セラミック基板、プラスチック基板などを用いることができる。また、シリコン基板を代表とする半導体基板、またはステンレス基板を代表とする金属基板を用いても良い。

【0121】

本実施例では、第2の基板835として第1の基板830よりも厚さの厚く剛性の高い石英基板(厚さ1.1mm)を用いる。第2の基板としてプラスチックフィルムを用いた場合、第1の基板830上に形成した素子をプラスチックフィルムに転写する際、即ち、第1の接着材834で被剥離層833とフィルムを接着してフィルムを持ち上げる際、フィルムが折れ曲がり、被剥離層833も折れ曲がりの影響を受けて、クラックが入ってし

10

20

30

40

50

もう恐れがあった。そこで、第1の基板830に形成した被剥離層833を剛性の高い第2の基板835に第1の接着材834で貼りつけた後、第1の基板830を剥離し、その後、第2の接着材836で素子を含む層にプラスチックフィルム(第3の基板837)を貼った後で第2の基板835を分離する手順とすると、クラックが発生しにくいものとすることができる。

【0122】

次いで、上記密着性を部分的に低下させた領域側から剥離させ、図8(C)中の矢印の方向に向かって、第1の材料層831が設けられている第1の基板830を物理的手段により引き剥がす。(図8(C))第2の材料層832が圧縮応力を有し、第1の材料層831が引張応力を有するため、比較的小さな力(例えば、人間の手、ノズルから吹付けられるガスの風圧、超音波等)で引き剥がすことができる。

10

【0123】

こうして、第2の材料層832上に形成された被剥離層833を第1の基板830から分離することができる。剥離後の状態を図8(D)に示す。

【0124】

次いで、第2の接着材836で第3の基板837と第2の材料層832(及び被剥離層833)とを接着する。(図8(E))第2の接着材836は、第1の接着材834よりも接着力が強いことが重要である。

【0125】

第2の接着材836としては、反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、紫外線硬化型接着剤等の光硬化型接着剤、嫌気型接着剤などの各種硬化型接着剤が挙げられる。加えて、これらの接着剤が溶媒溶液に溶ける可溶性や、光が照射されると接着力が低下する感光性を有していてもよい。これらの接着剤の組成としては、例えば、エポキシ系、アクリレート系、シリコン系等いかなるものでもよい。

20

このような接着剤の形成は、例えば、塗布法によってなされる。なお、第2の接着材は後の工程で被剥離層の支持体の一つとなる。第2の接着材836として、第3の基板と第2の接着材との密着性と、第2の接着材と被剥離層の密着性とがどちらも高い材料を用いる。ここでは、第2の接着材836として紫外線硬化型接着剤を用いる。

【0126】

また、第2の接着材836として溶媒溶液に溶ける可溶性や、光が照射されると接着力が低下する感光性を有している材料を用いた場合、後の工程で第3の基板をも剥離することができ、第2の接着材のみを支持体とすることも可能である。また、第2の接着材836に代えて片面または両面に接着剤を有するテープを用いてもよい。このテープの片面または両面には、溶媒溶液に溶ける可溶性や、光が照射されると接着力が低下する感光性を有する接着材を有していてもよい。

30

【0127】

第3の基板837は、フレキシブルな基板を用いれば良い。本実施例では、第3の基板837として、プラスチックフィルムとする。

【0128】

図8(E)の状態を得たら、次いで、溶媒溶液に漬けて第2の基板835のみを分離する。(図8(F))第1の接着材は、溶媒溶液に溶ける可溶性を有する接着材料を用いているため、簡単に除去され、第2の基板835と被剥離層833とが分離する。

40

【0129】

また、被剥離層833に含まれる素子の入出力端子は、被剥離層の最上層(即ち、第2の基板側に最も近い層)に露呈するように形成する。従って、上記第2の基板の分離工程後、入出力端子部が露呈するように、被剥離層表面の第1の接着材が完全に除去されることが望ましい。

【0130】

また、ここでは、第1の接着材834として溶媒溶液に溶ける可溶性を有する接着材料を用い、溶媒溶液に漬けて第2の基板を分離した例を示したが、特に限定されず、例えば

50

、熱硬化型接着材（紫外線を照射すると接着力が低下する）を第１の接着材として用い、紫外線を照射することで第２の基板を分離してもよい。

【０１３１】

以上の工程で第２の接着材８３６及び第３の基板８３７を支持体とする被剥離層８３３を備えた半導体装置を作製することができる。そして、図８（Ｇ）に示すように湾曲させれば、曲面の曲率半径が、５０ｃｍ～２００ｃｍである半導体装置を完成させることができる。湾曲させる際には設置する曲面に沿って接着すればよい。なお、第２の接着材８３６と被剥離層８３３との間には第２の材料層である酸化物層８３２がある。こうして得られる半導体装置は、第２の材料層８３２がスパッタ法で成膜され、第２の材料層８３２中に微量の希ガス元素を含ませているため、半導体装置全体としてフレキシブルなものとする

10

【０１３２】

また、本実施例では第３の基板に接着してから、湾曲させたが、直接、曲面を有する基材に第２の接着材８３６で接着させて湾曲させてもよい。

【０１３３】

ここでは、以上の工程で半導体装置を完成させた例を示したが、以上の工程で半導体装置の途中までを作製してもよい。例えば、上記工程に従って、ＴＦＴからなる回路を含む被剥離層を形成し、第２の接着材及び第３の基板を支持体とする被剥離層を得た後で、さらに素子形成工程を加えて様々な半導体装置、代表的には有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する発光装置や液晶表示装置を完成させてもよい。

20

【０１３４】

また、パッシブ型の有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する発光装置を作製することもできる。

【０１３５】

また、第３の基板と第２の接着材との密着性を低下させるため、第３の基板８３７として表面に AlN_xO_y 膜が形成されたプラスチックフィルムを用いた場合、第２の基板８３５及び第３の基板８３７を分離することができる。この場合、第２の接着材８３６を支持体とする被剥離層８３３を備えた半導体装置を作製することができる。この半導体装置は支持体を第２の接着材８３６のみとしているため薄く、軽量、且つ、フレキシブルなもの

30

【０１３６】

また、実際に上記工程を行って、第１の基板を剥離する前に、第１の基板上に形成されたＴＦＴの電気測定を行い、第１の基板及び第２の基板を剥離した後、再度、ＴＦＴの電気測定を行った。剥離前後でＴＦＴの特性はほとんど変化なかった。剥離後のチャンネル長 L ／チャンネル幅 $W = 50\mu m / 50\mu m$ の n チャンネル型ＴＦＴの $V-I$ 特性グラフを図９に示す。また、剥離後のチャンネル長 L ／チャンネル幅 $W = 50\mu m / 50\mu m$ の p チャンネル型ＴＦＴの $V-I$ 特性グラフを図１０に示す。

【０１３７】

剥離前後でＴＦＴの特性はほとんど変化なかったことから、このような一連の手順で転写、貼り合わせなどを行っても、ＴＦＴに影響を与えない工程であるといえる。また、プラスチック基板上にＴＦＴを直接形成することも可能であるが基板の耐熱性が低いため、３００以上の熱処理を行うことが困難であり、図９、及び図１０で得られるような高い特性を示すＴＦＴを形成することも困難である。本実施例に示したように、耐熱性を有する基板上にＴＦＴを形成した後で、耐熱性を有する基板を剥離することによって図９及び図１０で得られるような高い特性を示すＴＦＴを形成することが可能となっている。

40

【実施例４】

【０１３８】

本実施例では、実施例３に示した技術を用い、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する発光装置を作製する手順を図１１に示す。

【０１３９】

50

まず、同一基板上に画素部（ n チャネル型TFT及び p チャネル型TFT）と、画素部の周辺に設ける駆動回路のTFT（ n チャネル型TFT及び p チャネル型TFT）を同時に作製し、その上に有機発光素子（OLED：Organic Light Emitting Device）を形成する。

【0140】

実施例3に従って第1の基板930上に窒化物層または金属層からなる第1の材料層931、酸化物層からなる第2の材料層932を形成する。

【0141】

次いで、第2の材料層932上にTFT及び配線を含む層933aを、実施例1に示した技術を用いて作製すればよい。各TFTを覆う絶縁膜を形成した後、画素部に設けられたTFTと電気的に接続する陰極または陽極を形成する。次いで、陰極または陽極の端部を覆うように両端にバンクとよばれる絶縁物を形成する。また、必要であれば適宜、TFTを覆って窒化膜からなるパッシベーション膜（保護膜）を形成してもよい。次いで、両端がバンクで覆われている陰極または陽極上にEL層（有機化合物材料層）および有機発光素子の陽極または陰極を形成する。EL層の下層を陰極とした場合、EL層上には陽極を設ければよく、EL層の下層を陽極とした場合、EL層上には陰極を設ければよい。

【0142】

EL層としては、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、低分子系有機EL材料や高分子系有機EL材料を用いればよい。

また、EL層として一重項励起により発光（蛍光）する発光材料（シングレット化合物）からなる薄膜、または三重項励起により発光（リン光）する発光材料（トリプレット化合物）からなる薄膜を用いることができる。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。なお、EL層は合計しても100nm程度の薄膜層として形成する。そのため、陰極または陽極として形成する表面は平坦性を高めておく必要がある。

【0143】

また、陰極に用いる材料としては仕事関数の小さい金属（代表的には周期表の1族もしくは2族に属する金属元素）や、これらを含む合金を用いることが好ましいとされている。仕事関数が小さければ小さいほど発光効率が向上するため、中でも、陰極に用いる材料としては、アルカリ金属の一つであるLi（リチウム）を含む合金材料が望ましい。

【0144】

また、陽極に用いる導電膜としては、陰極を形成する材料よりも仕事関数の大きい材料を用い、ITO（酸化インジウム酸化スズ合金）、酸化インジウム酸化亜鉛合金（ In_2O_3 、 ZnO ）、酸化亜鉛（ ZnO ）等、さらにITOよりもシート抵抗の低い材料、具体的には白金（Pt）、クロム（Cr）、タングステン（W）、もしくはニッケル（Ni）といった材料を用いることができる。

【0145】

なお、本明細書では、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子の陽極と陰極の間に形成された全ての層を有機発光層と定義する。有機発光層には具体的に、発光層、正孔注入層、電子注入層、正孔輸送層、電子輸送層等が含まれる。基本的に有機発光素子は、陽極／発光層／陰極が順に積層された構造を有しており、この構造に加えて、陽極／正孔注入層／発光層／陰極や、陽極／正孔注入層／発光層／電子輸送層／陰極等の順に積層した構造を有していることもある。

【0146】

有機化合物を含む層を発光層とする発光素子は、電場を加えることで発生するルミネッセンス（Electroluminescence）が得られる有機化合物（有機発光材料）を含む層（以下、有機発光層と記す）と、陽極と、陰極とを有している。

【0147】

また、有機発光素子に流れる電流をTFTで制御する場合、大きく分けて2通りの方法

がある。具体的には、飽和領域と呼ばれる電圧範囲で電流を制御する方法と、飽和領域に達するまでの電圧範囲で電流を制御する方法とがある。本明細書では、 $V_d - I_d$ 曲線において、電流値がほぼ一定となる V_d の範囲を飽和領域と呼んでいる。本発明は有機発光素子の駆動方法に限定されず、どのような駆動方法を用いてもよい。

【0148】

以上の工程で、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を含む層 933b と、該発光素子と接続する TFT を含む層 933a とが積層された被剥離層が形成される。なお、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子は水分や酸素に弱いため、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を形成した直後に、封止のための基板や封止缶や封止材で封止してもよい。

10

【0149】

次いで、第1の材料層 931 と第2の材料層 932 との密着性を部分的に低下させる処理を行う。密着性を部分的に低下させる処理は、剥離しようとする領域の周縁に沿って前記第2の材料層または前記第1の材料層にレーザー光を部分的に照射する処理、或いは、剥離しようとする領域の周縁に沿って外部から局所的に圧力を加えて前記第2の材料層の層内または界面の一部分に損傷を与える処理である。具体的にはダイヤモンドペンなどで硬い針を垂直に押しつけて荷重をかけて動かせばよい。好ましくは、スクライバー装置を用い、押し込み量を $0.1\text{ mm} \sim 2\text{ mm}$ とし、圧力をかけて動かせばよい。このように、剥離を行う前に剥離現象が生じやすくなるような部分、即ち、きっかけをつくることが重要であり、密着性を選択的（部分的）に低下させる前処理を行うことで、剥離不良がなくなり、さらに歩留まりも向上する。

20

【0150】

次いで、被剥離層 933a に設けられた TFT と接続する引き出し配線の端部に設けられた端子電極に FPC901 を貼りつける。

【0151】

次いで、第1の接着材 934 で第2の基板 935 と被剥離層 933a、933b とを接着する。（図9（B））第2の基板 935 には予め接着剤 903 でフィルム 902 を接着しておく。この接着剤 903 は、第1の接着材 934 よりも接着力の弱い材料を用いることが好ましく、溶媒溶液に溶ける可溶性や、光が照射されると接着力が低下する感光性を有しているものが望ましい。なお、接着材 903 は後の工程で除去される。また、接着材 903 に代えて片面または両面に接着剤を有するテープを用いてもよい。このテープの片面または両面には、溶媒溶液に溶ける可溶性や、光が照射されると接着力が低下する感光性を有する接着材を有していてもよい。

30

【0152】

第1の接着材 934 としては、反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、紫外線硬化型接着剤等の光硬化型接着剤、嫌気型接着剤などの各種硬化型接着剤が挙げられる。これらの接着剤の組成としては、例えば、エポキシ系、アクリレート系、シリコン系等いかなるものでもよい。ただし、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子は水分や酸素に弱いため、水分や酸素のバリア性の高い材料であることが望ましい。このような接着剤の形成は、例えば、塗布法によってなされる。本実施例では第1の接着材 934 として熱硬化型接着剤を用いる。

40

【0153】

第2の基板 935 は、ガラス基板、石英基板、セラミック基板、プラスチック基板などを用いることができる。また、シリコン基板を代表とする半導体基板、またはステンレス基板を代表とする金属基板を用いても良い。

【0154】

本実施例では、第2の基板 935 として第1の基板 930 よりも厚さの厚く剛性の高い石英基板（厚さ 1.1 mm ）を用いる。第2の基板としてプラスチックフィルムを用いた場合、第1の基板 930 上に形成した素子をプラスチックフィルムに転写する際、即ち、第1の接着材 934 で被剥離層 933 とフィルムを接着してフィルムを持ち上げる際、フ

50

ィルムが折れ曲がり、被剥離層も折れ曲がりの影響を受けて、クラックが入ってしまう恐れがあった。そこで、第１の基板９３０に形成した被剥離層を剛性の高い第２の基板９３５に第１の接着材９３４で貼りつけた後、第１の基板９３０を剥離し、その後、第２の接着材９３６で素子を含む層にプラスチックフィルム（第３の基板９３７）を貼った後で第２の基板９３５を分離する手順とすると、クラックが発生しにくいものとすることができる。

【０１５５】

次いで、上記密着性を部分的に低下させた領域側から剥離させ、図１１（Ｃ）中の矢印の方向に向かって、第１の材料層９３１が設けられている第１の基板９３０を物理的手段により引き剥がす。（図１１（Ｃ））第２の材料層９３２が圧縮応力を有し、第１の材料層９３１が引張応力を有するため、比較的小さな力（例えば、人間の手、ノズルから吹付けられるガスの風圧、超音波等）で引き剥がすことができる。

10

【０１５６】

こうして、第２の材料層９３２上に形成された被剥離層９３３ａ、９３３ｂを第１の基板９３０から分離することができる。

【０１５７】

次いで、第２の接着材９３６で第３の基板９３７と第２の材料層９３２（及び被剥離層９３３ａ、９３３ｂ）とを接着する。（図１１（Ｄ））第２の接着材９３６は、接着剤９０３よりも接着力が強いことが重要である。

【０１５８】

20

第２の接着材９３６としては、反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、紫外線硬化型接着剤等の光硬化型接着剤、嫌気型接着剤などの各種硬化型接着剤が挙げられる。本実施例では第２の接着材９３６として熱硬化型接着剤を用いる。第２の接着材９３６として溶媒溶液に溶ける可溶性や、光が照射されると接着力が低下する感光性を有している材料を用いた場合、後の工程で第３の基板をも剥離することができ、フィルム９０２及び第１の接着材及び第２の接着材のみを支持体とすることも可能である。

【０１５９】

第３の基板９３７は、フレキシブルな基板を用いれば良い。本実施例では、第３の基板９３７として、９０２と同じプラスチックフィルムを用いる。

【０１６０】

30

図１１（Ｄ）の状態を得たら、次いで、紫外線を照射して接着剤９０３の接着力を弱め、第２の基板９３５のみを分離する。（図１１（Ｅ））紫外線を照射することによって簡単に剥がされ、第２の基板９３５とフィルム９０２とが分離する。

【０１６１】

以上の工程で第２の接着材９３６及び第３の基板９３７を支持体とする被剥離層９３３ａ、９３３ｂを備えた半導体装置を作製することができる。そして、図１１（Ｆ）に示すように湾曲させれば、曲面の曲率半径が、５０ｃｍ～２００ｃｍである半導体装置を完成させることができる。湾曲させる際には設置する曲面に沿って接着すればよい。なお、第２の接着材９３６と被剥離層９３３ａとの間には第２の材料層である酸化物層９３２がある。こうして得られる半導体装置は、第２の材料層９３２がスパッタ法で成膜され、第２の材料層９３２中に微量の希ガス元素を含ませているため、半導体装置全体としてフレキシブルなものとするすることができる。

40

【０１６２】

また、上記手順によって得られる湾曲させた有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する半導体装置の外観図を図１２（Ａ）、及び図１２（Ｂ）に示す。

【０１６３】

図１２（Ａ）及び図１２（Ｂ）は図１と対応しており、同一の部位には同じ符号を用いている。図１２（Ａ）に示す半導体装置は、図１２（Ａ）中の矢印の方向に発光しており、且つ、方向１９に示す方向に湾曲している。ここでは図示しないが、画素部１２や駆動回路１７に設けられた多数の半導体層のチャンネル長方向は全て同一方向に配置されている。

50

また、レーザー光の照射方向、即ち走査方向は、チャンネル長方向と同一としている。こうすることによって、結晶成長方向とチャンネル長方向とを一致させ、電界効果移動度を実質的に高くしている。

【0164】

また、図12(B)に示す半導体装置は、図12(A)とは逆方向に発光しており、且つ、方向19に示す方向に湾曲している。なお、発光方向は、有機化合物を含む層を発光層とする発光素子の作製方法及び画素の回路構成によって実施者が適宜決定することができる。

【実施例5】

【0165】

本実施例では実施例1乃至4のいずれかーに示した技術によって得られた曲面を有するディスプレイを乗物に搭載した例を示す。ここでは乗物の代表的な例として自動車を用いたが、特に限定されず、航空機、列車、電車などに適用できることはいうまでもない。

【0166】

図13は、自動車の運転席周辺を示す図である。ダッシュボード部には音響再生装置、具体的にはカーオーディオや、カーナビゲーションが設けられている。

カーオーディオの本体2701は、表示部2702、操作スイッチ2703、2704を含む。表示部2702に本発明を実施することによって薄型、且つ、軽量のカーオーディオを完成させることができる。また、カーナビゲーションの表示部2801に本発明を実施することによって薄型、且つ、軽量のカーナビゲーション完成させることができる。

【0167】

また、操作ハンドル部2602付近には、ダッシュボード部2601にスピードメータなどの計器のデジタル表示がなされる表示部2603が形成される。表示部2702に本発明を実施することによって薄型、且つ、軽量の機械類の表示器を完成させることができる。

【0168】

また、曲面を有するダッシュボード部2601に貼りつけられた表示部2602を形成してもよい。表示部2602に本発明を実施することによって薄型、且つ、軽量の機械類の表示器や画像表示装置を完成させることができる。なお、表示部2602は、矢印でしめした方向に湾曲されている。

【0169】

また、曲面を有するフロントガラス2604に貼りつけられた表示部2600を形成してもよい。表示部2600に本発明を実施する場合、透過する材料を用いればよく、本発明によって薄型、且つ、軽量の機械類の表示器や画像表示装置を完成させることができる。なお、表示部2600は、矢印でしめした方向に湾曲されている。ここではフロントガラスとしたが他のウィンドウガラスに設けることも可能である。

【0170】

例えば、曲面を有するリアウインドウ2900に貼りつけられた表示部2902を形成してもよい。図14は、自動車の後部座席周辺を示す図である。なお、図14は図13と対応しており、操作ハンドル部は、同一であるため図13と同じ符号を用いている。

【0171】

また、リアウインドウ2900に本発明のフレキシブルな表示装置を貼りつけ、さらに車外に後方を撮影できるカメラを取りつけ、互いに接続すれば、運転者は、車体2906が邪魔になって見ることができない場所を見ることができる。なお、表示部2902は、矢印でしめした方向に湾曲されている。

【0172】

また、図14に示すように右ハンドルであれば、左後方に車体2906の一部(窓ガラスの間の部分)があるため死角が存在しているが、窓ガラスの間の部分に本発明のフレキシブルな表示装置(表示部2901)を貼りつけ、さらに車外に死角方向を撮影できるカメラを取りつけ、互いに接続すれば、運転者が死角を確認することができる。なお、表示

10

20

30

40

50

部 2 9 0 1 は、矢印でしめした方向に湾曲されている。

【 0 1 7 3 】

また、シート 2 9 0 4 に表示部 2 9 0 5 を設けてもよい。後部座席に座った人がテレビをみたり、カーナビゲーションの表示を見ることができる。

【 0 1 7 4 】

また、ここでは図示しないが、車の天井を基材とし、天井の曲面に沿って有機化合物を含む層を発光層とする発光素子を有する表示装置を湾曲させて接着することによって、映像の表示や車内の照明を行うことができる。

【 0 1 7 5 】

このように、本発明の曲面を有するディスプレイは、曲率半径が 5 0 c m ~ 2 0 0 c m である曲面を有する車内のいたるところに簡単に搭載することができる。

10

【 0 1 7 6 】

また、本実施例では車載用カーオーディオやカーナビゲーションを示すが、その他の乗物の表示器や、据え置き型のオーディオやナビゲーション装置に用いても良い。

【 0 1 7 7 】

また、本実施例は、実施例 1 乃至 4 のいずれか一と自由に組み合わせることができる。

【実施例 6】

【 0 1 7 8 】

実施例 1 乃至 5 においては、剥離法として 2 層間の膜応力（応力歪み）を利用して剥離を行う剥離方法を用いたが、特に限定されず、被剥離層と基板との間に分離層を設け、該分離層を薬液（エッチャント）で除去して被剥離層と基板とを分離する方法や、被剥離層と基板との間に非晶質シリコン（またはポリシリコン）からなる分離層を設け、基板を通過させてレーザー光を照射して非晶質シリコンに含まれる水素を放出させることにより、空隙を生じさせて被剥離層と基板を分離させる方法などを用いることが可能である。

20

【 0 1 7 9 】

ここでは分離層として水素を多量に含む非晶質シリコン（またはポリシリコン）を用い、分離層にレーザー光を照射することによって剥離する例を図 1 5 に示す。

【 0 1 8 0 】

図 1 5（A）中、6 0 0 は基板、6 0 1 は分離層、6 0 2 は被剥離層である。

【 0 1 8 1 】

図 1 5（A）において、基板 6 0 0 は透光性を有する基板、ガラス基板、石英基板などを用いる。

30

【 0 1 8 2 】

次いで、分離層 6 0 1 を形成する。分離層 6 0 1 としてはアモルファスシリコンまたはポリシリコンを用いる。なお、分離層 6 0 1 は、スパッタ法、プラズマ C V D 法などの成膜方法を用い、適宜、膜中に多量の水素を含ませるとよい。

【 0 1 8 3 】

次いで、分離層 6 0 1 上に被剥離層 6 0 2 を形成する。（図 1 5（A））被剥離層 6 0 2 は、T F T を代表とする様々な素子（薄膜ダイオード、シリコンの P I N 接合からなる光電変換素子やシリコン抵抗素子）を含む層とすればよい。また、基板 6 0 0 の耐え得る範囲の熱処理を行うことができる。ただし、分離層 6 0 1 は、被剥離層 6 0 2 の作製工程における熱処理によって膜剥がれなどが生じないようにする。本実施例のように、レーザー光を用いて剥離する場合においては、剥離前に水素が放出しないように熱処理温度を 4 1 0 以下として被剥離層に含まれる素子を形成することが望ましい。

40

【 0 1 8 4 】

次いで、基板 6 0 0 を通過させ、分離層にレーザー光を照射する。（図 1 5（B））レーザー光としては、エキシマレーザー等の気体レーザーや、Y A G レーザーなどの固体レーザーや、半導体レーザーを用いればよい。また、レーザー発振の形態は、連続発振、パルス発振のいずれでもよく、レーザービームの形状も線状または矩形状でもよい。本実施例において、実施例 1 に示したレーザー照射装置を用いる。実施例 1 に示したレーザー照

50

射装置を用いることによって、大面積基板の全面にわたって、スループット良くレーザービームを照射することができる。また、実施例 1 に示したレーザー照射装置は、結晶化や剥離に用いるだけでなく様々なレーザーアニールに用いることができる。

【0185】

上記レーザー光の照射によって分離層 601 に含まれる水素を放出させることにより、空隙を生じさせて被剥離層 602 と基板 600 を分離させる。(図 15 (C)) 実施例 1 に示したレーザー照射装置を用いることによって、大きな面積を有する被剥離層を全面に渡って歩留まりよく剥離することが可能となる。

【0186】

剥離後の状態を図 15 (D) に示す。また、ここでは、被剥離層 602 の機械的強度が十分であると仮定した例を示しているが、被剥離層 602 の機械的強度が不十分である場合には、被剥離層 602 を固定する支持体(図示しない)を貼りつけた後、剥離することが好ましい。

10

【0187】

また、剥離後の被剥離層は、ある一方向に湾曲させることができる。被剥離層は曲面を有する転写体(図示しない)に貼り付けることも可能であることは言うまでもない。

【0188】

本実施例においても、レーザー光の照射方向(走査方向)と、被剥離層に設けられた全ての半導体層のチャンネル長方向とを同一方向とし、これらの方向と湾曲している方向とが直交するように設定する。こうすることで曲面を有するディスプレイを実現することができる。

20

【0189】

また、本実施例は、実施の形態、実施例 1 乃至 5 と自由に組み合わせることができる。

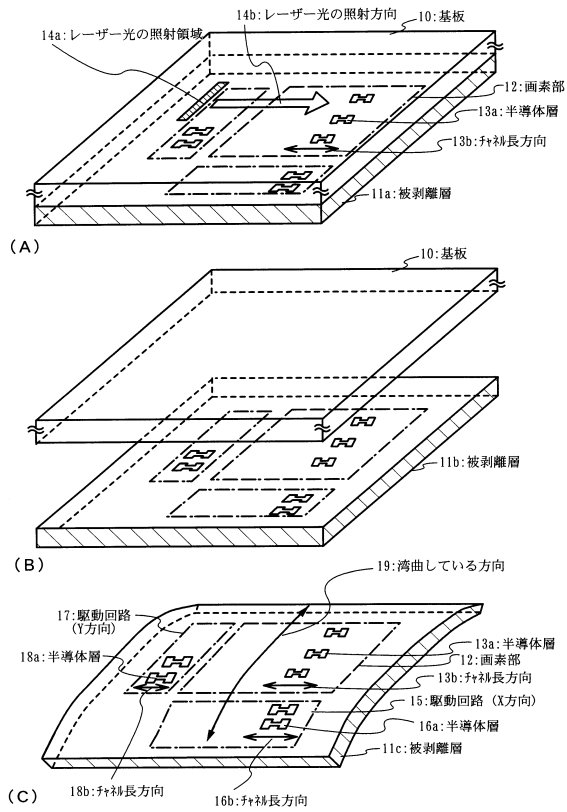
【0190】

なお、本実施例と実施例 1 と組み合わせる場合には、実施例 1 の 409 に代えて本実施例の分離層 601 を用い、裏面からレーザーを照射し、剥離すればよい。

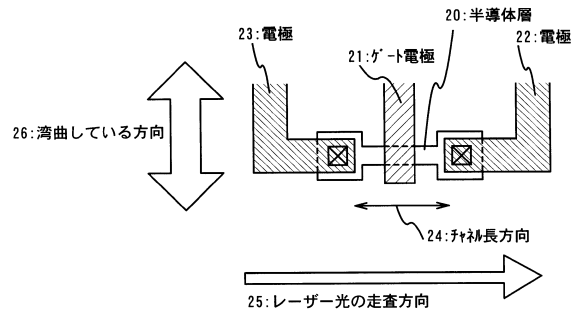
【0191】

また、同様に本実施例と実施例 2 と組み合わせる場合には、実施例 2 の 509 に代えて本実施例の分離層 601 を用い、裏面からレーザーを照射し、剥離すればよい。

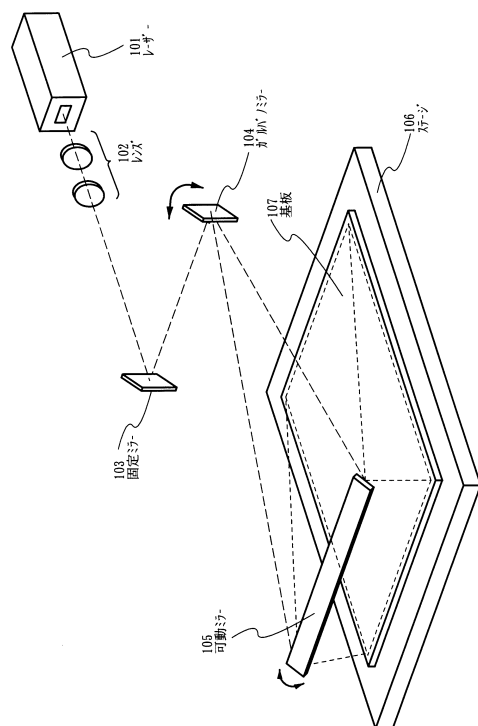
【図 1】



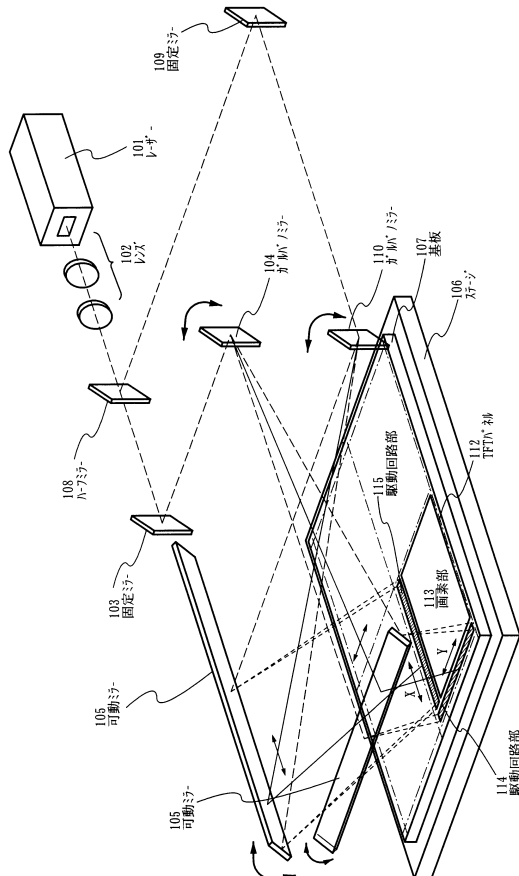
【図 2】



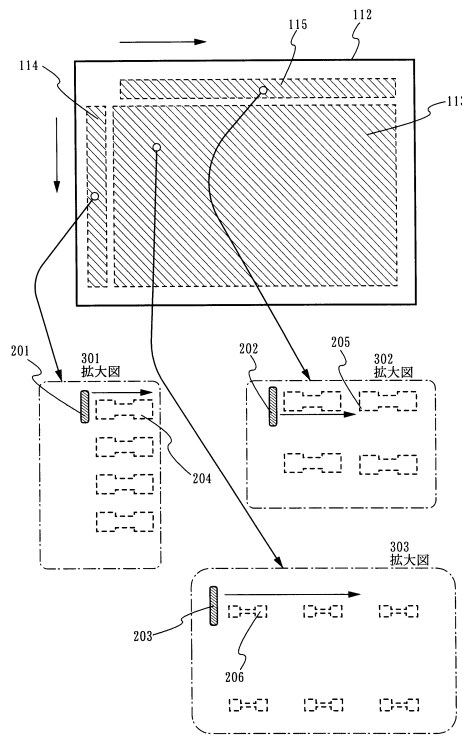
【図 3】



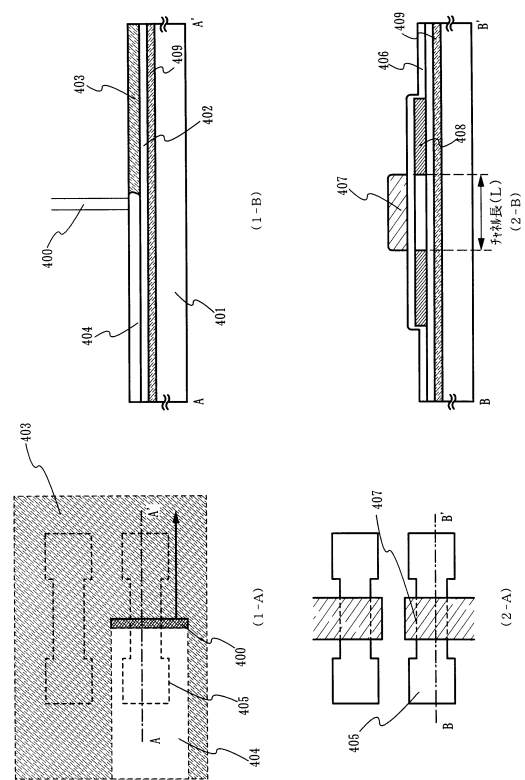
【図 4】



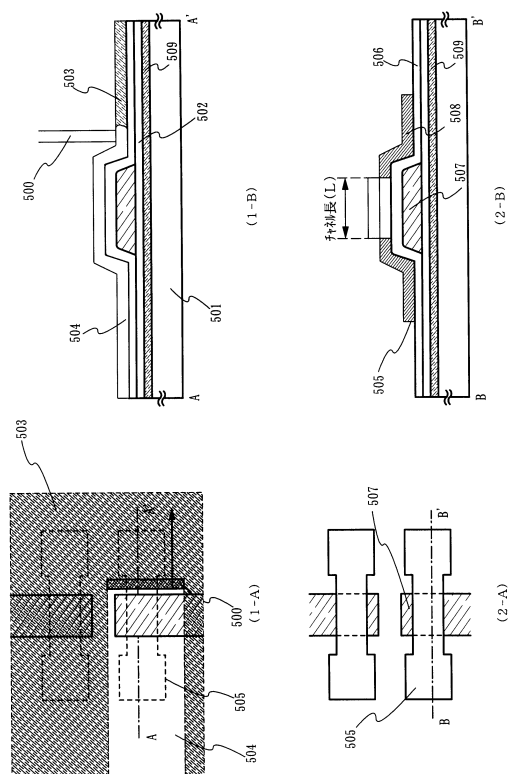
【図5】



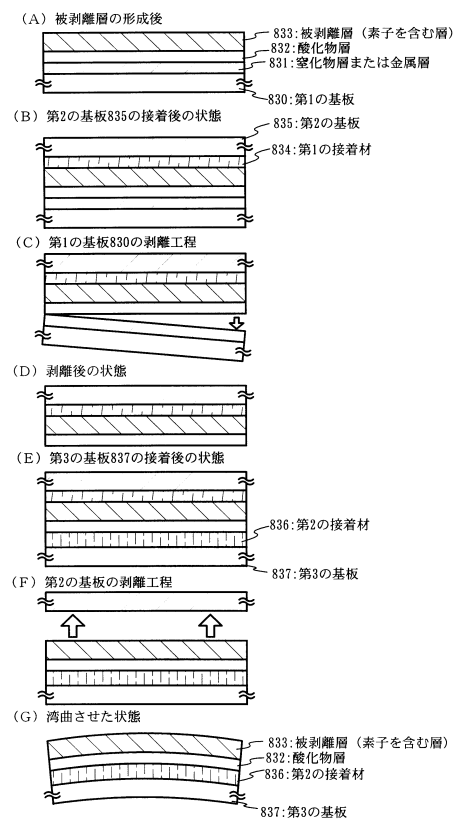
【図6】



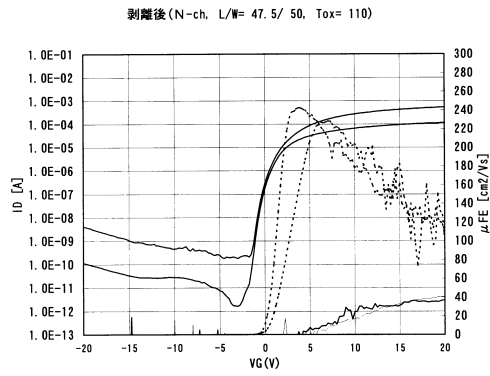
【図7】



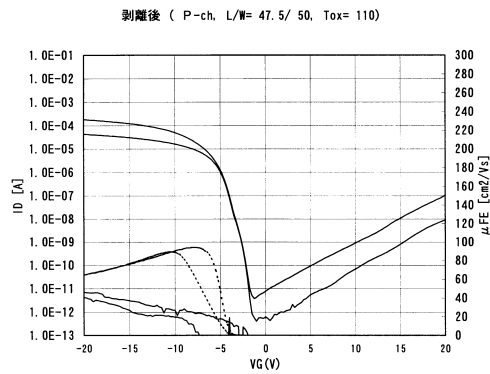
【図8】



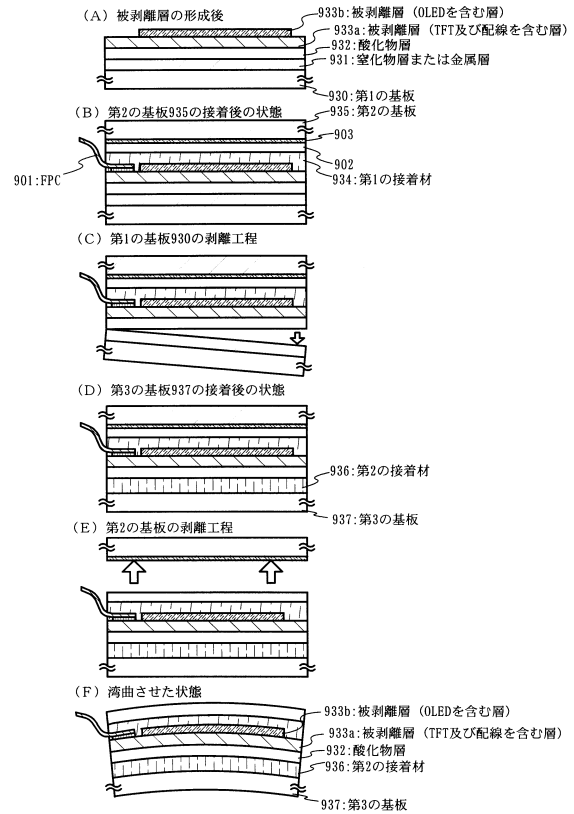
【図 9】



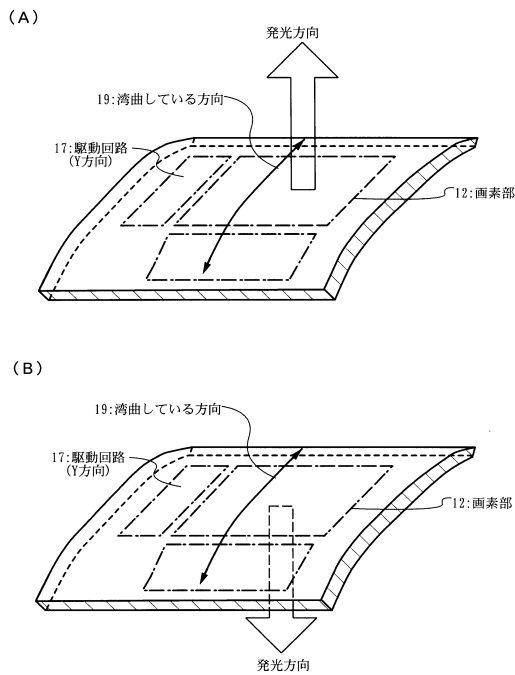
【図 10】



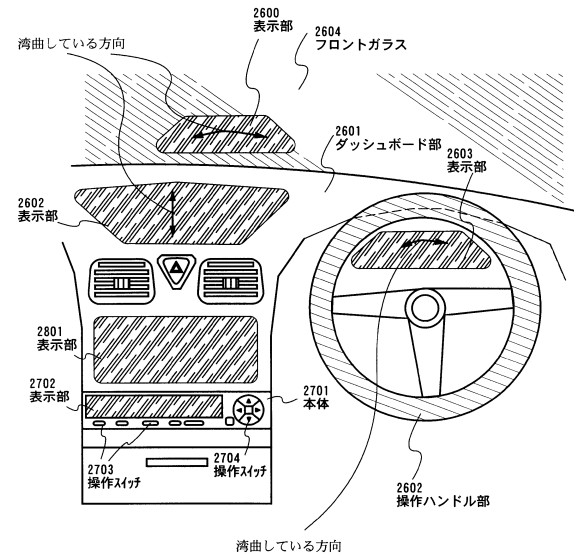
【図 11】



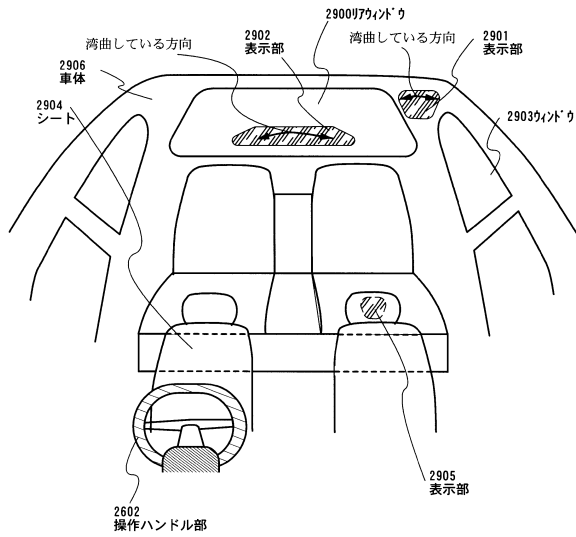
【図 12】



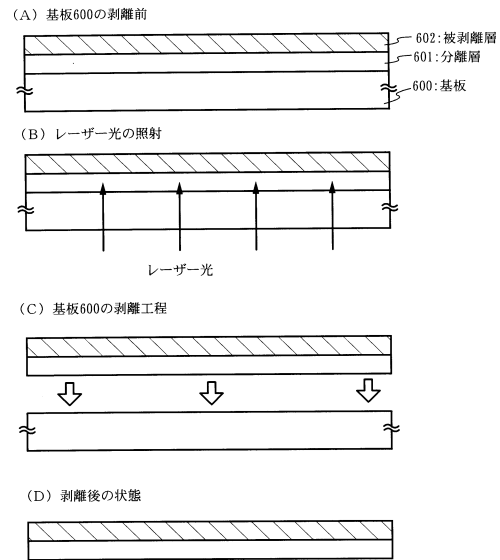
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/336 (2006.01) G 0 9 F 9/30 3 6 5
H 0 1 L 29/78 6 2 7 D

(72)発明者 山崎 舜平
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

審査官 市川 武宜

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 2 6 7 3 3 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 7 2 2 0 5 (J P , A)
特開平 1 1 - 0 2 4 1 0 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 2 2 4 6 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 4 3 9 7 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 9 / 7 8 6
G 0 9 F 9 / 0 0
G 0 9 F 9 / 3 0
H 0 1 L 2 1 / 3 3 6
H 0 1 L 5 1 / 5 0
H 0 5 B 3 3 / 1 0