

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-199902

(P2017-199902A)

(43) 公開日 平成29年11月2日 (2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 29/786 (2006.01)	H01L 29/78	626C 3K107
H01L 21/336 (2006.01)	H01L 29/78	618B 5F110
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14	A
H05B 33/10 (2006.01)	H05B 33/10	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 49 頁)

(21) 出願番号	特願2017-82451 (P2017-82451)	(71) 出願人	000153878
(22) 出願日	平成29年4月19日 (2017. 4. 19)		株式会社半導体エネルギー研究所
(31) 優先権主張番号	特願2016-86552 (P2016-86552)		神奈川県厚木市長谷398番地
(32) 優先日	平成28年4月22日 (2016. 4. 22)	(72) 発明者	山崎 舜平
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2016-86553 (P2016-86553)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成28年4月22日 (2016. 4. 22)	(72) 発明者	谷中 順平
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		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	保本 清治
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	大野 正勝
			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

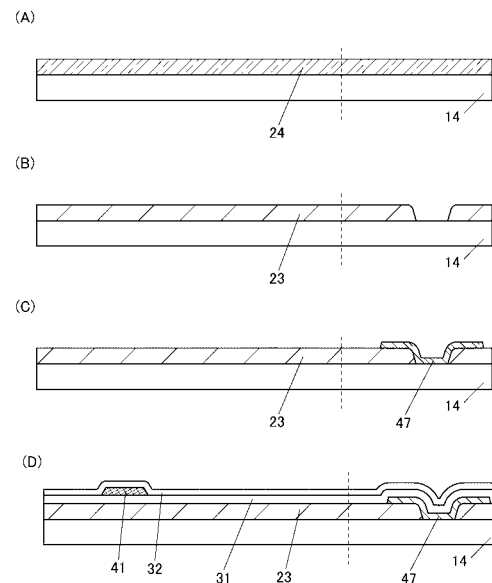
(54) 【発明の名称】 剥離方法及びフレキシブルデバイスの作製方法

(57) 【要約】

【課題】 低コストで量産性の高い剥離方法を提供する。

【解決手段】 作製基板上に、感光性及び熱硬化性を有する材料を用いて、厚さ0.1 μm以上3 μm以下の第1の層を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて、第1の層に開口を形成することで、開口を有する樹脂層を形成し、樹脂層の開口と重なるようにシリコン層または酸化物層を形成し、樹脂層上に、金属酸化物を有するトランジスタを形成し、トランジスタのソースまたはドレインと同じ工程で形成される導電層を、シリコン層上または酸化物層上に形成し、樹脂層及び、シリコン層または酸化物層にレーザを用いて光を照射し、トランジスタ及び導電層と、作製基板とを分離する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

作製基板上に、感光性及び熱硬化性を有する材料を用いて、厚さ $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $3\ \mu\text{m}$ 以下の第 1 の層を形成し、

フォトリソグラフィ法を用いて、前記第 1 の層に開口を形成することで、開口を有する樹脂層を形成し、

前記樹脂層の開口と重なるようにシリコン層を形成し、

前記樹脂層上に、金属酸化物を有するトランジスタを形成し、

前記トランジスタのソースまたはドレインと同じ工程で形成される導電層を、前記シリコン層上に形成し、

前記樹脂層及び前記シリコン層にレーザを用いて光を照射し、

前記トランジスタ及び前記導電層と、前記作製基板とを分離する、フレキシブルデバイスの作製方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記シリコン層として、光が照射されることで水素を放出する機能を有するシリコン層を形成する、フレキシブルデバイスの作製方法。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、

前記シリコン層として、水素化アモルファスシリコン層を形成する、フレキシブルデバイスの作製方法。

20

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一において、

前記レーザを用いて、前記作製基板側から、前記樹脂層及び前記シリコン層に光を照射する、フレキシブルデバイスの作製方法。

【請求項 5】

作製基板上に、感光性及び熱硬化性を有する材料を用いて、厚さ $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $3\ \mu\text{m}$ 以下の第 1 の層を形成し、

フォトリソグラフィ法を用いて、前記第 1 の層に開口を形成することで、開口を有する樹脂層を形成し、

30

前記樹脂層の開口と重なるように酸化物層を形成し、

前記樹脂層上に、金属酸化物を有するトランジスタを形成し、

前記トランジスタのソースまたはドレインと同じ工程で形成される導電層を、前記酸化物層上に形成し、

前記樹脂層及び前記酸化物層にレーザを用いて光を照射し、

前記トランジスタ及び前記導電層と、前記作製基板とを分離する、フレキシブルデバイスの作製方法。

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記酸化物層として、インジウムと、

40

亜鉛と、

アルミニウム、ガリウム、イットリウム、またはスズと、を有する酸化物層を形成する、フレキシブルデバイスの作製方法。

【請求項 7】

請求項 5 または 6 において、

前記レーザを用いて、前記作製基板側から、前記樹脂層及び前記酸化物層に光を照射する、フレキシブルデバイスの作製方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか一において、

前記レーザとして、線状レーザを用いる、フレキシブルデバイスの作製方法。

50

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項において、
粘度が 5 c P 以上 1 0 0 c P 未満の溶液を用いて、前記第 1 の層を形成する、フレキシブルデバイスの作製方法。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれか一項において、
スピンコータを用いて、前記第 1 の層を形成する、フレキシブルデバイスの作製方法。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれか一項において、
前記第 1 の層を第 1 の温度で加熱することで、前記樹脂層を形成し、
前記第 1 の温度よりも低い温度で、前記トランジスタを作製する、フレキシブルデバイスの作製方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、剥離方法及びフレキシブルデバイスの作製方法に関する。

【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。本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、発光装置、蓄電装置、記憶装置、電子機器、照明装置、入力装置（例えば、タッチセンサなど）、入出力装置（例えば、タッチパネルなど）、それらの駆動方法、またはそれらの製造方法を一例として挙げることができる。

20

【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装置全般を指す。トランジスタ、半導体回路、演算装置、記憶装置等は半導体装置の一態様である。また、撮像装置、電気光学装置、発電装置（薄膜太陽電池、有機薄膜太陽電池等を含む）、及び電子機器は半導体装置を有している場合がある。

【背景技術】

【0004】

有機 EL (Electro Luminescence) 素子や、液晶素子が適用された表示装置が知られている。そのほか、発光ダイオード (LED: Light Emitting Diode) 等の発光素子を備える発光装置、電気泳動方式などにより表示を行う電子ペーパーなども、表示装置の一例として挙げることができる。

30

【0005】

有機 EL 素子の基本的な構成は、一对の電極間に発光性の有機化合物を含む層を挟持したものである。この素子に電圧を印加することにより、発光性の有機化合物から発光を得ることができる。このような有機 EL 素子が適用された表示装置は、薄型、軽量、高コントラストで且つ低消費電力な表示装置を実現できる。

【0006】

また、可撓性を有する基板（フィルム）上に、トランジスタなどの半導体素子や、有機 EL 素子などの表示素子を形成することによりフレキシブルな表示装置が実現できる。

40

【0007】

特許文献 1 では、犠牲層を介して耐熱性樹脂層及び電子素子が設けられた支持基板にレーザ光を照射して、耐熱性樹脂層をガラス基板から剥離することで、フレキシブルな表示装置を作製する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献 1】特開 2 0 1 5 - 2 2 3 8 2 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0009】

本発明の一態様は、新規な剥離方法を提供することを課題の一つとする。本発明の一態様は、低コストで量産性の高い剥離方法を提供することを課題の一つとする。本発明の一態様は、大判基板を用いて剥離を行うことを課題の一つとする。

【0010】

本発明の一態様は、新規なフレキシブルデバイスの作製方法を提供することを課題の一つとする。本発明の一態様は、信頼性の高いフレキシブルデバイスの作製方法を提供することを課題の一つとする。本発明の一態様は、フレキシブルデバイスを低温で作製することを課題の一つとする。本発明の一態様は、作製工程が簡略化されたフレキシブルデバイスの作製方法を提供することを課題の一つとする。本発明の一態様は、低コストで量産性の高いフレキシブルデバイスの作製方法を提供することを課題の一つとする。本発明の一態様は、大判基板を用いてフレキシブルデバイスを作製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。本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。明細書、図面、請求項の記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一態様は、作製基板上に、感光性及び熱硬化性を有する材料を用いて、厚さ0.1 μm 以上3 μm 以下の第1の層を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて、第1の層に開口を形成することで、開口を有する樹脂層を形成し、樹脂層の開口と重なるようにシリコン層を形成し、樹脂層上に、金属酸化物を有するトランジスタを形成し、トランジスタのソースまたはドレインと同じ工程で形成される導電層を、シリコン層上に形成し、樹脂層及びシリコン層にレーザを用いて光を照射し、トランジスタ及び導電層と、作製基板とを分離する、フレキシブルデバイスの作製方法である。

20

【0013】

また、上記態様において、シリコン層として、光が照射されることで水素を放出する機能を有するシリコン層を形成してもよい。

【0014】

また、上記態様において、シリコン層として、水素化アモルファスシリコン層を形成してもよい。

30

【0015】

また、上記態様において、レーザを用いて、作製基板側から、樹脂層及びシリコン層に光を照射してもよい。

【0016】

また、本発明の一態様は、作製基板上に、感光性及び熱硬化性を有する材料を用いて、厚さ0.1 μm 以上3 μm 以下の第1の層を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて、第1の層に開口を形成することで、開口を有する樹脂層を形成し、樹脂層の開口と重なるように酸化物層を形成し、樹脂層上に、金属酸化物を有するトランジスタを形成し、トランジスタのソースまたはドレインと同じ工程で形成される導電層を、酸化物層上に形成し、樹脂層及び酸化物層にレーザを用いて光を照射し、トランジスタ及び導電層と、作製基板とを分離する、フレキシブルデバイスの作製方法である。

40

【0017】

また、上記態様において、酸化物層として、インジウムと、亜鉛と、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、またはスズと、を有する酸化物層を形成してもよい。

【0018】

また、上記態様において、レーザを用いて、作製基板側から、樹脂層及び酸化物層に光を照射してもよい。

【0019】

また、上記態様において、レーザとして、線状レーザを用いてもよい。

50

【0020】

また、上記態様において、粘度が5 c P以上100 c P未満の溶液を用いて、第1の層を形成してもよい。

【0021】

また、上記態様において、スピンコータを用いて、第1の層を形成してもよい。

【0022】

また、上記態様において、第1の層を第1の温度で加熱することで、樹脂層を形成し、第1の温度よりも低い温度で、トランジスタを作製してもよい。

【発明の効果】

【0023】

本発明の一態様により、新規な剥離方法を提供することができる。本発明の一態様により、低コストで量産性が高い剥離方法を提供することができる。本発明の一態様により、大判基板を用いて剥離を行うことができる。

10

【0024】

本発明の一態様により、新規なフレキシブルデバイスの作製方法を提供することができる。本発明の一態様により、信頼性の高いフレキシブルデバイスの作製方法を提供することができる。本発明の一態様により、フレキシブルデバイスを低温で作製することができる。本発明の一態様により、作製工程が簡略化されたフレキシブルデバイスの作製方法を提供することができる。本発明の一態様により、低コストで量産性が高いフレキシブルデバイスの作製方法を提供することができる。本発明の一態様により、大判基板を用いてフレキシブルデバイスを作製することができる。

20

【0025】

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。本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。明細書、図面、請求項の記載から、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】

【0026】

【図1】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図2】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図3】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

30

【図4】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図5】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図6】フレキシブルデバイスの一例を示す図。

【図7】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図8】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図9】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図10】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図11】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図12】フレキシブルデバイスの一例を示す図。

【図13】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

40

【図14】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図15】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図16】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図17】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図18】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図19】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図20】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図21】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。

【図22】フレキシブルデバイスの一例を示す図。

【図23】フレキシブルデバイスの一例を示す図。

50

【図 2 4】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。
【図 2 5】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。
【図 2 6】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。
【図 2 7】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。
【図 2 8】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。
【図 2 9】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。
【図 3 0】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。
【図 3 1】フレキシブルデバイスの一例を示す図。
【図 3 2】フレキシブルデバイスの一例を示す図。
【図 3 3】フレキシブルデバイスの一例を示す図。
【図 3 4】フレキシブルデバイスの一例を示す図。
【図 3 5】フレキシブルデバイスの作製方法の一例を示す図。
【図 3 6】電子機器の一例を示す図。
【図 3 7】実施例 1 の加工部材及び剥離後の部材を示す図。
【図 3 8】実施例 1 の結果を示す写真。
【図 3 9】実施例 1 の結果を示す写真。
【図 4 0】実施例 1 の結果を示す写真。

10

【発明を実施するための形態】

【0027】

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れず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本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。

20

【0028】

なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分又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。また、同様の機能を指す場合には、ハッチパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。

【0029】

また、図面において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解を容易にするため、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、図面に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

30

【0030】

なお、「膜」という言葉と、「層」という言葉とは、場合によっては、又は、状況に応じて、互いに入れ替えることが可能である。例えば、「導電層」という用語を、「導電膜」という用語に変更することが可能である。または、例えば、「絶縁膜」という用語を、「絶縁層」という用語に変更することが可能である。

【0031】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、本発明の一態様の剥離方法及びフレキシブルデバイス及びその作製方法について説明する。

40

【0032】

本発明の一態様は、作製基板上に、感光性及び熱硬化性を有する材料を用いて、厚さ 0.1 μm 以上 3 μm 以下の第 1 の層を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて、第 1 の層に開口を形成することで、開口を有する樹脂層を形成し、樹脂層の開口と重なるように第 2 の層を形成し、樹脂層上に、酸化物半導体を有するトランジスタを形成し、トランジスタのソースまたはドレインと同じ工程で形成される導電層を、第 2 の層上に形成し、樹脂層及び第 2 の層にレーザを用いて光を照射し、トランジスタ及び導電層と、作製基板と、を分離する、フレキシブルデバイスの作製方法である。なお、第 2 の層として、シリコン層または酸化物層とすることができる。

【0033】

50

本明細書等において、酸化物半導体を金属酸化物（metal oxide）と呼ぶ場合がある。

【0034】

本発明の一態様では、レーザを用いて第2の層に光を照射する。第2の層がシリコン層である場合、第2の層は、光を吸収して加熱されることで、水素を放出する。例えば、水素はガス状に放出される。ガス状の水素は、第2の層中または第2の層表面にバブル状の領域（または、脆弱領域もしくは空洞を有する領域）を形成することがある。

【0035】

第2の層に光を照射し、第2の層から水素を放出させることで、第2の層と当該第2の層と接する層との密着性が低下し、当該2つの層の界面で分離を生じさせることができる。または、第2の層から水素を放出させることで、第2の層自体が破断し、第2の層中で分離を生じさせることができる。

10

【0036】

また、第2の層が酸化物層である場合でも、レーザを用いて酸化物層に光を照射することにより、第2の層と当該第2の層と接する層との密着性が低下し、当該2つの層の界面で分離を生じさせることができる。または、第2の層自体が破断し、第2の層中で分離を生じさせることができる。

【0037】

本発明の一態様では、トランジスタのチャネル形成領域には、酸化物半導体を用いる。酸化物半導体を用いることで、低温ポリシリコン（LTPS（Low Temperature Poly-Silicon））を用いる場合よりも、プロセスの最高温度を低くすることができる。

20

【0038】

トランジスタのチャネル形成領域にLTPSを用いる場合、500℃から550℃程度の温度をかける必要があるため、樹脂層に耐熱性が求められる。また、レーザ結晶化の工程でのダメージを緩和するため、樹脂層の厚膜化が必要となる。

【0039】

一方、酸化物半導体を用いたトランジスタは、350℃以下、さらには300℃以下で形成することができる。そのため、樹脂層に高い耐熱性は求められない。したがって、樹脂層の耐熱温度を低くすることができ、材料の選択の幅が広がる。また、酸化物半導体を用いたトランジスタは、レーザ結晶化の工程が不要であるため、樹脂層の厚さを薄くすることができる。樹脂層に高耐熱性が要求されず、薄膜化できることで、デバイス作製の大幅なコストダウンが期待できる。また、LTPSを用いる場合に比べて、工程が簡略化でき好ましい。

30

【0040】

本発明の一態様では、樹脂層の耐熱温度以下の温度で、トランジスタ等を形成する。ここで、樹脂層の耐熱性は、例えば、加熱による重量減少率、具体的には5%重量減少温度（過熱後に樹脂層の重量が5%減少する場合の加熱温度）等で評価できる。樹脂層の5%重量減少温度は、450℃以下が好ましく、400℃以下がより好ましく、400℃未満がより好ましく、350℃未満がさらに好ましい。例えば、トランジスタは、350℃以下、さらには300℃以下の温度で作製する。

40

【0041】

本発明の一態様では、線状レーザを用いてレーザ光を照射する。LTPS等の製造ラインのレーザ装置を使用することができるため、これらの装置の有効利用が可能である。線状レーザは、矩形長尺状に集光（線状レーザビームに成形）して、樹脂層及び第2の層に光を照射する。これにより、トランジスタと作製基板とを分離することができるようになる。

【0042】

本発明の一態様では、感光性の材料を用いて樹脂層を作製する。感光性の材料を用いることで、所望の形状の樹脂層を容易に形成することができる。例えば、樹脂層に、開口を形

50

成することが容易である。

【0043】

例えば、樹脂層に開口を形成し、開口を覆うように第2の層および導電層を配置することで、導電層を作製基板から分離させて、一部が露出した電極（裏面電極、貫通電極ともいう）を形成することができる。当該電極は、外部接続端子として用いることもできる。

【0044】

本実施の形態では、樹脂層に形成された開口を介して、外部接続端子とフレキシブルプリント基板（FPC）等の回路基板とを電氣的に接続する例を示す。

【0045】

本発明の一態様の剥離方法を用いて、フレキシブルデバイスを作製することができる。以下では、図1乃至図14を用いて、本発明の一態様のフレキシブルデバイス及びその作製方法について、具体的に説明する。ここでは、フレキシブルデバイスとして、トランジスタ及び有機EL素子を有する表示装置（アクティブマトリクス型の有機EL表示装置ともいう）を作製する場合を例に挙げて説明する。当該表示装置は、基板に可撓性を有する材料を用いることで、折り曲げ可能な（Foldable）有機EL表示装置とすることができる。

10

【0046】

なお、表示装置を構成する薄膜（絶縁膜、半導体膜、導電膜等）は、スパッタリング法、化学気相堆積（CVD：Chemical Vapor Deposition）法、真空蒸着法、パルスレーザー堆積（PLD：Pulse Laser Deposition）法、原子層成膜（ALD：Atomic Layer Deposition）法等を用いて形成することができる。CVD法としては、プラズマ化学気相堆積（PECVD）法や、熱CVD法でもよい。熱CVD法の例として、有機金属化学気相堆積（MOCVD：Metal Organic CVD）法を使ってもよい。

20

【0047】

表示装置を構成する薄膜（絶縁膜、半導体膜、導電膜等）は、スピコート、ディップ、スプレー塗布、インクジェット、ディスペンス、スクリーン印刷、オフセット印刷、ドクターナイフ、スリットコート、ロールコート、カーテンコート、ナイフコート等の方法により形成することができる。

【0048】

表示装置を構成する薄膜を加工する際には、リソグラフィ法等を用いて加工することができる。または、遮蔽マスクを用いた成膜方法により、島状の薄膜を形成してもよい。または、ナノインプリント法、サンドブラスト法、リフトオフ法などにより薄膜を加工してもよい。フォトリソグラフィ法としては、加工したい薄膜上にレジストマスクを形成して、エッチング等により当該薄膜を加工し、レジストマスクを除去する方法と、感光性を有する薄膜を成膜した後に、露光、現像を行って、当該薄膜を所望の形状に加工する方法と、がある。

30

【0049】

リソグラフィ法において光を用いる場合、露光に用いる光は、例えばi線（波長365nm）、g線（波長436nm）、h線（波長405nm）、またはこれらを混合させた光を用いることができる。そのほか、紫外線やKrFレーザ光、またはArFレーザ光等を用いることもできる。また、液浸露光技術により露光を行ってもよい。また、露光に用いる光として、極端紫外光（EUV：Extreme Ultra-violet）やX線を用いてもよい。また、露光に用いる光に換えて、電子ビームを用いることもできる。極端紫外光、X線または電子ビームを用いると、極めて微細な加工が可能となるため好ましい。なお、電子ビームなどのビームを走査することにより露光を行う場合には、フォトマスクは不要である。

40

【0050】

薄膜のエッチングには、ドライエッチング法、ウェットエッチング法、サンドブラスト法などを用いることができる。

50

【0051】

[作製方法例1]

【0052】

まず、作製基板14上に、感光性及び熱硬化性を有する材料を用いて、第1の層24を形成する(図1(A))。

【0053】

具体的には、感光性及び熱硬化性を有する材料を、厚さ0.1 μ m以上3 μ m以下となるよう成膜する。

【0054】

本発明の一態様では、第1の層24として感光性を有する材料を用いるため、光を用いたリソグラフィ法により、一部を除去することができる。具体的には、材料を成膜した後に溶媒を除去するための熱処理(プリベーク処理ともいう)を行い、その後フォトマスクを用いて露光を行う。続いて、現像処理を施すことで、不要な部分を除去し、さらに加熱(ポストベーク処理ともいう)を行うことにより、開口を有する樹脂層23を形成することができる。図1(B)では、樹脂層23に作製基板14に達する開口を設ける例を示す。

10

【0055】

なお、上記加熱(ポストベーク処理)により、樹脂層23中の脱ガス成分(例えば、水素、水等)を低減することができる。特に、樹脂層23上に形成する各層の作製温度よりも高い温度で加熱することが好ましい。例えば、トランジスタの作製温度が350℃までである場合、樹脂層23となる膜を350℃より高く450℃以下で加熱することが好ましく、400℃以下がより好ましく、400℃未満がさらに好ましく、375℃未満がさらに好ましい。これにより、トランジスタの作製工程における、樹脂層23からの脱ガスを大幅に抑制することができる。

20

【0056】

第1の層24は、スピンコートを用いて形成することが好ましい。スピンコート法を用いることで、大判基板に薄い膜を均一に形成することができる。

【0057】

第1の層24は、粘度が5cP以上500cP未満、好ましくは5cP以上100cP未満、より好ましくは10cP以上50cP以下の溶液を用いて形成することが好ましい。溶液の粘度が低いほど、塗布が容易となる。また、溶液の粘度が低いほど、気泡の混入を抑制でき、良質な膜を形成できる。

30

【0058】

樹脂層23は、可撓性を有する。作製基板14は、樹脂層23よりも可撓性が低い。

【0059】

樹脂層23には、感光性のポリイミド樹脂(photo sensitive polyimide、PSP Iともいう)を有することが好ましい。

【0060】

そのほか、樹脂層23に用いることができる感光性及び熱硬化性を有する材料としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミドアミド樹脂、シロキサン樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂、フェノール樹脂等が挙げられる。

40

【0061】

樹脂層23の厚さは、0.01 μ m以上10 μ m未満であることが好ましく、0.1 μ m以上3 μ m以下であることがより好ましく、0.5 μ m以上1 μ m以下であることがさらに好ましい。低粘度の溶液を用いることで、樹脂層23を薄く形成することが容易となる。

【0062】

そのほか、樹脂層23の形成方法としては、ディップ、スプレー塗布、インクジェット、ディスペンス、スクリーン印刷、オフセット印刷、ドクターナイフ、スリットコート、ロールコート、カーテンコート、ナイフコート等が挙げられる。

【0063】

50

樹脂層 23 の熱膨張係数は、 $0.1 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以上 $20 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下であることが好ましく、 $0.1 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以上 $10 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下であることがより好ましい。樹脂層 23 の熱膨張係数が低いほど、加熱により、トランジスタ等が破損することを抑制できる。

【0064】

表示装置の表示面側に樹脂層 23 が位置する場合、樹脂層 23 は、可視光に対する透光性が高いことが好ましい。

【0065】

作製基板 14 は、搬送が容易となる程度に剛性を有し、かつ作製工程にかかる温度に対して耐熱性を有する。作製基板 14 に用いることができる材料としては、例えば、ガラス、石英、セラミック、サファイヤ、樹脂、半導体、金属または合金などが挙げられる。ガラスとしては、例えば、無アルカリガラス、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス等が挙げられる。

10

【0066】

続いて、第 2 の層 47 を形成する（図 1 (C)）。第 2 の層 47 は、シリコン膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該シリコン膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより形成できる。

【0067】

第 2 の層 47 としては、例えば加熱により水素が放出されるシリコン層を用いることができる。特に、水素化アモルファスシリコン（ $a\text{-Si:H}$ ）膜を用いることが好ましい。水素化アモルファスシリコン膜は、例えば SiH_4 を成膜ガスに含むプラズマ CVD 法により成膜することができる。また、第 2 の層 47 には、結晶性を有するシリコン層を用いてもよい。第 2 の層 47 に水素を多く含有させるため、第 2 の層 47 の形成後に水素を含む雰囲気下で加熱処理をしてもよい。

20

【0068】

例えば、ガリウムまたはヒ素等の不純物を成膜ガスに含むことで、成膜時に、第 2 の層 47 に不純物を含ませることができる。または、第 2 の層 47 の形成後に、当該不純物を添加することにより、第 2 の層 47 を低抵抗化することができる。不純物の添加には、例えば、イオンドーピング法又はイオン注入法を用いることができる。具体的には、リンまたはヒ素等を添加することで、 n 型化することができる。ホウ素、アルミニウム、またはガリウム等を添加することで、 p 型化することができる。また、第 2 の層 47 は、導電性が高いことが好ましい。

30

【0069】

なお、第 2 の層がシリコン層である場合、以降で説明する、レーザ光を照射する前に行われる各工程は、第 2 の層 47 から水素が放出されにくい温度で行われることが好ましい。これにより、レーザ光を照射する前に第 2 の層 47 が剥離される等の不具合を防止し、歩留まりの低下を抑制できる。

【0070】

また、第 2 の層 47 として、酸化物絶縁層、酸化物導電層（不純物準位を有する酸化物半導体層を含む）、及び酸化物半導体層などの酸化物層を用いることができる。特に、酸化物半導体層及び酸化物導電層は、酸化シリコン層等の酸化物絶縁層に比べてバンドギャップが狭く、光を吸収しやすいため好ましい。さらに、第 2 の層 47 を酸化物導電層とすれば、第 2 の層 47 を、外部接続端子として用いることができる電極として機能させることができるため好ましい。酸化物導電層は、酸化物半導体層を低抵抗化させることにより形成することができる。

40

【0071】

酸化物半導体は、膜中の酸素欠損、及び膜中の水素、水等の不純物濃度のうち少なくとも一方によって、抵抗を制御することができる半導体材料である。そのため、酸化物半導体層へ酸素欠損及び不純物濃度の少なくとも一方が増加する処理、または酸素欠損及び不純物濃度の少なくとも一方が低減する処理を選択することによって、酸化物半導体層の有する抵抗率を制御することができる。

50

【0072】

具体的には、プラズマ処理を用いて、酸化物半導体層の抵抗率を制御することができる。例えば、希ガス（He、Ne、Ar、Kr、Xe）、水素、ボロン、リン、及び窒素の中から選ばれた一種以上を含むガスを用いて行うプラズマ処理を適用できる。プラズマ処理は、例えば、Ar雰囲気下、Arと窒素の混合ガス雰囲気下、Arと水素の混合ガス雰囲気下、アンモニア雰囲気下、Arとアンモニアの混合ガス雰囲気下、または窒素雰囲気下等で行うことができる。これにより、酸化物半導体層のキャリア密度を高め、抵抗率を低くすることができる。

【0073】

または、イオン注入法、イオンドーピング法、もしくはプラズマイメージョンイオンインプランテーション法などを用いて、水素、ボロン、リン、または窒素を酸化物半導体層に注入して、酸化物半導体層の抵抗率を低くすることができる。

10

【0074】

または、水素及び窒素のうち少なくとも一方を含む膜を酸化物半導体層に接して形成し、当該膜から酸化物半導体層に水素及び窒素のうち少なくとも一方を拡散させる方法を用いることができる。これにより、酸化物半導体層のキャリア密度を高め、抵抗率を低くすることができる。

【0075】

フレキシブルデバイスの作製工程で加熱処理を行う場合、酸化物半導体層が加熱されることで、酸化物半導体層から酸素が放出され、酸素欠損が増えることがある。これにより、酸化物半導体層の抵抗率を低くすることができる。

20

【0076】

また、作製基板から酸化物半導体層を剥離するために、酸化物半導体層にレーザを照射することで、酸化物半導体層から酸素が放出され、酸素欠損が増えることがある。これにより、酸化物半導体層の抵抗率を低くすることができる。

【0077】

なお、このように、酸化物半導体層を用いて形成された酸化物導電層は、キャリア密度が高く低抵抗な酸化物半導体層、導電性を有する酸化物半導体層、または導電性の高い酸化物半導体層ということもできる。

【0078】

第2の層47には、例えば、In-M-Zn系酸化物層（Mは、Al、Ga、Y、またはSn）を適用することができる。特に、In-Ga-Zn系酸化物層を用いることが好ましい。

30

【0079】

または、酸化インジウム、インジウム錫酸化物（ITO）、タングステンを含むインジウム酸化物、タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、チタンを含むインジウム酸化物、チタンを含むITO、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛（ZnO）、ガリウムを添加したZnO、またはシリコンを含むITO等の酸化物導電層を用いてもよい。

【0080】

第2の層47の厚さは、例えば、1nm以上200nm以下であることが好ましく、5nm以上100nm以下であることがより好ましい。

40

【0081】

次に、樹脂層23上に、絶縁層31を形成する（図1（D））。

【0082】

絶縁層31は、樹脂層23の耐熱温度以下の温度で形成する。また、前述のポストバーク処理における加熱温度より低い温度で形成することが好ましい。

【0083】

絶縁層31は、樹脂層23に含まれる不純物が、後に形成するトランジスタや表示素子に拡散することを防ぐバリア層として用いることができる。例えば、絶縁層31は、樹脂層23を加熱した際に、樹脂層23に含まれる水分等がトランジスタや表示素子に拡散する

50

ことを防ぐ機能を有することが好ましい。そのため、絶縁層 31 は、バリア性が高いことが好ましい。

【0084】

絶縁層 31 としては、例えば、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、窒化アルミニウム膜などの無機絶縁膜を用いることができる。また、酸化ハフニウム膜、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化ガリウム膜、酸化タンタル膜、酸化マグネシウム膜、酸化ランタン膜、酸化セリウム膜、及び酸化ネオジム膜等を用いてもよい。また、上述の絶縁膜を 2 以上積層して用いてもよい。特に、樹脂層 23 上に窒化シリコン膜を形成し、窒化シリコン膜上に酸化シリコン膜を形成することが好ましい。

10

【0085】

絶縁層 31 に無機絶縁膜を用いる場合、形成時の温度は、室温（25℃）以上 350℃以下が好ましく、100℃以上 300℃以下がさらに好ましい。

【0086】

樹脂層 23 の表面に凹凸がある場合、絶縁層 31 は当該凹凸を被覆することが好ましい。絶縁層 31 は、当該凹凸を平坦化する平坦化層としての機能を有していてもよい。例えば、絶縁層 31 として、有機絶縁材料と無機絶縁材料を積層して用いることが好ましい。有機絶縁材料としては、樹脂層 23 に用いることができる樹脂が挙げられる。

【0087】

絶縁層 31 に有機絶縁膜を用いる場合、形成時の温度は、室温以上 350℃以下が好ましく、室温以上 300℃以下がさらに好ましい。

20

【0088】

次に、絶縁層 31 上に、トランジスタ 40 を形成する（図 1（D）および図 2（A）、（B））。

【0089】

表示装置が有するトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、プレーナ型のトランジスタとしてもよいし、スタガ型のトランジスタとしてもよいし、逆スタガ型のトランジスタとしてもよい。また、トップゲート構造またはボトムゲート構造のいずれのトランジスタ構造としてもよい。または、チャネルの上下にゲート電極が設けられていてもよい。

【0090】

ここではトランジスタ 40 として、酸化物半導体層 44 を有する、ボトムゲート構造のトランジスタを作製する場合を示す。

30

【0091】

本発明の一態様において、トランジスタの半導体には、酸化物半導体を用いる。シリコンよりもバンドギャップが広く、且つキャリア密度の小さい半導体材料を用いると、トランジスタのオフ状態における電流を低減できるため好ましい。

【0092】

トランジスタ 40 は、樹脂層 23 の耐熱温度以下の温度で形成する。また、前述のポストバーク処理における加熱温度より低い温度で形成することが好ましい。

【0093】

具体的には、まず、絶縁層 31 上に導電層 41 を形成する（図 1（D））。導電層 41 は、導電膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することで形成できる。

40

【0094】

導電膜の形成時の温度は、室温以上 350℃以下が好ましく、室温以上 300℃以下がさらに好ましい。

【0095】

表示装置が有する導電層には、それぞれ、アルミニウム、チタン、クロム、ニッケル、銅、イットリウム、ジルコニウム、モリブデン、銀、タンタル、もしくはタングステン等の金属、またはこれを主成分とする合金を単層構造または積層構造として用いることができ

50

る。または、酸化インジウム、ITO、タングステンを含むインジウム酸化物、タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、チタンを含むインジウム酸化物、チタンを含むITO、インジウム亜鉛酸化物、ZnO、ガリウムを添加したZnO、またはシリコンを含むインジウム錫酸化物等の透光性を有する導電性材料を用いてもよい。また、不純物元素を含有させる等して低抵抗化させた、多結晶シリコンもしくは酸化物半導体等の半導体、またはニッケルシリサイド等のシリサイドを用いてもよい。また、グラフェンを含む膜を用いることもできる。グラフェンを含む膜は、例えば膜状に形成された酸化グラフェンを含む膜を還元して形成することができる。また、不純物元素を含有させた酸化物半導体等の半導体を用いてもよい。または、銀、カーボン、もしくは銅等の導電性ペースト、またはポリチオフェン等の導電性ポリマーを用いて形成してもよい。導電性ペーストは、安価であり、好ましい。導電性ポリマーは、塗布しやすく、好ましい。

10

【0096】

続いて、絶縁層32を形成する(図1(D))。絶縁層32は、絶縁層31に用いることのできる無機絶縁膜を援用できる。

【0097】

続いて、絶縁層31及び絶縁層32の、樹脂層23の開口と重なる部分に、それぞれ開口を設ける(図2(A))。ここでは、絶縁層31及び絶縁層32に、一括で開口を形成する例を示す。絶縁層31及び絶縁層32には、それぞれ別の工程で、開口を形成してもよい。例えば、導電層41を形成する前に、絶縁層31に開口を形成してもよい。開口を設けることで、絶縁層31及び絶縁層32に覆われていた第2の層47が露出する。

20

【0098】

続いて、酸化物半導体層44を形成する(図2(B))。酸化物半導体層44は、酸化物半導体膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該酸化物半導体膜をエッチングした後、レジストマスクを除去することで形成できる。

【0099】

酸化物半導体膜の成膜時の基板温度は、350℃以下が好ましく、室温以上200℃以下がより好ましく、室温以上130℃以下がさらに好ましい。

【0100】

また、酸化物半導体膜は、不活性ガス及び酸素ガスのいずれか一方を用いて成膜すればよい。なお、酸化物半導体膜の成膜時における酸素の流量比(酸素分圧)に、特に限定はない。ただし、電界効果移動度が高いトランジスタを得る場合においては、酸化物半導体膜の成膜時における酸素の流量比(酸素分圧)は、0%以上30%以下が好ましく、5%以上30%以下がより好ましく、7%以上15%以下がさらに好ましい。

30

【0101】

酸化物半導体膜は、例えば少なくともインジウム、亜鉛及びM(アルミニウム、チタン、ガリウム、ゲルマニウム、イットリウム、ジルコニウム、ランタン、セリウム、スズ、ネオジムまたはハフニウム等の金属)を含むIn-M-Zn系酸化物で表記される膜を含むことが好ましい。また、該酸化物半導体を用いたトランジスタの電気特性のばらつきを減らすため、それらと共に、スタビライザーを含むことが好ましい。

【0102】

スタビライザーとしては、上記Mで記載の金属のほかに、ランタノイドである、ランタン、セリウム、プラセオジム、ネオジム、サマリウム、ユウロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム等が挙げられる。

40

【0103】

酸化物半導体として、例えば、In-Ga-Zn系酸化物、In-Al-Zn系酸化物、In-Sn-Zn系酸化物、In-Hf-Zn系酸化物、In-La-Zn系酸化物、In-Ce-Zn系酸化物、In-Pr-Zn系酸化物、In-Nd-Zn系酸化物、In-Sm-Zn系酸化物、In-Eu-Zn系酸化物、In-Gd-Zn系酸化物、In-Tb-Zn系酸化物、In-Dy-Zn系酸化物、In-Ho-Zn系酸化物、In-E

50

r-Zn系酸化物、In-Tm-Zn系酸化物、In-Yb-Zn系酸化物、In-Lu-Zn系酸化物、In-Sn-Ga-Zn系酸化物、In-Hf-Ga-Zn系酸化物、In-Al-Ga-Zn系酸化物、In-Sn-Al-Zn系酸化物、In-Sn-Hf-Zn系酸化物、In-Hf-Al-Zn系酸化物を用いることができる。

【0104】

なお、ここで、In-Ga-Zn系酸化物とは、InとGaとZnを主成分として有する酸化物という意味であり、InとGaとZnの比率は問わない。また、InとGaとZn以外の金属元素が入っていてもよい。

【0105】

また、半導体層と導電層は、上記酸化物のうち同一の金属元素を有していてもよい。半導体層と導電層を同一の金属元素とすることで、製造コストを低減させることができる。例えば、同一の金属組成の金属酸化物ターゲットを用いることで、製造コストを低減させることができる。また半導体層と導電層を加工する際のエッチングガスまたはエッチング液を共通して用いることができる。ただし、半導体層と導電層は、同一の金属元素を有していても、組成が異なる場合がある。例えば、トランジスタ及び容量素子の作製工程中に、膜中の金属元素が脱離し、異なる金属組成となる場合がある。

【0106】

酸化物半導体は、エネルギーギャップが2 eV以上、好ましくは2.5 eV以上、より好ましくは3 eV以上であることが好ましい。このように、エネルギーギャップの広い酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

【0107】

酸化物半導体がIn-M-Zn系酸化物の場合、In-M-Zn系酸化物を成膜するために用いるスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比は、 $In \geq M$ 、 $Zn \geq M$ を満たすことが好ましい。このようなスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比として、 $In:M:Zn=1:1:1$ 、 $In:M:Zn=1:1:1.2$ 、 $In:M:Zn=3:1:2$ 、 $In:M:Zn=4:2:3$ 、 $In:M:Zn=4:2:4.1$ 、 $In:M:Zn=5:1:6$ 、 $In:M:Zn=5:1:7$ 、 $In:M:Zn=5:1:8$ 等が好ましい。なお、成膜される半導体層の原子数比はそれぞれ、上記のスパッタリングターゲットに含まれる金属元素の原子数比のプラスマイナス40%の変動を含む。

【0108】

酸化物半導体膜は、スパッタリング法により形成することができる。そのほか、例えばパルスレーザー堆積(PLD)法、プラズマ化学気相堆積(PECVD)法、熱CVD(Chemical Vapor Deposition)法、ALD(Atomic Layer Deposition)法、真空蒸着法などを用いてもよい。熱CVD法の例としては、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法が挙げられる。

【0109】

続いて、導電層43a、導電層43b、及び導電層43cを形成する(図2(B))。導電層43a、導電層43b、及び導電層43cは、導電膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより形成できる。導電層43a及び導電層43bは、それぞれ、酸化物半導体層44と接続される。導電層43cは、樹脂層23、絶縁層31、及び絶縁層32にそれぞれ設けられた開口を介して第2の層47と接続される。

【0110】

なお、導電層43a及び導電層43bの加工の際に、レジストマスクに覆われていない酸化物半導体層44の一部がエッチングにより薄膜化する場合がある。

【0111】

導電膜の形成時の温度は、室温以上350℃以下が好ましく、室温以上300℃以下がさらに好ましい。

【0112】

以上のようにして、トランジスタ40を作製できる(図2(B))。トランジスタ40において、導電層41の一部はゲートとして機能し、絶縁層32の一部はゲート絶縁層として機能し、導電層43a及び導電層43bは、それぞれソースまたはドレインのいずれか一方として機能する。

【0113】

なお、導電層43cを導電層43a及び導電層43bと同時に形成する場合を示したが、導電層43cは導電層43a及び導電層43bと同時に形成しなくてもよい。例えば、導電層41と同時に形成してもよい。この場合、絶縁層31を形成した後、樹脂層23の開口と重なる部分の絶縁層31に開口を設ける。次に、導電膜を成膜する。その後、レジストマスクを形成し、当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより導電層41及び導電層43cを形成する。

10

【0114】

次に、トランジスタ40を覆う絶縁層33を形成する(図2(C))。絶縁層33は、絶縁層31と同様の方法により形成することができる。

【0115】

また、絶縁層33として、酸素を含む雰囲気下で上述のような低温で成膜した酸化シリコン膜や酸化窒化シリコン膜等の酸化物絶縁膜を用いることが好ましい。さらに、当該酸化シリコン膜や酸化窒化シリコン膜上に窒化シリコン膜などの酸素を拡散、透過しにくい絶縁膜を積層することが好ましい。酸素を含む雰囲気下で、低温で形成した酸化物絶縁膜は、加熱により多くの酸素を放出しやすい絶縁膜とすることができる。このような酸素を放出する酸化絶縁膜と、酸素を拡散、透過しにくい絶縁膜を積層した状態で、加熱処理を行うことにより、酸化物半導体層44に酸素を供給することができる。その結果、酸化物半導体層44中の酸素欠損、及び酸化物半導体層44と絶縁層33の界面の欠陥を修復し、欠陥準位を低減することができる。これにより、極めて信頼性の高いフレキシブルデバイスを実現できる。

20

【0116】

以上の工程により、樹脂層23上に絶縁層31、トランジスタ40、及び絶縁層33を形成することができる(図2(C))。

【0117】

この段階において、後述する方法を用いて作製基板14とトランジスタ40とを分離することで、表示素子を有さないフレキシブルデバイスを作製することができる。例えば、トランジスタ40や、トランジスタ40に加えて容量素子、抵抗素子、及び配線などを形成することで、半導体回路を有するフレキシブルデバイスを作製することができる。

30

【0118】

次に、絶縁層33上に絶縁層34を形成する(図2(C))。絶縁層34は、後に形成する表示素子の被形成面を有する層であるため、平坦化層として機能することが好ましい。絶縁層34は、絶縁層31に用いることのできる有機絶縁膜または無機絶縁膜を援用できる。

【0119】

絶縁層34は、樹脂層23の耐熱温度以下の温度で形成する。また、前述のポストバーク処理における加熱温度より低い温度で形成することが好ましい。

40

【0120】

絶縁層34に有機絶縁膜を用いる場合、形成時の温度は、室温以上350℃以下が好ましく、室温以上300℃以下がさらに好ましい。

【0121】

絶縁層34に無機絶縁膜を用いる場合、形成時の温度は、室温以上350℃以下が好ましく、100℃以上300℃以下がさらに好ましい。

【0122】

次に、絶縁層34及び絶縁層33に、導電層43b等に達する開口を形成する。

【0123】

50

その後、導電層 6 1 を形成する（図 3（A））。導電層 6 1 は、その一部が表示素子 6 0 の画素電極として機能する。導電層 6 1 は、導電膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより形成できる。

【0124】

導電層 6 1 は、樹脂層 2 3 の耐熱温度以下の温度で形成する。また、前述のポストバーク処理における加熱温度より低い温度で形成することが好ましい。

【0125】

導電膜の形成時の温度は、室温以上 350℃以下が好ましく、室温以上 300℃以下がさらに好ましい。

【0126】

次に、導電層 6 1 の端部を覆う絶縁層 3 5 を形成する（図 3（A））。絶縁層 3 5 は、絶縁層 3 1 に用いることのできる有機絶縁膜または無機絶縁膜を援用できる。

【0127】

絶縁層 3 5 は、樹脂層 2 3 の耐熱温度以下の温度で形成する。また、前述のポストバーク処理における加熱温度より低い温度で形成することが好ましい。

【0128】

絶縁層 3 5 に有機絶縁膜を用いる場合、形成時の温度は、室温以上 350℃以下が好ましく、室温以上 300℃以下がさらに好ましい。

【0129】

絶縁層 3 5 に無機絶縁膜を用いる場合、形成時の温度は、室温以上 350℃以下が好ましく、100℃以上 300℃以下がさらに好ましい。

【0130】

次に、EL層 6 2 及び導電層 6 3 を形成する（図 3（B））。導電層 6 3 は、その一部が表示素子 6 0 の共通電極として機能する。

【0131】

EL層 6 2 は、蒸着法、塗布法、印刷法、吐出法などの方法で形成することができる。EL層 6 2 を画素毎に作り分ける場合、メタルマスクなどのシャドウマスクを用いた蒸着法、またはインクジェット法等により形成することができる。EL層 6 2 を画素毎に作り分けない場合には、メタルマスクを用いない蒸着法を用いることができる。

【0132】

EL層 6 2 には、低分子系化合物及び高分子系化合物のいずれを用いることもでき、無機化合物を含んでいてもよい。

【0133】

導電層 6 3 は、蒸着法やスパッタリング法等を用いて形成することができる。

【0134】

EL層 6 2 及び導電層 6 3 は、それぞれ、樹脂層 2 3 の耐熱温度以下の温度で形成する。また、前述のポストバーク処理における加熱温度より低い温度で形成することが好ましい。

【0135】

具体的には、EL層 6 2 及び導電層 6 3 の形成時の温度は、それぞれ、室温以上 350℃以下で形成することが好ましく、100℃以上 300℃以下で形成することがさらに好ましい。

【0136】

以上のようにして、表示素子 6 0 を形成することができる。表示素子 6 0 は、一部が画素電極として機能する導電層 6 1、EL層 6 2、及び一部が共通電極として機能する導電層 6 3 が積層された構成を有する。

【0137】

ここでは、表示素子 6 0 として、トップエミッション型の発光素子を作製する例を示したが、本発明の一態様はこれに限られない。

【0138】

10

20

30

40

50

発光素子は、トップエミッション型、ボトムエミッション型、デュアルエミッション型のいずれであってもよい。光を取り出す側の電極には、可視光を透過する導電膜を用いる。また、光を取り出さない側の電極には、可視光を反射する導電膜を用いることが好ましい。

【0139】

次に、導電層63を覆って絶縁層74を形成する(図3(C))。絶縁層74は、表示素子60に水などの不純物が拡散することを抑制する保護層として機能する。表示素子60は、絶縁層74によって封止される。

【0140】

絶縁層74は、樹脂層23の耐熱温度以下の温度かつ表示素子60の耐熱温度以下の温度で形成する。また、前述のポストバーク処理における加熱温度より低い温度で形成することが好ましい。

10

【0141】

絶縁層74は、例えば、上述した絶縁層31に用いることのできるバリア性の高い無機絶縁膜が含まれる構成とすることが好ましい。また、無機絶縁膜と有機絶縁膜を積層して用いてもよい。

【0142】

次に、絶縁層74上に保護層75を形成する(図4(A))。保護層75は、表示装置10の最表面に位置する層として用いることができる。保護層75は、可視光に対する透過性が高いことが好ましい。

20

【0143】

保護層75として、上述した絶縁層31に用いることのできる有機絶縁膜を用いると、表示装置の表面に傷がつくことや、クラックが生じてしまうことを抑制できるため好ましい。また、保護層75は、表面を傷などから保護するハードコート層(例えば、窒化シリコン層など)や、押圧を分散可能な材質の層(例えば、アラミド樹脂層など)等と積層されて構成されていてもよい。

【0144】

図4(B)には、接着層75bを用いて絶縁層74上に基板75aを貼り合わせた例を示す。基板75aとしては、樹脂等が挙げられる。基板75aは、可撓性を有することが好ましい。

30

【0145】

接着層75bには、紫外線硬化型等の光硬化型接着剤、反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、嫌気型接着剤等の各種硬化型接着剤を用いることができる。また、接着シート等を用いてもよい。

【0146】

基板75aには、例えば、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)等のポリエステル樹脂、ポリアクリロニトリル樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂、ポリカーボネート(PC)樹脂、ポリエーテルスルホン(PES)樹脂、ポリアミド樹脂(ナイロン、アラミド等)、ポリシロキサン樹脂、シクロオレフィン樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、ポリ塩化ビニリデン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)樹脂、ABS樹脂、セルロースナノファイバー等を用いることができる。

40

【0147】

次に、作製基板14を介して樹脂層23及び第2の層47にレーザ光65を照射する(図4(C))。レーザ光65は、例えば、図4(C)においては、左側から右側に走査される線状レーザビームで、その長軸は、その走査方向及びその入射方向(下から上)に垂直である。

【0148】

レーザ光65の照射により、第2の層47が加熱され、第2の層47がシリコン層である

50

場合は第2の層47から水素が放出される。また、第2の層47が酸化物層である場合は第2の層47から酸素が放出されることがある。このとき放出される水素または酸素は、ガス状となって放出される。放出されたガスは第2の層47と導電層43cの界面近傍、または第2の層47と作製基板14の界面近傍に留まり、これらを分離する力が生じる。その結果、第2の層47と導電層43cの密着性、または第2の層47と作製基板14の密着性が低下し、作製基板14を容易に剥離可能な状態とすることができる。

【0149】

また、レーザ光65の照射により、樹脂層23に含まれる分子の化学結合が切断される。例えば、樹脂層23がポリイミド樹脂を有する場合、当該ポリイミドの化学結合が切断される。これにより、作製基板14を容易に剥離可能な状態とすることができる。

10

【0150】

また、第2の層47から放出される水素または酸素の一部が、第2の層47中に留まる場合もある。そのため、第2の層47が脆化し、第2の層47の内部で分離しやすい状態となる場合がある。

【0151】

レーザ光65としては、少なくともその一部が作製基板14を透過し、かつ樹脂層23及び第2の層47に吸収される波長の光を選択して用いる。レーザ光65は、可視光線から紫外線の波長領域の光であることが好ましい。例えば波長が200nm以上400nm以下の光、好ましくは波長が250nm以上350nm以下の光を用いることができる。特に、波長308nmのエキシマレーザを用いると、生産性に優れるため好ましい。エキシマレーザは、LTPSにおけるレーザ結晶化にも用いるため、既存のLTPS製造ラインの装置を流用することができ、新たな設備投資を必要としないため好ましい。また、Nd:YAGレーザの第三高調波である波長355nmのUVレーザなどの固体UVレーザ（半導体UVレーザともいう）を用いてもよい。固体レーザはガスを用いないため、エキシマレーザに比べて、ランニングコストを約1/3にでき、好ましい。また、ピコ秒レーザ等のパルスレーザを用いてもよい。

20

【0152】

レーザ光65として、線状のレーザ光を用いる場合には、作製基板14と光源とを相対的に移動させることでレーザ光65を走査し、剥離したい領域に亘ってレーザ光65を照射する。

30

【0153】

なお、樹脂層23がレーザ光65を一部吸収することにより、レーザ光65がトランジスタ等の素子に照射され、素子の特性に影響を及ぼすことを抑制できる。

【0154】

次に、作製基板14とトランジスタ40とを分離する（図5（A）、（B）または（C））。

【0155】

図5（A）では、第2の層47と導電層43cとの界面及び樹脂層23中で分離が生じる例を示す。作製基板14上には第2の層の一部（第2の層47a）及び樹脂層の一部（樹脂層23a）が残存する。導電層43cの表面が露出し、導電層43c側に残存する樹脂層23は図4（C）に比べて薄膜化されている。

40

【0156】

図5（B）では、第2の層47中および樹脂層23中で分離が生じる例を示す。作製基板14上には第2の層の一部（第2の層47a）及び樹脂層の一部（樹脂層23a）が残存する。導電層43cの表面は露出せず、導電層43c側に残存する第2の層47及び樹脂層23は図4（C）に比べて薄膜化されている。

【0157】

図5（C）では、第2の層47と作製基板14との界面及び樹脂層23と作製基板14との界面で分離が生じる例を示す。作製基板14上には第2の層は残存しない。また、導電層43cの表面は露出しない。なお、図5（C）では作製基板14上に樹脂層23は残存

50

していないが、作製基板 1 4 上に樹脂層の一部が残存する場合がある。

【0158】

作製基板 1 4 側に残存した樹脂層 2 3 a 及び第 2 の層 4 7 a を除去することで、作製基板 1 4 は再利用が可能である。

【0159】

例えば、樹脂層 2 3 及び第 2 の層 4 7 に垂直方向に引っ張る力をかけることにより、作製基板 1 4 を剥離することができる。具体的には、保護層 7 5 の上面の一部を吸着し、上方に引っ張ることにより、作製基板 1 4 を分離することができる。

【0160】

作製基板 1 4 と絶縁層 3 1 との間に、刃物などの鋭利な形状の器具を差し込むことで分離の起点を形成することが好ましい。

【0161】

作製基板 1 4 とトランジスタ 4 0 とを分離することにより、表示装置 1 0 を作製することができる（図 6（A））。表示装置 1 0 は、曲がった状態に保持することや、繰り返し曲げることなどが可能である。

【0162】

図 6（A）に示すように、分離により露出した樹脂層 2 3 の表面に、接着層 2 8 を用いて基板 2 9 を貼り合わせてもよい。なお、基板 2 9 及び接着層 2 8 は、導電層 4 3 c と重ならないように配置する。基板 2 9 は、フレキシブルデバイスの支持基板として機能することができる。図 6（A）は、樹脂層 2 3 と基板 2 9 が接着層 2 8 によって貼り合わされている例である。

【0163】

基板 2 9 には、基板 7 5 a に用いることができる材料を適用することができる。

【0164】

そして、接続体 7 6 を介して、導電層 4 3 c と F P C 7 7 を電氣的に接続する。図 6（A）は、導電層 4 3 c を露出させて導電層 4 3 c と F P C 7 7 を電氣的に接続させた場合を示す。

【0165】

接続体 7 6 としては、様々な異方性導電フィルム（A C F : A n i s o t r o p i c C o n d u c t i v e F i l m）及び異方性導電ペースト（A C P : A n i s o t r o p i c C o n d u c t i v e P a s t e）等を用いることができる。

【0166】

本実施の形態では、トップエミッション型の発光素子を用いる例を示した。保護層 7 5 側は表示面側であるため、保護層 7 5 側から導電層 4 3 c または第 2 の層 4 7 を露出し、F P C 7 7 と電氣的に接続する場合は、表示領域と F P C 7 7 を重ねることができず、F P C 7 7 を表示装置と重ねる領域に制限がある。一方、本発明の一態様では、樹脂層 2 3 に感光性の材料を用いることで、表示面とは反対側の面から導電層 4 3 c または第 2 の層 4 7 を露出することができる。そのため、樹脂層 2 3 に設けた開口を介して、導電層 4 3 c と F P C 7 7 とを電氣的に接続することができる。このような構成とすることで、F P C 7 7 を、表示面とは反対側に配置することができる。そのため、表示装置を電子機器に組み込む際に、F P C 7 7 を折り曲げるためのスペースを省くことができ、より小型化した電子機器を実現できる。

【0167】

以上の工程により、トランジスタに酸化物半導体が適用され、E L 素子に塗り分け方式が適用された表示装置を作製することができる（図 6（A））。

【0168】

導電層 4 3 c が露出していない場合、図 6（B）に示すように、第 2 の層 4 7 が接続体 7 6 と接する構成となる。この場合、導電層 4 3 c と F P C 7 7 は、接続体 7 6 及び第 2 の層 4 7 を介して電氣的に接続される。図 6（B）に示す構成では、第 2 の層 4 7 として低抵抗化したシリコン層または酸化物層を用いることが好ましい。

【0169】

[作製方法例2]

まず、作製方法例1と同様に、作製基板14上に、作製基板14に達する開口を有する樹脂層23を形成する(図7(A)、(B))。

【0170】

次に、樹脂層23上に、絶縁層31を形成する(図7(C))。その後、絶縁層31上に、トランジスタ40を形成する(図7(C)、(D)及び図8(A)、(B))。

【0171】

具体的には、まず、絶縁層31上に導電層41を形成する(図7(C))。次に、絶縁層32を形成する(図7(C))。

10

【0172】

続いて、絶縁層31及び絶縁層32の、樹脂層23の開口と重なる部分に、それぞれ開口を設ける(図7(D))。ここでは、絶縁層31及び絶縁層32に、一括で開口を形成する例を示す。絶縁層31及び絶縁層32には、それぞれ別の工程で、開口を形成してもよい。例えば、導電層41を形成する前に、絶縁層31に開口を形成してもよい。開口を設けることで、作製基板14が露出する。

【0173】

続いて、第2の層47を形成する。また、酸化物半導体層44を形成する(図8(A))。なお、第2の層47及び酸化物半導体層44は同時に形成してもよい。絶縁層31及び絶縁層32に開口を形成した後、酸化物半導体膜を成膜する。そして、レジストマスクを形成し、当該酸化物半導体膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することで第2の層47及び酸化物半導体層44を同時に形成できる。この場合、第2の層47は酸化物層となり、第2の層47の組成及び厚さは、酸化物半導体層44の組成及び厚さと同様となる。なお、第2の層47及び酸化物半導体層44の形成後に、例えば第2の層47にのみ水素、ボロン、リン、または窒素を注入してもよい。これにより、トランジスタ40がノーモリーオンとなることを防ぎつつ、第2の層47の抵抗率を低くすることができる。

20

【0174】

第2の層47及び酸化物半導体層44を同時に形成することで、本発明の一態様のフレキシブルデバイスの作製工程を簡略化することができる。一方、第2の層47及び酸化物半導体層44をそれぞれ別の工程で形成する場合、第2の層47の組成及び厚さを酸化物半導体層44の組成及び厚さと異ならせることができる。また、第2の層47及び酸化物半導体層44をそれぞれ別の工程で形成する場合、第2の層47を例えばシリコン層とすることができる。

30

【0175】

続いて、導電層43a、導電層43b、及び導電層43cを形成する(図8(B))。導電層43a及び導電層43bは、それぞれ、酸化物半導体層44と接続される。導電層43cは、樹脂層23、絶縁層31、及び絶縁層32にそれぞれ設けられた開口を介して第2の層47と接続される。以上のようにして、トランジスタ40を作製できる(図8(B))。

【0176】

図8(C)、図9乃至図12に示す手順は、図2(C)、図3乃至図6に示す手順と同様である。

40

【0177】

[作製方法例3]

まず、作製方法例1と同様に、作製基板14上に、樹脂層23から絶縁層35までを順に形成する。(図13(A))。

【0178】

次に、図13(B)に示すように、保護層71を形成する。

【0179】

保護層71は、剥離工程において、絶縁層35や導電層61の表面を保護する機能を有す

50

る。保護層 7 1 には、容易に除去することのできる材料を用いることができる。

【0180】

除去可能な保護層 7 1 としては、例えば水溶性樹脂をその例に挙げることができる。塗布した水溶性樹脂は表面の凹凸を被覆し、その表面の保護を容易にする。また、除去可能な保護層 7 1 として、光または熱により剥離可能な粘着剤を水溶性樹脂に積層したものをを用いてもよい。

【0181】

除去可能な保護層 7 1 として、通常の状態ではその接着力が強く、熱を加えるまたは光を照射することによりその接着力が弱くなる性質を有する基材を用いてもよい。例えば、加熱することにより接着力が弱くなる熱剥離テープや、紫外光を照射することにより接着力が弱くなる UV 剥離テープ等を用いてもよい。また、通常の状態では接着力が弱い弱粘性テープ等を用いることができる。

【0182】

続いて、作製方法例 1 と同様の方法により、作製基板 1 4 とトランジスタ 4 0 とを分離する（図 1 3（C））。図 1 3（C）では、第 2 の層 4 7 と導電層 4 3 c との界面及び樹脂層 2 3 中で分離が生じる例を示す。分離により、樹脂層 2 3 及び導電層 4 3 c が露出する。

【0183】

作製基板 1 4 とトランジスタ 4 0 とを分離した後、保護層 7 1 を除去する。

【0184】

その後、EL 層 6 2 及び導電層 6 3 を形成することで表示素子 6 0 を作製し、表示素子 6 0 を封止することで、表示装置 1 0 を作製することができる。表示素子 6 0 の封止には、絶縁層 7 4、保護層 7 5、並びに、基板 7 5 a 及び接着層 7 5 b 等のうち、一種以上を用いることができる。

【0185】

EL 層 6 2 及び導電層 6 3 の形成時に、樹脂層 2 3 及び導電層 4 3 c をステージに固定した状態で成膜してもよいが、樹脂層 2 3 及び導電層 4 3 c を、支持基板にテープ等を用いて固定し、支持基板を成膜装置のステージに配置した状態で成膜することが好ましい。支持基板に樹脂層 2 3 及び導電層 4 3 c を固定することにより、搬送を容易とすることができる。

【0186】

作製方法例 3 では、作製基板 1 4 を剥離した後に EL 層 6 2 及び導電層 6 3 を形成することができる。EL 層 6 2 等の積層構造に密着性の低い部分がある場合、剥離後にこれらの層を形成することで、剥離の歩留まりの低下を抑制できる。作製方法例 3 を用いることで、材料の選択の自由度がより高まり、より低コストで信頼性の高い表示装置を実現することができる。

【0187】

図 1 4（A）は、樹脂層 2 3 から絶縁層 3 5 までを作製方法例 2 と同様の手順で形成した場合を示す。なお、図 1 4（B）、（C）に示す手順は、図 1 3（B）、（C）に示す手順と同様である。

【0188】

以上のように、本発明の一態様では、酸化物層、または水素を放出する機能を有するシリコン層を用いて、作製基板からトランジスタ等を分離することで、フレキシブルデバイスを作製することができる。

【0189】

本発明の一態様では、感光性の材料を用いて樹脂層を作製することで、所望の形状の樹脂層を容易に形成することができる。したがって、表示面とは反対側の面で、外部接続端子と回路基板とを電氣的に接続できる。表示装置を電子機器に組み込む際に、FPC 等を折り曲げるためのスペースを省くことができ、より小型化した電子機器を実現できる。

【0190】

本発明の一態様では、トランジスタのチャネル形成領域に酸化物半導体を用いることで、トランジスタの作製工程を低温で行うことができる。また、樹脂層を薄膜で耐熱性が低い層とすることができる。したがって、樹脂層の材料の選択の幅が広い、低コストで量産性が高い、大判基板を用いて行うことができる等のメリットを有する。

【0191】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【0192】

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様の剥離方法及びフレキシブルデバイスの作製方法について説明する。

10

【0193】

本実施の形態では、トランジスタに酸化物半導体が適用され、EL素子にカラーフィルタ方式が適用された表示装置を作製する場合を例に挙げて説明する。以下では、図15乃至図33を用いて、本発明の一態様のフレキシブルデバイス及びその作製方法について、具体的に説明する。

【0194】

なお、実施の形態1で説明した構成要素についての詳細な説明は省略することがある。

【0195】

[作製方法例4]

まず、作製方法例1と同様に、感光性及び熱硬化性を有する材料を用いて、第1の層24を形成する(図15(A))。

20

【0196】

次に、作製方法例1と同様に、第1の層24を所望の形状に加工した後に加熱を行うことにより、樹脂層23を形成する(図15(B))。図15(B)では、樹脂層23が、作製基板14に達する開口を有する例を示す。

【0197】

続いて、第2の層87を形成する(図15(C))。第2の層87については、第2の層47についての記載を援用できる。第2の層87として、シリコン層を用いることが好ましい。第2の層87がシリコン層である場合、第2の層87は、シリコン膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該シリコン膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより形成できる。なお、第2の層87として、酸化物層を用いてもよい。

30

【0198】

次に、作製方法例1と同様に、樹脂層23上に、絶縁層31を形成する(図16(A))。

【0199】

次に、絶縁層31上に、トランジスタ80を形成する(図16(A)、(B)、(C))。

【0200】

ここではトランジスタ80として、酸化物半導体層83と、2つのゲートを有するトランジスタを作製する場合を示す。

40

【0201】

トランジスタ80は、樹脂層23の耐熱温度以下の温度で形成する。また、前述のポストバーク処理における加熱温度より低い温度で形成することが好ましい。

【0202】

具体的には、まず、絶縁層31上に導電層81を形成する(図16(A))。導電層81は、導電膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することで形成できる。

【0203】

続いて、絶縁層82を形成する(図16(A))。絶縁層82は、絶縁層31に用いることのできる無機絶縁膜を援用できる。

50

【0204】

続いて、酸化物半導体層83を形成する(図16(A))。酸化物半導体層83は、酸化物半導体膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該酸化物半導体膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することで形成できる。酸化物半導体層83は、酸化物半導体層44に用いることのできる材料を援用できる。

【0205】

続いて、絶縁層84及び導電層85を形成する(図16(A))。絶縁層84は、絶縁層31に用いることのできる無機絶縁膜を援用できる。絶縁層84及び導電層85は、絶縁層84となる絶縁膜と、導電層85となる導電膜とを成膜した後、レジストマスクを形成し、当該絶縁膜及び当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより形成できる。

10

【0206】

次に、酸化物半導体層83、絶縁層84、及び導電層85を覆う絶縁層33を形成する。絶縁層33は、絶縁層31と同様の方法により形成することができる。

【0207】

次に、絶縁層31、絶縁層82、及び絶縁層33の、樹脂層23の開口と重なる部分に、それぞれ開口を設ける(図16(B))。ここでは、絶縁層31、絶縁層82、及び絶縁層33に、一括で開口を形成する例を示す。絶縁層31、絶縁層82、及び絶縁層33には、それぞれ別の工程で開口を形成してもよい。また、2以上の絶縁層に同時に開口を形成してもよい。例えば、導電層81を形成する前に、絶縁層31に開口を形成してもよい。例えば、酸化物半導体層83を形成する前に、絶縁層82に開口を形成してもよい。開口を設けることで、作製基板14が露出する。

20

【0208】

また、絶縁層33に、酸化物半導体層83に達する開口を2個設ける(図16(B))。

【0209】

続いて、導電層86a、導電層86b、及び導電層86cを形成する(図16(C))。導電層86a、導電層86b、及び導電層86cは、導電膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより形成できる。導電層86a及び導電層86bは、それぞれ、絶縁層33に設けた開口を介して酸化物半導体層83と電氣的に接続される。導電層86cは、樹脂層23、絶縁層31、絶縁層82、及び絶縁層33にそれぞれ設けられた開口を介して第2の層87と接続される。

30

【0210】

以上のようにして、トランジスタ80を作製できる(図16(C))。トランジスタ80において、導電層81の一部は第1のゲートとして機能し、絶縁層82の一部は第1のゲート絶縁層として機能する。導電層85の一部は第2のゲートとして機能し、絶縁層84の一部は第2のゲート絶縁層として機能する。

【0211】

酸化物半導体層83はチャネル領域と低抵抗領域とを有する。チャネル領域は絶縁層84を介して導電層85と重なる。低抵抗領域は導電層86aと接続される部分と、導電層86bと接続される部分と、を有する。

40

【0212】

なお、導電層86cを導電層86a及び導電層86bと同時に形成する場合を示したが、導電層86cは導電層86a及び導電層86bと同時に形成しなくてもよい。例えば、導電層81と同時に形成してもよい。この場合、絶縁層31を形成した後、樹脂層23の開口と重なる部分の絶縁層31に開口を設ける。次に、導電膜を成膜する。その後、レジストマスクを形成し、当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより導電層81及び導電層86cを形成する。

【0213】

次に、絶縁層33上に絶縁層34から表示素子60までを形成する(図17(A))。こ

50

これらの工程は実施の形態 1 の作製方法例 1 を参照できる。

【0214】

また、作製基板 9 1 上に、感光性及び熱硬化性を有する材料を用いて、樹脂層 9 3 を形成する（図 17（B））。

【0215】

樹脂層 9 3 は、可撓性を有する。作製基板 9 1 は、樹脂層 9 3 よりも可撓性が低い。作製基板 9 1 上に樹脂層 9 3 を形成することで、樹脂層 9 3 の搬送を容易にすることができる。

【0216】

樹脂層 9 3 には、ポリイミド樹脂を用いることが好ましい。そのほか、樹脂層 9 3 の材料及び形成方法については、樹脂層 2 3 の記載を援用できる。

10

【0217】

樹脂層 9 3 の厚さは、0.01 μm 以上 10 μm 未満であることが好ましく、0.1 μm 以上 3 μm 以下であることがより好ましく、0.5 μm 以上 1 μm 以下であることがさらに好ましい。低粘度の溶液を用いることで、樹脂層 9 3 を薄く形成することが容易となる。

【0218】

表示装置の表示面側に樹脂層 9 3 が位置する場合、樹脂層 9 3 は、可視光に対する透光性が高いことが好ましい。

【0219】

作製基板 9 1 については、作製基板 1 4 の記載を援用できる。

20

【0220】

次に、樹脂層 9 3 上に絶縁層 9 5 を形成する。次に、絶縁層 9 5 上に、着色層 9 7 及び遮光層 9 8 を形成する（図 17（B））。

【0221】

絶縁層 9 5 については、絶縁層 3 1 の記載を援用できる。

【0222】

着色層 9 7 として、カラーフィルタ等を用いることができる。着色層 9 7 は表示素子 6 0 の表示領域と重なるように配置する。

【0223】

遮光層 9 8 として、ブラックマトリクス等を用いることができる。遮光層 9 8 は、絶縁層 3 5 と重なるように配置する。

30

【0224】

次に、作製基板 1 4 と作製基板 9 1 が、間にトランジスタ 8 0、表示素子 6 0 及び着色層 9 7 を挟むように、接着層 9 9 を用いて作製基板 1 4 及び作製基板 9 1 を貼り合わせる（図 17（C））。

【0225】

次に、作製基板 9 1 を介して樹脂層 9 3 にレーザ光を照射する（図 18（A））。ここでは、作製基板 1 4 よりも先に作製基板 9 1 を分離する例を示す。

【0226】

次に、作製基板 9 1 と絶縁層 9 5 とを分離する（図 18（B））。図 18（B）では、作製基板 9 1 と樹脂層 9 3 の界面で分離が生じる例を示す。

40

【0227】

なお、樹脂層 9 3 中で分離が生じる場合もある。そのとき、作製基板 9 1 上には樹脂層の一部が残存し、絶縁層 9 5 側に残存する樹脂層 9 3 は図 18（A）に比べて薄膜化される。

【0228】

そして、露出した樹脂層 9 3（または絶縁層 9 5）と基板 2 2 とを接着層 1 3 を用いて貼り合わせる（図 19（A））。

【0229】

50

図 19 (A) において、表示素子 60 の発光は、着色層 97 及び樹脂層 93 を通して、表示装置の外部に取り出される。そのため、樹脂層 93 の可視光の透過率は高いことが好ましい。本発明の一態様の剥離方法では、樹脂層 93 の厚さを薄くすることができる。そのため、樹脂層 93 の可視光の透過率を高めることができる。

【0230】

また、樹脂層 93 を除去し、接着層 13 を用いて絶縁層 95 に基板 22 を貼り合わせてもよい。

【0231】

接着層 13 には、接着層 75b に用いることができる材料を適用できる。

【0232】

基板 22 には、基板 75a に用いることができる材料を適用できる。

【0233】

次に、作製基板 14 を介して樹脂層 23 及び第 2 の層 87 にレーザ光 65 を照射する (図 19 (B))。

【0234】

レーザ光 65 の照射により、第 2 の層 87 が加熱され、第 2 の層 87 から水素が放出される。

【0235】

次に、作製基板 14 と絶縁層 31 とを分離する (図 20 (A)、(B) または図 21)。

【0236】

図 20 (A) では、第 2 の層 87 と導電層 86c との界面及び樹脂層 23 中で分離が生じる例を示す。作製基板 14 上には第 2 の層の一部 (第 2 の層 87a) 及び樹脂層の一部 (樹脂層 23a) が残存する。導電層 86c の表面が露出し、導電層 86c 側に残存する樹脂層 23 は図 19 (B) に比べて薄膜化されている。

【0237】

図 20 (B) では、第 2 の層 87 中および樹脂層 23 中で分離が生じる例を示す。作製基板 14 上には第 2 の層の一部 (第 2 の層 87a) 及び樹脂層の一部 (樹脂層 23a) が残存する。導電層 86c の表面は露出せず、導電層 86c 側に残存する第 2 の層 87 及び樹脂層 23 は図 20 (B) に比べて薄膜化されている。

【0238】

図 21 では、第 2 の層 87 と作製基板 14 との界面及び樹脂層 23 と作製基板 14 との界面で分離が生じる例を示す。作製基板 14 上には第 2 の層は残存しない。また、導電層 86c の表面は露出しない。なお、図 21 では作製基板 14 上に樹脂層 23 は残存していないが、作製基板 14 上に樹脂層の一部が残存する場合がある。

【0239】

作製基板 14 とトランジスタ 80 とを分離することにより、表示装置 10 を作製することができる (図 22 (A)、(B))。表示装置 10 は、曲がった状態に保持することや、繰り返し曲げることなどが可能である。

【0240】

図 22 (A) は、表示装置 10 の上面図である。図 22 (B) は、表示装置 10 の表示部 381 の断面図及び FPC 77 との接続部の断面図である。

【0241】

図 22 (A)、(B) に示す表示装置 10 は、一对の基板 (基板 22 及び基板 29) を有する。基板 22 側が表示装置の表示面側である。表示装置は、表示部 381 及び駆動回路部 382 を有する。表示装置には FPC 77 が貼り付けられている。

【0242】

図 22 (B) に示すように、分離により露出した樹脂層 23 の表面に、接着層 28 を用いて基板 29 を貼り合わせてもよい。なお、基板 29 及び接着層 28 は、導電層 86c と重ならないように配置する。

【0243】

10

20

30

40

50

そして、接続体 76 を介して、導電層 86c と FPC 77 を電氣的に接続する。図 22 (B) は、導電層 86c を露出させて導電層 86c と FPC 77 を電氣的に接続させた場合を示す。

【0244】

図 22 (B) に示す構成の表示装置 10 では、第 2 の層 87 を形成後に絶縁層 31、絶縁層 82 及び絶縁層 33 を形成しているが、本発明の一態様はこれに限らない。例えば、樹脂層 23 に開口を設けた後、第 2 の層 87 を形成する前に絶縁層 31、絶縁層 82 及び絶縁層 33 を形成してもよい。そして、絶縁層 31、絶縁層 82 及び絶縁層 33 の、樹脂層 23 の開口と重なる部分にそれぞれ開口を設け、その後第 2 の層 87 を形成してもよい。この場合、表示装置 10 は図 23 (A) に示す構成となる。また、例えば第 2 の層 87 を形成する前に絶縁層 31 を形成し、絶縁層 31 に開口を設け、開口に第 2 の層 87 を形成し、その後絶縁層 82 を形成してもよい。また、例えば絶縁層 82 の形成後かつ絶縁層 33 の形成前に第 2 の層 87 を形成してもよい。

10

【0245】

導電層 86c が露出していない場合、図 23 (B) に示すように、第 2 の層 87 が接続体 76 と接する構成となる。この場合、導電層 86c と FPC 77 は、接続体 76 及び第 2 の層 87 を介して電氣的に接続される。図 23 (B) に示す構成では、第 2 の層 87 として低抵抗化した第 2 の層を用いることが好ましい。

【0246】

本実施の形態では、トップエミッション型の発光素子を用いる例を示した。基板 22 側は表示面側であるため、基板 22 側から導電層 86c または第 2 の層 87 を露出し、FPC 77 と電氣的に接続する場合は、表示領域と FPC 77 を重ねることができず、FPC 77 を表示装置と重ねる領域に制限がある。一方、本発明の一態様では、樹脂層 23 に感光性の材料を用いることで、表示面とは反対側の面から導電層 86c または第 2 の層 87 を露出することができる。そのため、樹脂層 23 に設けた開口を介して、導電層 86c と FPC 77 とを電氣的に接続することができる。このような構成とすることで、FPC 77 を、表示面とは反対側に配置することができる。そのため、表示装置を電子機器に組み込む際に、FPC 77 を折り曲げるためのスペースを省くことができ、より小型化した電子機器を実現できる。

20

【0247】

作製方法例 4 は、本発明の一態様の剥離方法を 2 回行ってフレキシブルデバイスを作製する例である。本発明の一態様では、フレキシブルデバイスを構成する機能素子等は、全て作製基板上で形成するため、精細度の高い表示装置を作製する場合においても、可撓性を有する基板には、高い位置合わせ精度が要求されない。よって、簡便に可撓性を有する基板を貼り付けることができる。

30

【0248】

[作製方法例 5]

まず、作製方法例 4 と同様に、作製基板 14 上に、作製基板 14 に達する開口を有する樹脂層 23 を形成する (図 24 (A)、(B))。

【0249】

次に、作製方法例 2 と同様に、樹脂層 23 上に、絶縁層 31 を形成する (図 24 (C))。

40

【0250】

次に、絶縁層 31 上に、トランジスタ 80 を形成する (図 24 (C) 及び図 25 (A)、(B)、(C))。具体的には、まず、絶縁層 31 上に導電層 81 を形成する (図 24 (C))。続いて、絶縁層 82 を形成する (図 24 (C))。

【0251】

次に、酸化半導体層 83 を形成する (図 24 (C))。続いて、絶縁層 84 を形成する (図 25 (A))。

【0252】

50

次に、絶縁層 3 1 及び絶縁層 8 2 の、樹脂層 2 3 の開口と重なる部分に、それぞれ開口を設ける（図 2 5（A））。ここでは、絶縁層 3 1 及び絶縁層 8 2 に、一括で開口を形成する例を示す。絶縁層 3 1 及び絶縁層 8 2 には、それぞれ別の工程で開口を形成してもよい。例えば、導電層 8 1 を形成する前に、絶縁層 3 1 に開口を形成してもよい。例えば、酸化物半導体層 8 3 を形成する前に、絶縁層 8 2 に開口を形成してもよい。開口を設けることで、作製基板 1 4 が露出する。

【0253】

また、例えば絶縁層 8 4 を形成する前に、絶縁層 3 1 及び絶縁層 8 2 に開口を設けてもよい。例えば、酸化物半導体層 8 3 を形成する前に、絶縁層 3 1 及び絶縁層 8 2 に開口を設けてもよい。

10

【0254】

続いて、酸化物層 8 5 a、酸化物層 8 5 b、導電層 8 8 a 及び導電層 8 8 b を形成する（図 2 5（A））。酸化物層 8 5 a、酸化物層 8 5 b、導電層 8 8 a 及び導電層 8 8 b は、酸化物膜及び導電膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該酸化物膜及び当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより形成できる。酸化物層 8 5 a は絶縁層 8 4 と接し、導電層 8 8 a は酸化物層 8 5 a と接する。酸化物層 8 5 b 及び導電層 8 8 b は、樹脂層 2 3、絶縁層 3 1 及び絶縁層 8 2 にそれぞれ設けられた開口部に形成される。

【0255】

酸化物層 8 5 a 及び酸化物層 8 5 b は、第 2 の層 4 7 に用いることのできる酸化物絶縁層、酸化物導電層及び酸化物半導体層等を援用できる。特に、酸化物層 8 5 a 及び酸化物層 8 5 b として、酸化物導電層を用いることが好ましい。これにより、酸化物層 8 5 a をトランジスタ 8 0 のゲートとして機能させることができる。また、酸化物層 8 5 b を、外部接続端子として用いることができる電極として機能させることができる。

20

【0256】

次に、酸化物半導体層 8 3、絶縁層 8 4、酸化物層 8 5 a、導電層 8 8 a、酸化物層 8 5 b 及び導電層 8 8 b を覆う絶縁層 3 3 を形成する（図 2 5（B））。絶縁層 3 3 は、絶縁層 3 1 と同様の方法により形成することができる。

【0257】

次に、絶縁層 3 3 に、酸化物半導体層 8 3 に達する開口を 2 個設け、その後導電層 8 6 a 及び導電層 8 6 b を形成する（図 2 5（C））。導電層 8 6 a 及び導電層 8 6 b は、導電膜を成膜した後、レジストマスクを形成し、当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより形成できる。導電層 8 6 a 及び導電層 8 6 b は、それぞれ、絶縁層 3 3 に設けた開口を介して酸化物半導体層 8 3 と電氣的に接続される。

30

【0258】

以上のようにして、トランジスタ 8 0 を作製できる（図 2 5（C））。トランジスタ 8 0 において、導電層 8 1 の一部は第 1 のゲートとして機能し、絶縁層 8 2 の一部は第 1 のゲート絶縁層として機能する。酸化物層 8 5 a の一部及び導電層 8 8 a の一部は第 2 のゲートとして機能し、絶縁層 8 4 の一部は第 2 のゲート絶縁層として機能する。

【0259】

また、酸化物半導体層 8 3 はチャネル領域と低抵抗領域とを有する。チャネル領域は絶縁層 8 4 を介して酸化物層 8 5 a 及び導電層 8 8 a と重なる。低抵抗領域は導電層 8 6 a と接続される部分と、導電層 8 6 b と接続される部分と、を有する。

40

【0260】

なお、導電層 8 8 b を導電層 8 8 a と同時に形成する場合を示したが、導電層 8 8 b は導電層 8 8 a と同時に形成しなくてもよい。例えば、導電層 8 8 b を、導電層 8 6 a 及び導電層 8 6 b と同時に形成してもよい。この場合、絶縁層 3 3 を形成後、酸化物半導体層 8 3 に達する 2 個の開口の他、酸化物層 8 5 b に達する開口を絶縁層 3 3 に設ける。次に、導電膜を成膜する。その後、レジストマスクを形成し、当該導電膜をエッチングした後にレジストマスクを除去することにより導電層 8 6 a、導電層 8 6 b 及び導電層 8 8 b を形

50

成する。

【0261】

図26乃至図32に示す手順は、図17乃至図23に示す手順と同様である。

【0262】

〔変形例1〕

本発明の一態様を適用して、ボトムエミッション型の表示装置を作製することができる。

【0263】

図33(A)に示す表示装置は、カラーフィルタ方式が適用されたボトムエミッション構造の表示装置である。図33(A)には、表示装置の表示部381の断面図、駆動回路部382の断面図、及びFPC77との接続部の断面図を示す。

10

【0264】

図33(A)に示す表示装置は、基板29、接着層28、樹脂層23、絶縁層31、トランジスタ40、トランジスタ50、第2の層47、導電層43c、絶縁層33、絶縁層34、絶縁層35、表示素子60、接着層75b、基板75a、及び着色層97を有する。

【0265】

図33(A)では、トランジスタ40及びトランジスタ50が、図6(A)に示すトランジスタ40の構成に加えて、ゲートとして機能する導電層45を有する例を示す。

【0266】

表示素子60は、着色層97側に光を射出する。

【0267】

接続体76を介してFPC77と導電層43cは電氣的に接続する。FPC77との接続部の断面図において、絶縁層35の端部が、表示装置の端部に露出しない例を示す。

20

【0268】

〔変形例2〕

図33(B)に示す表示装置は、トランジスタ80が、導電層81及び絶縁層82を有さない点で、図22(B)に示す表示装置と異なる。

【0269】

〔変形例3〕

図34(A)では、トランジスタ40及びトランジスタ50が、図12(A)に示すトランジスタ40の構成に加えて、ゲートとして機能する導電層45を有する例を示す。

30

【0270】

〔変形例4〕

図34(B)に示す表示装置は、トランジスタ80が、導電層81及び絶縁層82を有さない点で、図31(B)に示す表示装置と異なる。

【0271】

〔変形例5〕

図35では、第2の層として、トランジスタの半導体層に用いられる水素化アモルファスシリコン膜を用いる例を示す。作製基板14上に開口を有する樹脂層23を、樹脂層23上に絶縁層31を、絶縁層31上に導電層41を、導電層41と絶縁層31の上に絶縁層32を形成する。続いて、絶縁層31及び絶縁層32の、樹脂層23の開口と重なる部分に開口を設ける(図35(A))。詳細は実施の形態1あるいは本実施の形態を参照すればよい。

40

【0272】

続いて、水素化アモルファスシリコン膜を形成する。実施の形態1で示すように、レーザー光の照射により水素を放出するものを用いる。また、水素化アモルファスシリコン膜は、トランジスタ40の半導体層としても用いられる。したがって、これらの目的に適した膜質、厚さのものを用いる。そして、水素化アモルファスシリコン膜をエッチングして、第2の層47bと第2の層47cを形成する。第2の層47cは、樹脂層23、絶縁層31及び絶縁層32の開口を覆うようにする。第2の層47bはトランジスタ40の半導体層として用いられる。第2の層47bは、局所的な加熱(例えば、レーザーアニール)によ

50

って結晶化させてもよい。

【0273】

さらに、第2の層47bと第2の層47c、絶縁層32を覆って、導電層43a、導電層43b、及び導電層43cを形成する(図35(B))。導電層43a、導電層43bはトランジスタ40のソースまたはドレインのいずれか一方として機能する。この後、必要な配線や電極をさらに形成し、さらに、他の基板を貼り付ければよい。詳細は実施の形態1あるいは本実施の形態を参照すればよい。

【0274】

その後、作製基板14の裏面からレーザ光を照射することにより、作製基板14とトランジスタ40を含む回路等を分離することができる。詳細は実施の形態1あるいは本実施の形態を参照すればよい。

10

【0275】

図35(A)、(B)に示す手順で作製された表示装置10の構成例を図35(C)に示す。図35(C)に示す表示装置10の構成は、酸化物半導体層44が第2の層47bであり、第2の層47が第2の層47cである点を除き図6(B)に示す表示装置10の構成と同様である。

【0276】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【0277】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様で開示されるトランジスタに用いることができるCAC(C l o u d - A l i g n e d C o m p o s i t e) - O Sの構成について説明する。

20

【0278】

CAC-O Sとは、例えば、酸化物半導体を構成する元素が、0.5nm以上10nm以下、好ましくは、1nm以上2nm以下、またはその近傍のサイズで偏在した材料の一構成である。なお、以下では、酸化物半導体において、一つあるいはそれ以上の金属元素が偏在し、該金属元素を有する領域が、0.5nm以上10nm以下、好ましくは、1nm以上2nm以下、またはその近傍のサイズで混合した状態をモザイク状、またはパッチ状ともいう。

30

【0279】

なお、酸化物半導体は、少なくともインジウムを含むことが好ましい。特にインジウムおよび亜鉛を含むことが好ましい。また、それらに加えて、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、銅、バナジウム、ベリリウム、ホウ素、シリコン、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、またはマグネシウムなどから選ばれた一種、または複数種が含まれていてもよい。

【0280】

例えば、In-Ga-Zn酸化物におけるCAC-O S(CAC-O Sの中でもIn-Ga-Zn酸化物を、特にCAC-IGZOと呼称してもよい。)とは、インジウム酸化物(以下、 InO_{x1} ($x1$ は0よりも大きい実数)とする。)、またはインジウム亜鉛酸化物(以下、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ ($x2$ 、 $y2$ 、および $z2$ は0よりも大きい実数)とする。)と、ガリウム酸化物(以下、 GaO_{x3} ($x3$ は0よりも大きい実数)とする。)、またはガリウム亜鉛酸化物(以下、 $\text{Ga}_{x4}\text{Zn}_{y4}\text{O}_{z4}$ ($x4$ 、 $y4$ 、および $z4$ は0よりも大きい実数)とする。)などと、に材料が分離することでモザイク状となり、モザイク状の InO_{x1} 、または $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ が、膜中に均一に分布した構成(以下、クラウド状ともいう。)である。

40

【0281】

つまり、CAC-O Sは、 GaO_{x3} が主成分である領域と、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ 、または InO_{x1} が主成分である領域とが、混合している構成を有する複合酸化物半導体

50

である。なお、本明細書において、例えば、第1の領域の元素Mに対するInの原子数比が、第2の領域の元素Mに対するInの原子数比よりも大きいことを、第1の領域は、第2の領域と比較して、Inの濃度が高いとする。

【0282】

なお、IGZOは通称であり、In、Ga、Zn、およびOによる1つの化合物をいう場合がある。代表例として、 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_{m1}$ ($m1$ は自然数)、または $\text{In}_{(1+x0)}\text{Ga}_{(1-x0)}\text{O}_3(\text{ZnO})_{m0}$ ($-1 \leq x0 \leq 1$ 、 $m0$ は任意数)で表される結晶性の化合物が挙げられる。

【0283】

上記結晶性の化合物は、単結晶構造、多結晶構造、またはCAAC (C-Axis Aligned Crystal) 構造を有する。なお、CAAC構造とは、複数のIGZOのナノ結晶がc軸配向を有し、かつa-b面においては配向せずに連結した結晶構造である。

【0284】

一方、CAC-OSは、酸化物半導体の材料構成に関する。CAC-OSとは、In、Ga、Zn、およびOを含む材料構成において、一部にGaを主成分とするナノ粒子状に観察される領域と、一部にInを主成分とするナノ粒子状に観察される領域とが、それぞれモザイク状にランダムに分散している構成をいう。従って、CAC-OSにおいて、結晶構造は副次的な要素である。

【0285】

なお、CAC-OSは、組成の異なる二種類以上の膜の積層構造は含まないものとする。例えば、Inを主成分とする膜と、Gaを主成分とする膜との2層からなる構造は、含まない。

【0286】

なお、 GaO_{x3} が主成分である領域と、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ 、または InO_{x1} が主成分である領域とは、明確な境界が観察できない場合がある。

【0287】

なお、ガリウムの代わりに、アルミニウム、イットリウム、銅、バナジウム、ベリリウム、ホウ素、シリコン、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジウム、ハフニウム、タンタル、タングステン、またはマグネシウムなどから選ばれた一種、または複数種が含まれている場合、CAC-OSは、一部に該金属元素を主成分とするナノ粒子状に観察される領域と、一部にInを主成分とするナノ粒子状に観察される領域とが、それぞれモザイク状にランダムに分散している構成をいう。

【0288】

CAC-OSは、例えば基板を意図的に加熱しない条件で、スパッタリング法により形成することができる。また、CAC-OSをスパッタリング法で形成する場合、成膜ガスとして、不活性ガス(代表的にはアルゴン)、酸素ガス、及び窒素ガスの中から選ばれたいずれか一つまたは複数を用いればよい。また、成膜時の成膜ガスの総流量に対する酸素ガスの流量比は低いほど好ましく、例えば酸素ガスの流量比を0%以上30%未満、好ましくは0%以上10%以下とすることが好ましい。

【0289】

CAC-OSは、X線回折(XRD: X-ray diffraction)測定法のひとつであるOut-of-plane法による $\theta/2\theta$ スキャンを用いて測定したときに、明確なピークが観察されないという特徴を有する。すなわち、X線回折から、測定領域のa-b面方向、およびc軸方向の配向は見られないことが分かる。

【0290】

またCAC-OSは、プローブ径が1nmの電子線(ナノビーム電子線ともいう。)を照射することで得られる電子線回折パターンにおいて、リング状に輝度の高い領域と、該リング領域に複数の輝点が観測される。従って、電子線回折パターンから、CAC-OSの

10

20

30

40

50

結晶構造が、平面方向、および断面方向において、配向性を有さないnc (nanocrystal) 構造を有することがわかる。

【0291】

また例えば、In-Ga-Zn酸化物におけるCAC-OSでは、エネルギー分散型X線分光法(EDX: Energy Dispersive X-ray spectroscopy)を用いて取得したEDXマッピングにより、 GaO_{x3} が主成分である領域と、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ 、または InO_{x1} が主成分である領域とが、偏在し、混合している構造を有することが確認できる。

【0292】

CAC-OSは、金属元素が均一に分布したIGZO化合物とは異なる構造であり、IGZO化合物と異なる性質を有する。つまり、CAC-OSは、 GaO_{x3} などが主成分である領域と、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ 、または InO_{x1} が主成分である領域と、に互いに相分離し、各元素を主成分とする領域がモザイク状である構造を有する。

【0293】

ここで、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ 、または InO_{x1} が主成分である領域は、 GaO_{x3} などが主成分である領域と比較して、導電性が高い領域である。つまり、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ 、または InO_{x1} が主成分である領域を、キャリアが流れることにより、酸化物半導体としての導電性が発現する。従って、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ 、または InO_{x1} が主成分である領域が、酸化物半導体中にクラウド状に分布することで、高い電界効果移動度(μ)が実現できる。

【0294】

一方、 GaO_{x3} などが主成分である領域は、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ 、または InO_{x1} が主成分である領域と比較して、絶縁性が高い領域である。つまり、 GaO_{x3} などが主成分である領域が、酸化物半導体中に分布することで、リーク電流を抑制し、良好なスイッチング動作を実現できる。

【0295】

従って、CAC-OSを半導体素子に用いた場合、 GaO_{x3} などに起因する絶縁性と、 $\text{In}_{x2}\text{Zn}_{y2}\text{O}_{z2}$ 、または InO_{x1} に起因する導電性とが、相補的に作用することにより、高いオン電流(I_{on})、および高い電界効果移動度(μ)を実現することができる。

【0296】

また、CAC-OSを用いた半導体素子は、信頼性が高い。従って、CAC-OSは、ディスプレイをはじめとするさまざまな半導体装置に最適である。

【0297】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【0298】

(実施の形態4)

本実施の形態では、本発明の一態様を用いて作製することができる電子機器について、図36を用いて説明する。

【0299】

本発明の一態様により、曲面を有し、信頼性の高い電子機器を作製できる。また、本発明の一態様により、可撓性を有し、信頼性の高い電子機器を作製できる。

【0300】

電子機器としては、例えば、テレビジョン装置、デスクトップ型もしくはノート型のパーソナルコンピュータ、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。

【0301】

本発明の一態様の電子機器は、家屋もしくはビルの内壁もしくは外壁、または、自動車の内装もしくは外装の曲面に沿って組み込むことができる。

【0302】

本発明の一態様の電子機器は、二次電池を有していてもよく、非接触電力伝送を用いて、二次電池を充電することができると好ましい。

【0303】

二次電池としては、例えば、ゲル状電解質を用いるリチウムポリマー電池（リチウムイオンポリマー電池）等のリチウムイオン二次電池、ニッケル水素電池、ニカド電池、有機ラジカル電池、鉛蓄電池、空気二次電池、ニッケル亜鉛電池、銀亜鉛電池などが挙げられる。

【0304】

本発明の一態様の電子機器は、アンテナを有していてもよい。アンテナで信号を受信することで、表示部で映像や情報等の表示を行うことができる。また、電子機器がアンテナ及び二次電池を有する場合、アンテナを非接触電力伝送に用いてもよい。

10

【0305】

本発明の一態様の電子機器は、センサ（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、にoinまたは赤外線を測定する機能を含むもの）を有していてもよい。

【0306】

本発明の一態様の電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付または時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）を実行する機能、無線通信機能、記録媒体に記録されているプログラムまたはデータを読み出す機能等を有することができる。

20

【0307】

さらに、複数の表示部を有する電子機器においては、一つの表示部を主として画像情報を表示し、別の一つの表示部を主として文字情報を表示する機能、または複数の表示部に視差を考慮した画像を表示することで立体的な画像を表示する機能等を有することができる。さらに、受像部を有する電子機器においては、静止画または動画を撮影する機能、撮影した画像を自動または手動で補正する機能、撮影した画像を記録媒体（外部または電子機器に内蔵）に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能等を有することができる。なお、本発明の一態様の電子機器が有する機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。

30

【0308】

図36（A）乃至（C）に、湾曲した表示部7000を有する電子機器の一例を示す。表示部7000はその表示面が湾曲して設けられ、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。なお、表示部7000は可撓性を有していてもよい。

【0309】

表示部7000は、本発明の一態様の表示装置を用いて作製される。本発明の一態様により、湾曲した表示部を備え、且つ信頼性の高い電子機器を提供できる。

【0310】

図36（A）に携帯電話機の一例を示す。図36（A）に示す携帯電話機7110は、筐体7101、表示部7000、操作ボタン7103、外部接続ポート7104、スピーカ7105、マイク7106、カメラ7107等を有する。

40

【0311】

携帯電話機7110は、表示部7000にタッチセンサを備える。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、指やスタイラスなどで表示部7000に触れることで行うことができる。

【0312】

また、操作ボタン7103の操作により、電源のON、OFF動作や、表示部7000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

50

メニュー画面に切り替えることができる。

【0313】

また、携帯電話機内部に、ジャイロセンサまたは加速度センサ等の検出装置を設けることで、携帯電話機の向き（縦か横か）を判断して、表示部7000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ができる。また、画面表示の向きの切り替えは、表示部7000に触れること、操作ボタン7103の操作、またはマイク7106を用いた音声入力等により行うこともできる。

【0314】

図36（B）に携帯情報端末の一例を示す。図36（B）に示す携帯情報端末7210は、筐体7201及び表示部7000を有する。さらに、操作ボタン、外部接続ポート、スピーカ、マイク、アンテナ、カメラ、またはバッテリー等を有していてもよい。表示部7000にはタッチセンサを備える。携帯情報端末の操作は、指やスタイラスなどで表示部7000に触れることで行うことができる。

10

【0315】

本実施の形態で例示する携帯情報端末は、例えば、電話機、手帳または情報閲覧装置等から選ばれた一つまたは複数の機能を有する。具体的には、スマートフォンとしてそれぞれ用いることができる。本実施の形態で例示する携帯情報端末は、例えば、移動電話、電子メール、文章閲覧及び作成、音楽再生、インターネット通信、コンピュータゲームなどの種々のアプリケーションを実行することができる。

【0316】

携帯情報端末7210は、文字及び画像情報等をその複数の面に表示することができる。例えば、3つの操作ボタン7202を一の面に表示し、矩形で示す情報7203を他の面に表示することができる。図36（B）では、携帯情報端末7210の上側に操作ボタン7202が表示され、携帯情報端末7210の横側に情報7203が表示される例を示す。なお、例えば携帯情報端末7210の横側に操作ボタン7202を表示し、例えば携帯情報端末7210の上側に情報7203を表示してもよい。また、携帯情報端末7210の3面以上に情報を表示してもよい。

20

【0317】

情報7203の例としては、SNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）の通知、電子メールや電話などの着信を知らせる表示、電子メールなどの題名もしくは送信者名、日時、時刻、バッテリーの残量、アンテナ受信の強度などがある。または、情報7203が表示されている位置に、情報の代わりに、操作ボタン、アイコンなどを表示してもよい。

30

【0318】

図36（C）にテレビジョン装置の一例を示す。テレビジョン装置7300は、筐体7301に表示部7000が組み込まれている。ここでは、スタンド7303により筐体7301を支持した構成を示している。

【0319】

図36（C）に示すテレビジョン装置7300の操作は、筐体7301が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機7311により行うことができる。または、表示部7000にタッチセンサを備えていてもよく、指等で表示部7000に触れることで操作してもよい。リモコン操作機7311は、当該リモコン操作機7311から出力する情報を表示する表示部を有していてもよい。リモコン操作機7311が備える操作キーまたはタッチパネルにより、チャンネル及び音量の操作を行うことができ、表示部7000に表示される映像を操作することができる。

40

【0320】

なお、テレビジョン装置7300は、受信機及びモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができる。また、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）または双方向（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

50

る。

【0321】

図36(D)乃至(F)に、可撓性を有し、曲げることのできる表示部7001を有する携帯情報端末の一例を示す。

【0322】

表示部7001は、本発明の一態様の表示装置等を用いて作製される。例えば、曲率半径0.01mm以上150mm以下で曲げることができる表示装置等を適用できる。また、表示部7001はタッチセンサを備えていてもよく、指等で表示部7001に触れることで携帯情報端末を操作することができる。本発明の一態様により、可撓性を有する表示部を備え、且つ信頼性の高い電子機器を提供できる。

10

【0323】

図36(D)に腕時計型の携帯情報端末の一例を示す。携帯情報端末7800は、バンド7801、表示部7001、入出力端子7802、操作ボタン7803等を有する。バンド7801は、筐体としての機能を有する。また、携帯情報端末7800は、可撓性を有するバッテリー7805を搭載することができる。バッテリー7805は例えば表示部7001またはバンド7801等と重ねて配置してもよい。

【0324】

バンド7801、表示部7001、及びバッテリー7805は可撓性を有する。そのため、携帯情報端末7800を所望の形状に湾曲させることが容易である。

【0325】

操作ボタン7803は、時刻設定のほか、電源のオン、オフ動作、無線通信のオン、オフ動作、マナーモードの実行及び解除、省電力モードの実行及び解除など、様々な機能を持たせることができる。例えば、携帯情報端末7800に組み込まれたオペレーティングシステムにより、操作ボタン7803の機能を自由に設定することもできる。

20

【0326】

また、表示部7001に表示されたアイコン7804に指等で触れることで、アプリケーションを起動することができる。

【0327】

また、携帯情報端末7800は、通信規格に準拠した近距離無線通信を実行することが可能である。例えば無線通信可能なヘッドセットと相互通信することによって、ハンズフリーで通話することもできる。

30

【0328】

また、携帯情報端末7800は入出力端子7802を有していてもよい。入出力端子7802を有する場合、他の情報端末とコネクタを介して直接データのやりとりを行うことができる。また入出力端子7802を介して充電を行うこともできる。なお、本実施の形態で例示する携帯情報端末の充電動作は、入出力端子を介さずに非接触電力伝送により行ってもよい。

【0329】

図36(E)、(F)に、折りたたみ可能な携帯情報端末の一例を示す。図36(E)では、表示部7001が内側になるように折りたたんだ状態、図36(F)では、表示部7001が外側になるように折りたたんだ状態の携帯情報端末7650を示す。携帯情報端末7650は表示部7001及び非表示部7651を有する。携帯情報端末7650を使用しない際に、表示部7001が内側になるように折りたたむことで、表示部7001の汚れ及び傷つきを抑制できる。なお、図36(E)、(F)では携帯情報端末7650を2つ折りにした構成を示しているが、携帯情報端末7650は3つ折りにしてもよいし、4つ折り以上にしてもよい。また、携帯情報端末7650は、操作ボタン、外部接続ポート、スピーカ、マイク、アンテナ、カメラ、またはバッテリー等を有していてもよい。

40

【0330】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【実施例1】

50

【0331】

本実施例では、本発明の一態様の剥離方法を用いて加工部材から作製基板を剥離した結果について説明する。

【0332】

図37(A)に加工部材200の断面模式図を示す。加工部材200は、作製基板201、樹脂層202、酸化物層203、絶縁層204、接着層205及び基板206を有する。

【0333】

作製基板201としては、ガラス基板を用いた。樹脂層202としては、厚さ約1.5 μ mのポリイミド樹脂層を用いた。酸化物層203としては、In:Ga:Zn=5:1:6（原子数比）、厚さ約50nmのIn-Ga-Zn酸化物層を用いた。絶縁層204としては、厚さ約100nmの窒化シリコン層を用いた。基板206としては、アラミドフィルムを用いた。

【0334】

加工部材200の作製工程について説明する。まず、作製基板201上に、重合後にポリイミドとなる樹脂材料を含む材料を約2.0 μ m塗布した。次に、塗布した材料を加熱（プリベーク）し、露光した後、現像した。次に、400℃の加熱処理（ポストベーク）を行って、作製基板201に達する開口を有する樹脂層202を形成した。

【0335】

その後、In:Ga:Zn=5:1:7（原子数比）の酸化物ターゲットを用い、スパッタリング法により酸化物層203を成膜した。スパッタリングガスとして酸素の流量比が10%の酸素とアルゴンの混合ガスを用い、スパッタリングガスの圧力は0.6 Paとした。また、酸化物層203の成膜時の基板温度は室温とし、直流（DC）電源は2.5 kWとした。

【0336】

酸化物層203の成膜後、CVD法により絶縁層204を成膜した。その後、接着層205を用いて絶縁層204上に基板206を貼り合わせた。

【0337】

次に、加工部材200から作製基板201を剥離する工程について説明する。

【0338】

加工部材200に対して、作製基板201側からレーザ光207を照射した。レーザ光207は、レーザ発振器により照射した。発振器のエネルギー密度は339 mJ/cm²、スキャン速度は3.6 mm/秒、発振周波数は60 Hz、設定エネルギーは950 mJとした。

【0339】

レーザ光207の照射後、図37(B)に示すように加工部材200から作製基板201を剥離した。剥離後において、作製基板201を含む部材を部材210とし、基板206を含む部材を部材220とする。なお、剥離後の作製基板201には、樹脂層202の残渣（樹脂層202a）が付着している場合がある。この場合、作製基板201だけでなく、樹脂層202aも部材210に含まれる。

【0340】

図38(A)に、加工部材200の光学顕微鏡写真（倍率50倍）を示す。図38(B)に、加工部材200の断面STEM写真（倍率10万倍）を示す。なお、図38(B)において、層208は炭素を含む層を表す。図38(B)より、作製基板201上に樹脂層202、酸化物層203及び絶縁層204が形成されていることがわかる。

【0341】

本実施例において、部材210及び部材220を2個ずつ作製した。つまり、加工部材200を2個作製し、それぞれの加工部材200において作製基板201を剥離した。2個の加工部材200のうち、一方の加工部材200から得られた部材210及び部材220の観察写真を図39(A)乃至(F)に示す。また、他方の加工部材200から得られた

10

20

30

40

50

部材 2 1 0 及び部材 2 2 0 の観察写真を図 4 0 (A) 乃至 (F) に示す。

【0 3 4 2】

図 3 9 (A) 及び図 4 0 (A) に部材 2 1 0 の外観写真を示し、図 3 9 (B) 及び図 4 0 (B) に部材 2 2 0 の外観写真を示す。図 3 9 (C) 及び図 4 0 (C) に部材 2 1 0 の光学顕微鏡写真 (倍率 5 0 倍) を示し、図 3 9 (D) 及び図 4 0 (D) に部材 2 2 0 の光学顕微鏡写真 (倍率 5 0 倍) を示す。図 3 9 (E) 及び図 4 0 (E) に部材 2 1 0 の断面 S T E M 写真 (倍率 1 0 万倍) を示し、図 3 9 (F) 及び図 4 0 (F) に部材 2 2 0 の断面 S T E M 写真 (倍率 1 0 万倍) を示す。なお、図 3 9 (E) 及び図 4 0 (E)、(F) において、層 2 0 8 は炭素を含む層を表す。

【0 3 4 3】

図 3 9 (E)、(F) 及び図 4 0 (E)、(F) より、作製基板 2 0 1 と酸化物層 2 0 3 が接していた部分では、作製基板 2 0 1 と酸化物層 2 0 3 の界面で作製基板 2 0 1 と酸化物層 2 0 3 が剥がれたことが確認された。なお、図 3 9 (E) 及び図 4 0 (E) より、作製基板 2 0 1 の剥離後において作製基板 2 0 1 上に樹脂層 2 0 2 の残渣 (樹脂層 2 0 2 a) が約 6 0 n m 付着していることがわかる。また、図 3 9 (E) は図 4 0 (E) と同様の結果となり、図 3 9 (F) は図 4 0 (F) と同様の結果となったことから、作製基板 2 0 1 と酸化物層 2 0 3 の界面で作製基板 2 0 1 が剥離されたことに関して再現性が確認された。

【符号の説明】

【0 3 4 4】

1 0	表示装置	
1 3	接着層	
1 4	作製基板	
2 2	基板	
2 3	樹脂層	
2 3 a	樹脂層	
2 4	層	
2 8	接着層	
2 9	基板	
3 1	絶縁層	
3 2	絶縁層	
3 3	絶縁層	
3 4	絶縁層	
3 5	絶縁層	
4 0	トランジスタ	
4 1	導電層	
4 3 a	導電層	
4 3 b	導電層	
4 3 c	導電層	
4 4	酸化物半導体層	
4 5	導電層	
4 7	層	
4 7 a	層	
4 7 b	層	
4 7 c	層	
5 0	トランジスタ	
6 0	表示素子	
6 1	導電層	
6 2	E L 層	
6 3	導電層	

10

20

30

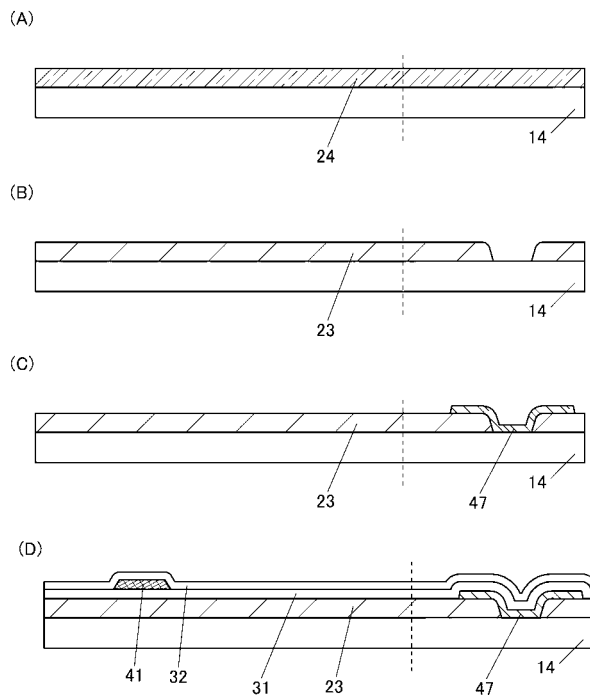
40

50

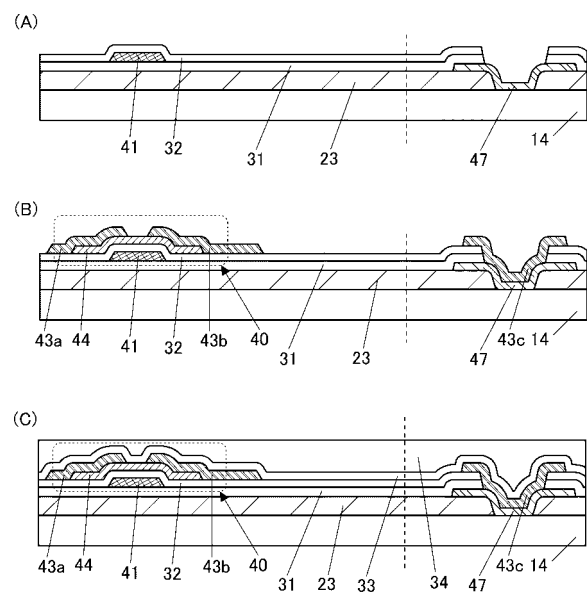
6 5	レーザ光	
7 1	保護層	
7 4	絶縁層	
7 5	保護層	
7 5 a	基板	
7 5 b	接着層	
7 6	接続体	
7 7	F P C	
8 0	トランジスタ	
8 1	導電層	10
8 2	絶縁層	
8 3	酸化物半導体層	
8 4	絶縁層	
8 5	導電層	
8 5 a	酸化物層	
8 5 b	酸化物層	
8 6 a	導電層	
8 6 b	導電層	
8 6 c	導電層	
8 7	層	20
8 7 a	層	
8 8 a	導電層	
8 8 b	導電層	
9 1	作製基板	
9 3	樹脂層	
9 5	絶縁層	
9 7	着色層	
9 8	遮光層	
9 9	接着層	
2 0 0	加工部材	30
2 0 1	作製基板	
2 0 2	樹脂層	
2 0 2 a	樹脂層	
2 0 3	酸化物層	
2 0 4	絶縁層	
2 0 5	接着層	
2 0 6	基板	
2 0 7	レーザ光	
2 0 8	層	
2 1 0	部材	40
2 2 0	部材	
3 8 1	表示部	
3 8 2	駆動回路部	
7 0 0 0	表示部	
7 0 0 1	表示部	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	操作ボタン	
7 1 0 4	外部接続ポート	
7 1 0 5	スピーカ	
7 1 0 6	マイク	50

7 1 0 7	カメラ
7 1 1 0	携帯電話機
7 2 0 1	筐体
7 2 0 2	操作ボタン
7 2 0 3	情報
7 2 1 0	携帯情報端末
7 3 0 0	テレビジョン装置
7 3 0 1	筐体
7 3 0 3	スタンド
7 3 1 1	リモコン操作機
7 6 5 0	携帯情報端末
7 6 5 1	非表示部
7 8 0 0	携帯情報端末
7 8 0 1	バンド
7 8 0 2	入出力端子
7 8 0 3	操作ボタン
7 8 0 4	アイコン
7 8 0 5	バッテリー

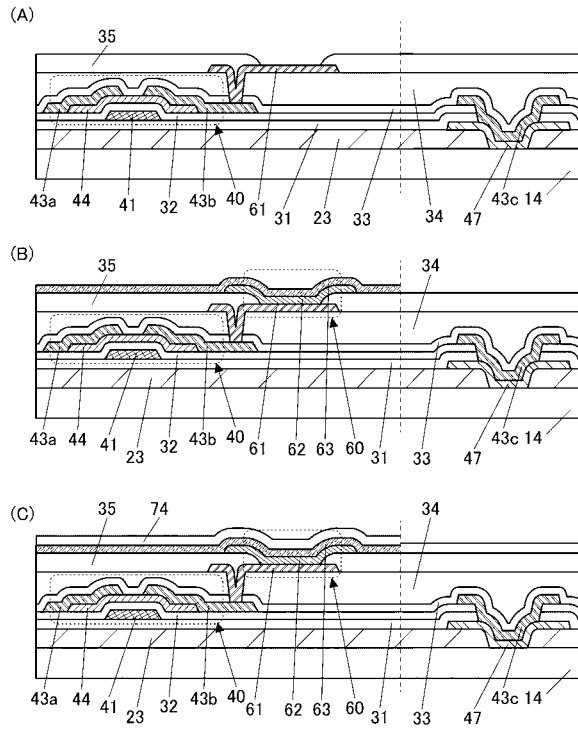
【図 1】



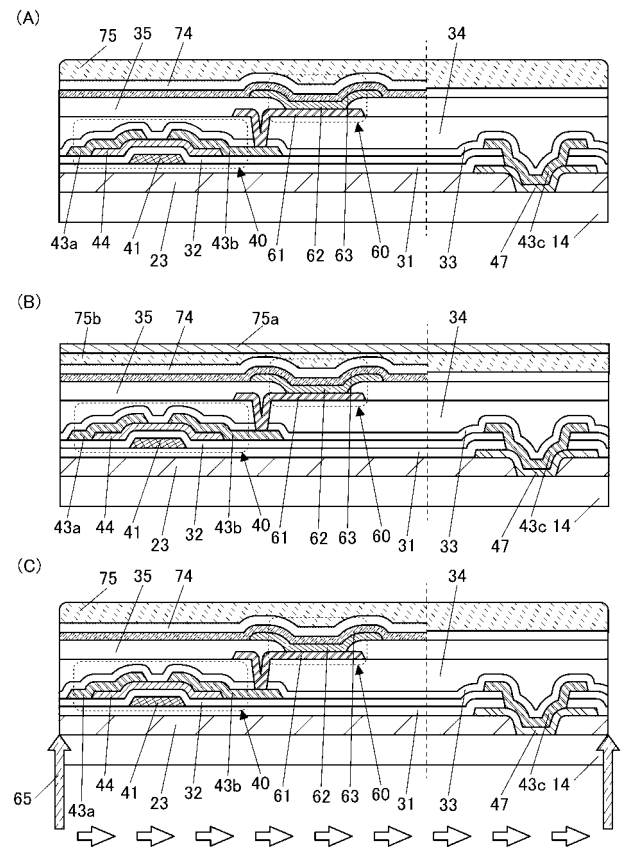
【図 2】



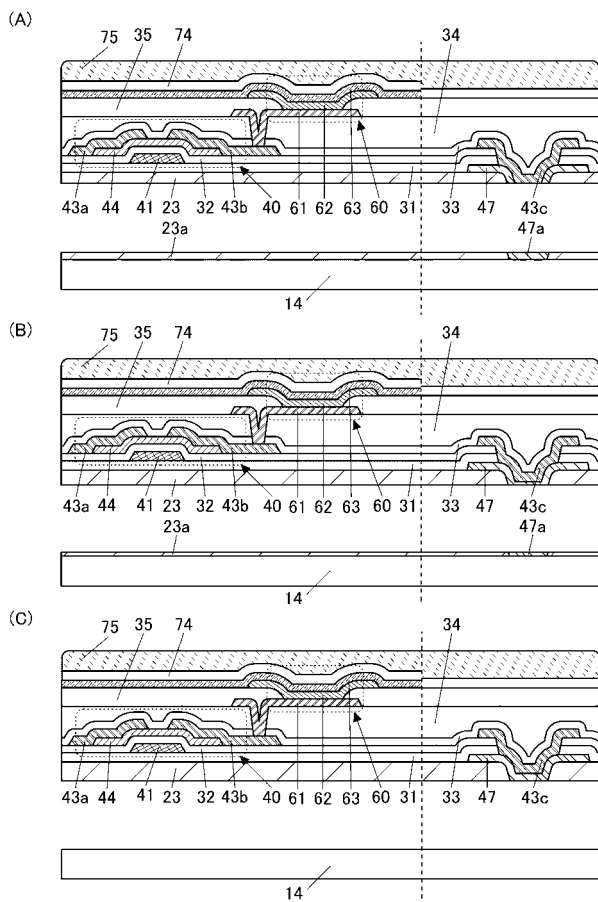
【図 3】



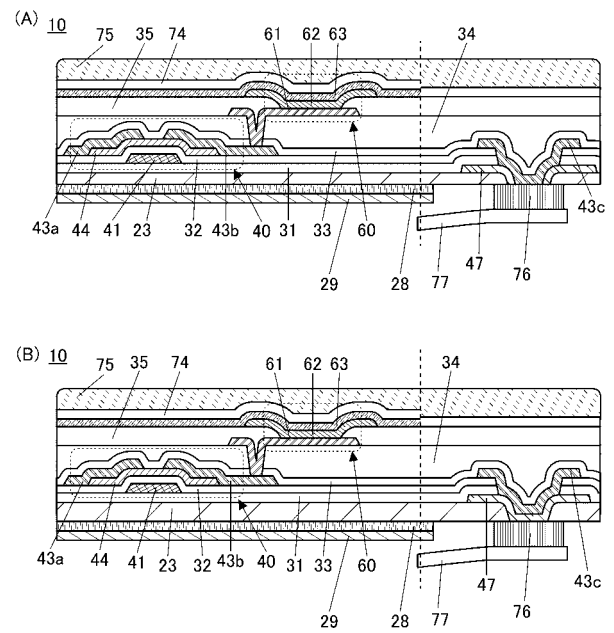
【図 4】



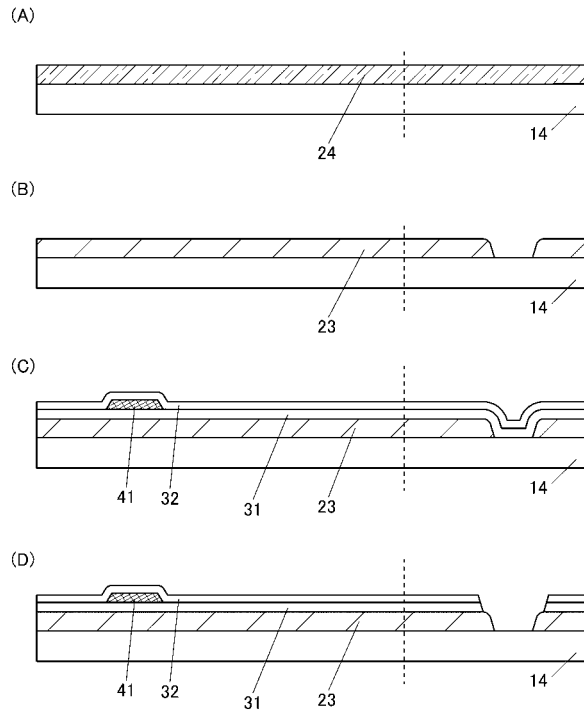
【図 5】



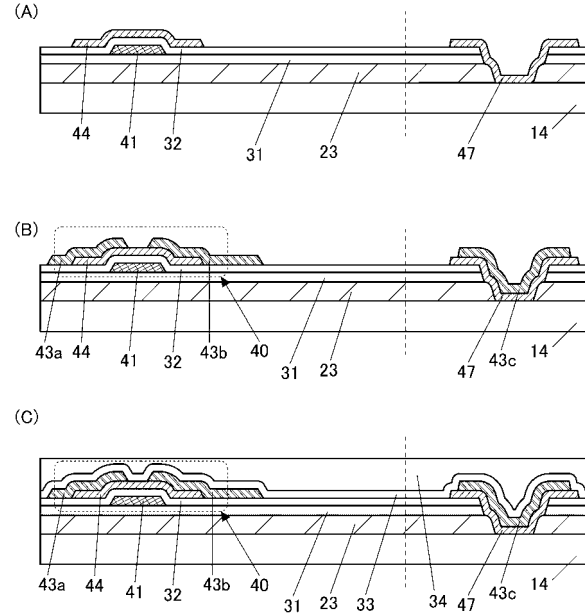
【図 6】



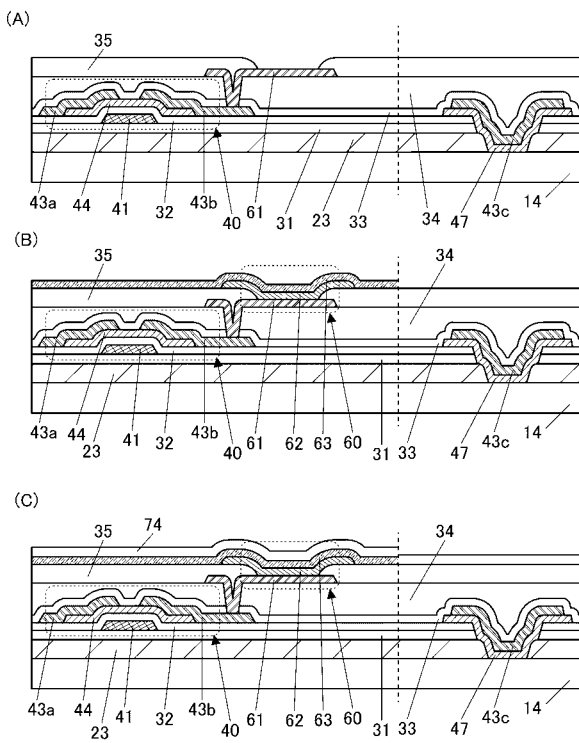
【図 7】



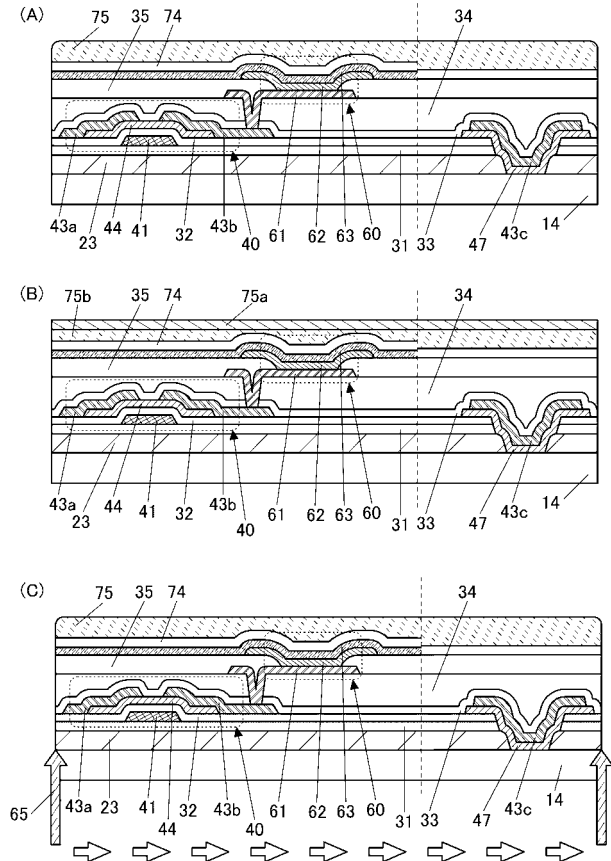
【図 8】



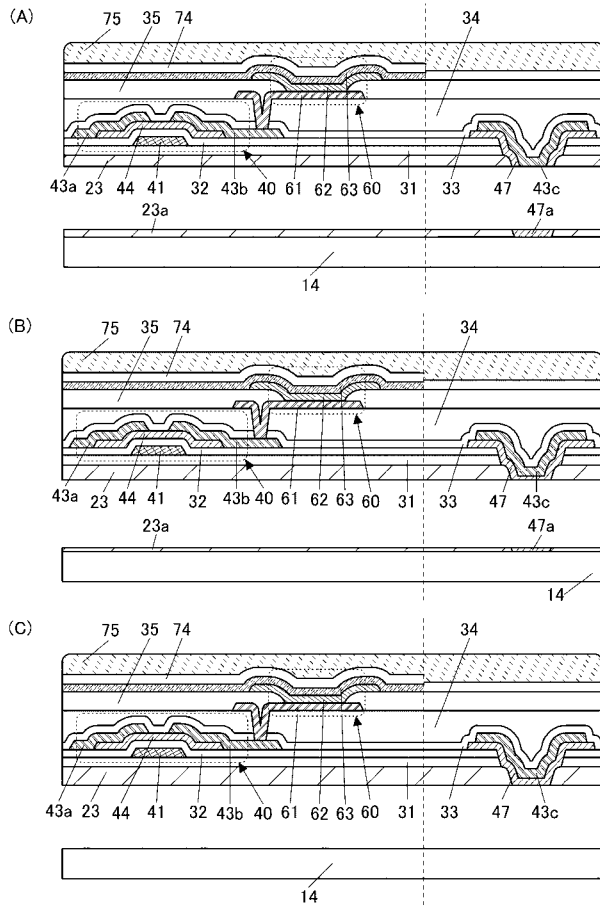
【図 9】



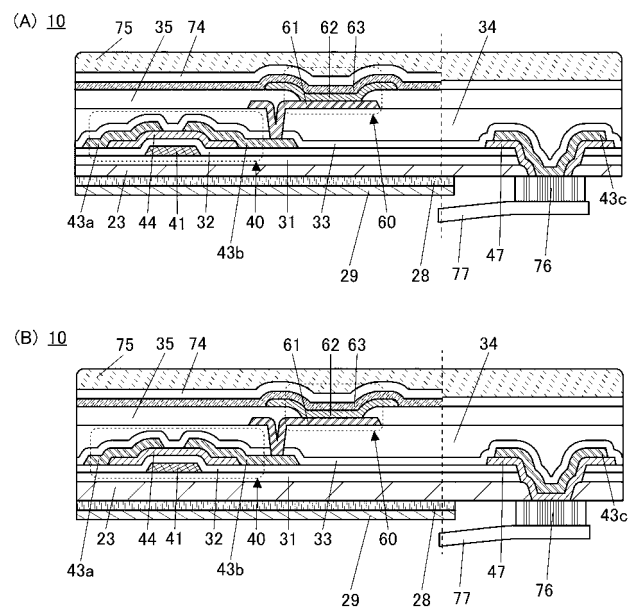
【図 10】



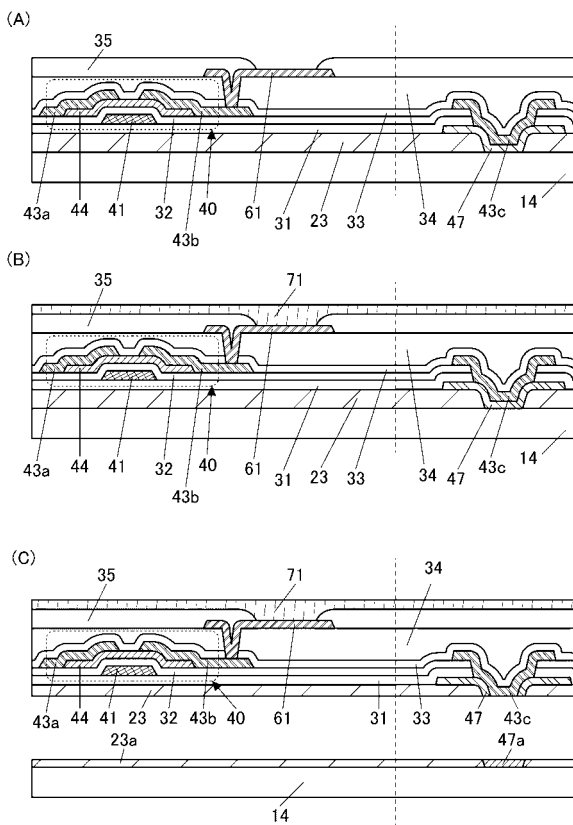
【図 1 1】



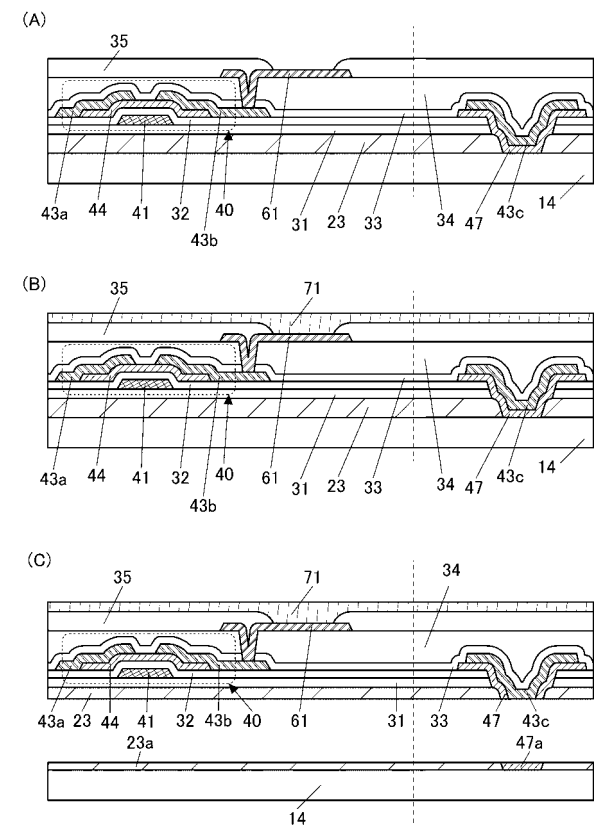
【図 1 2】



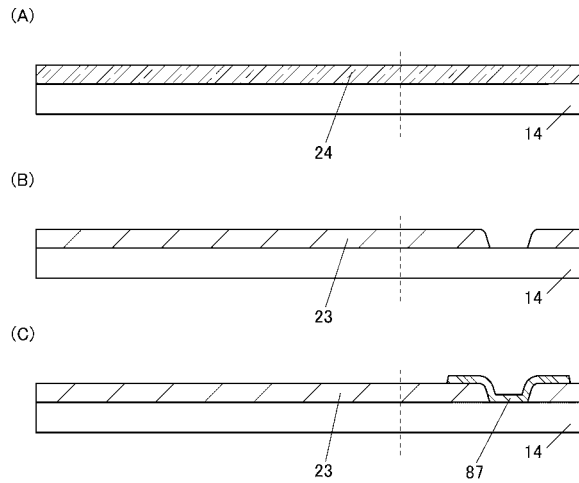
【図 1 3】



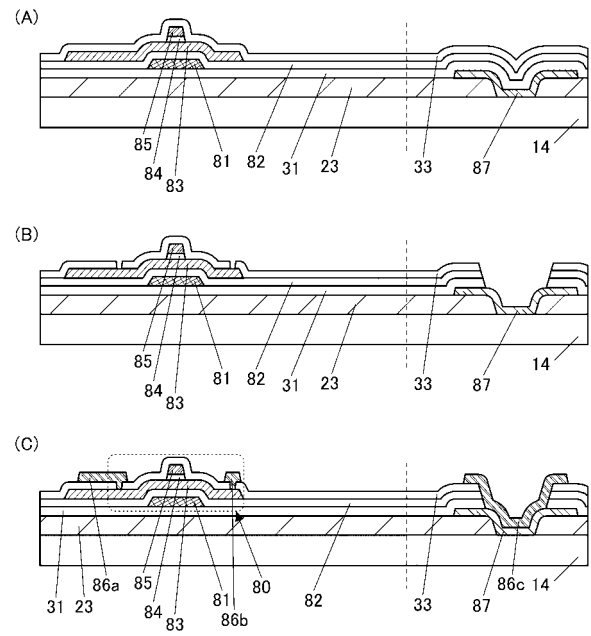
【図 1 4】



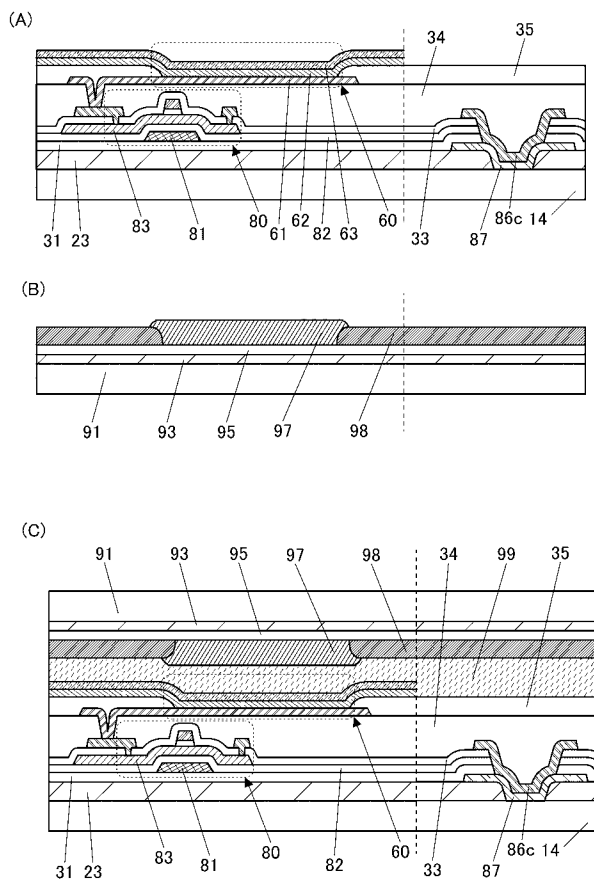
【図 15】



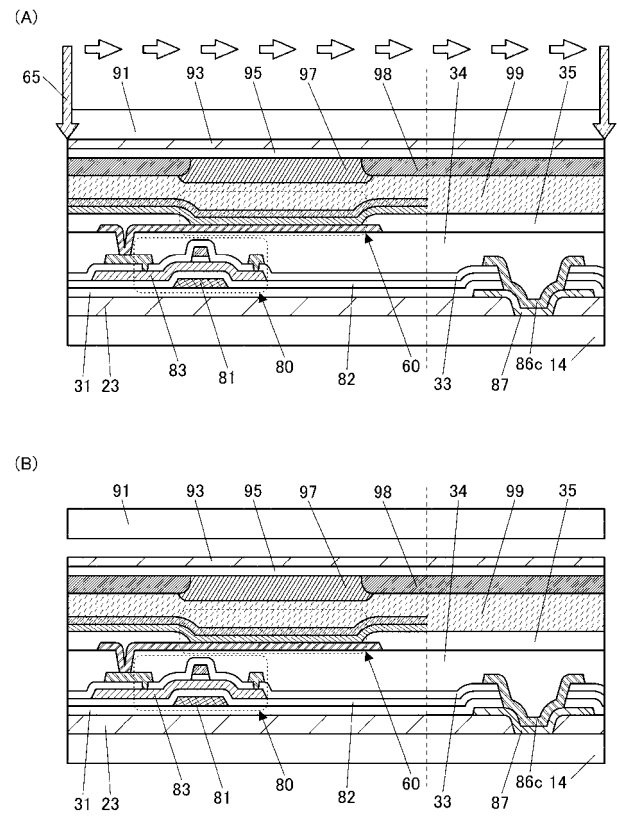
【図 16】



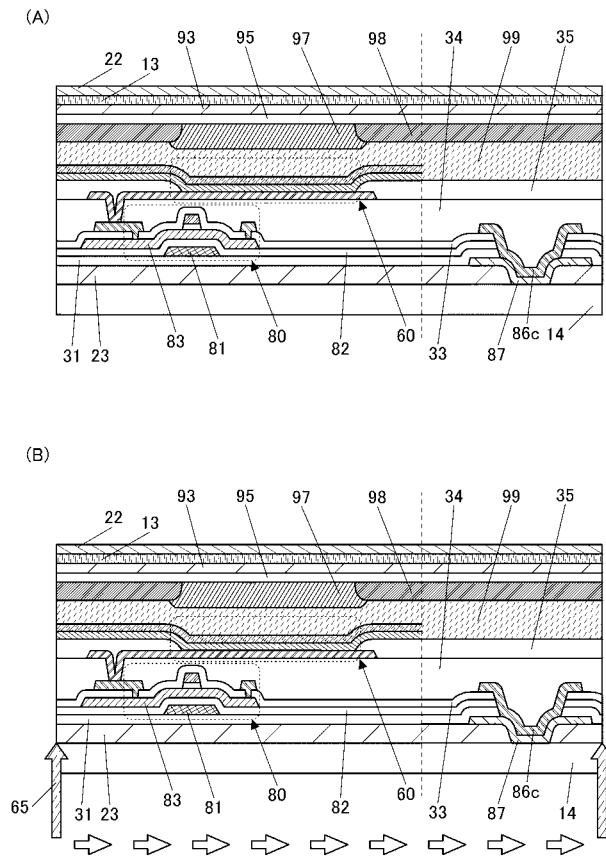
【図 17】



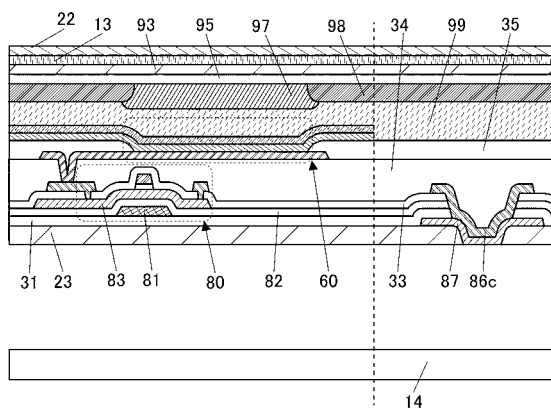
【図 18】



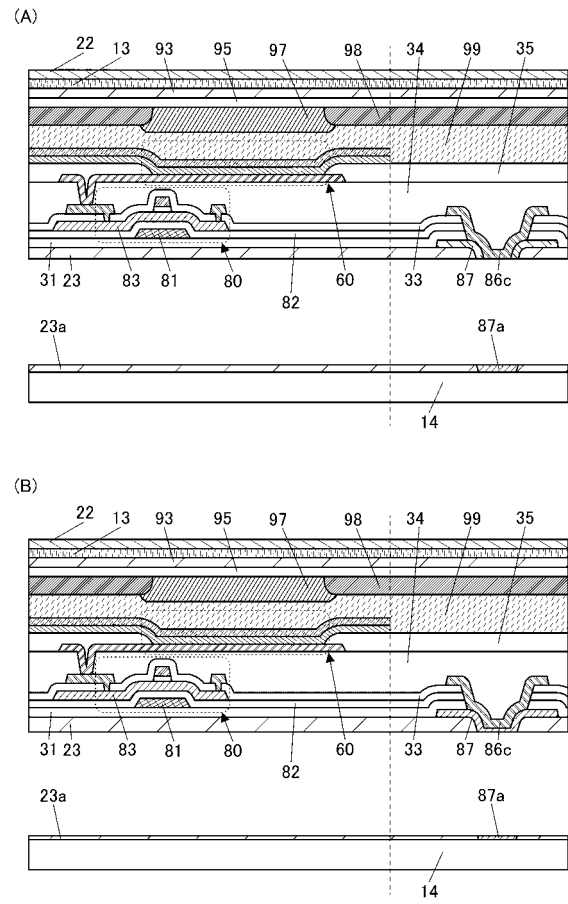
【図 19】



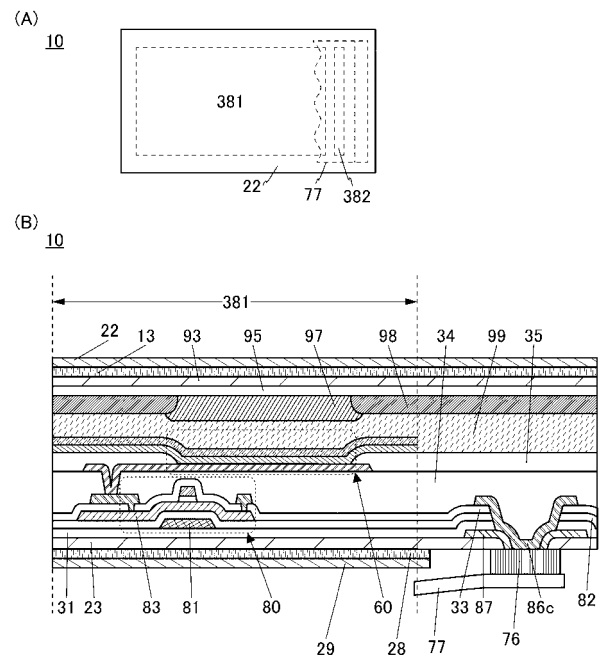
【図 21】



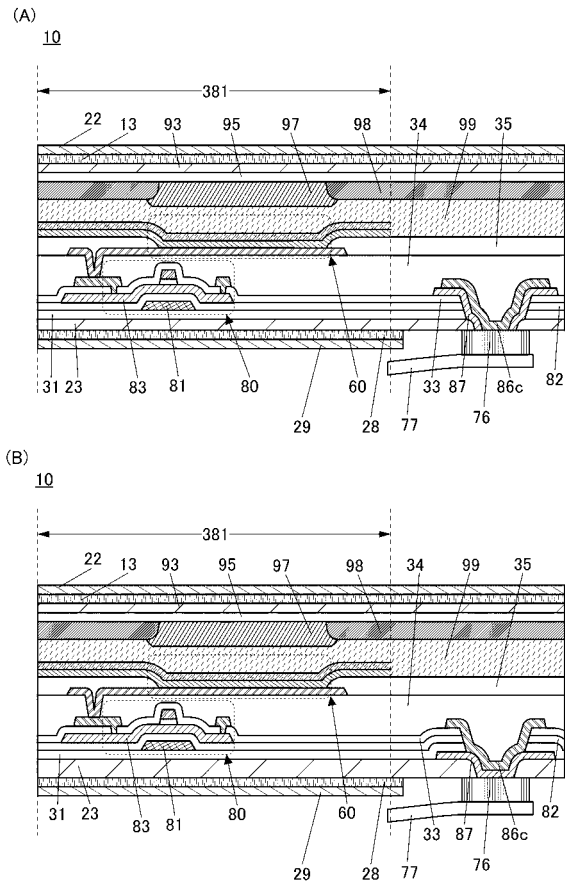
【図 20】



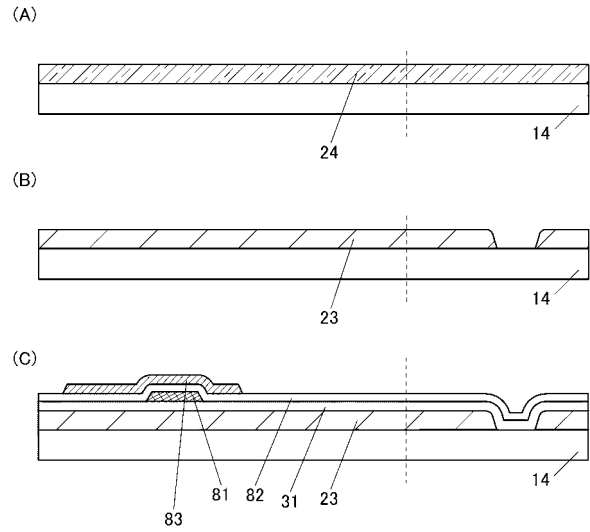
【図 22】



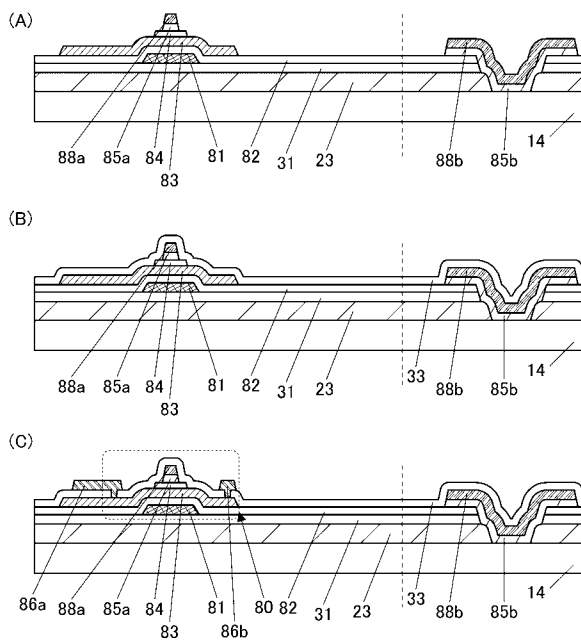
【図 2 3】



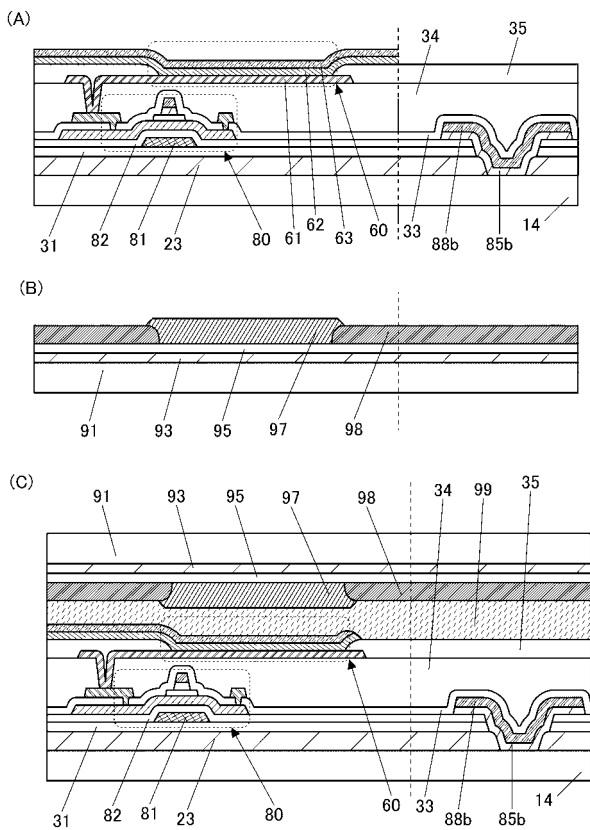
【図 2 4】



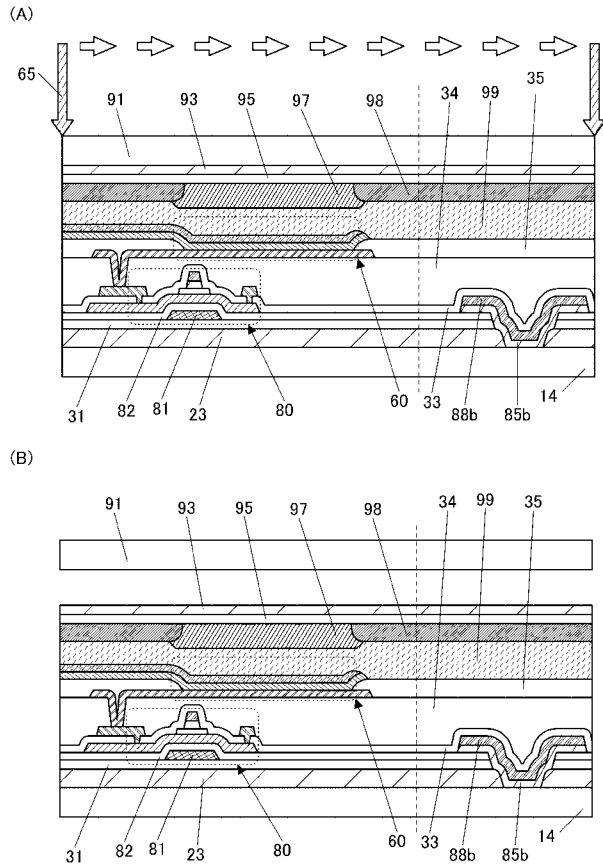
【図 2 5】



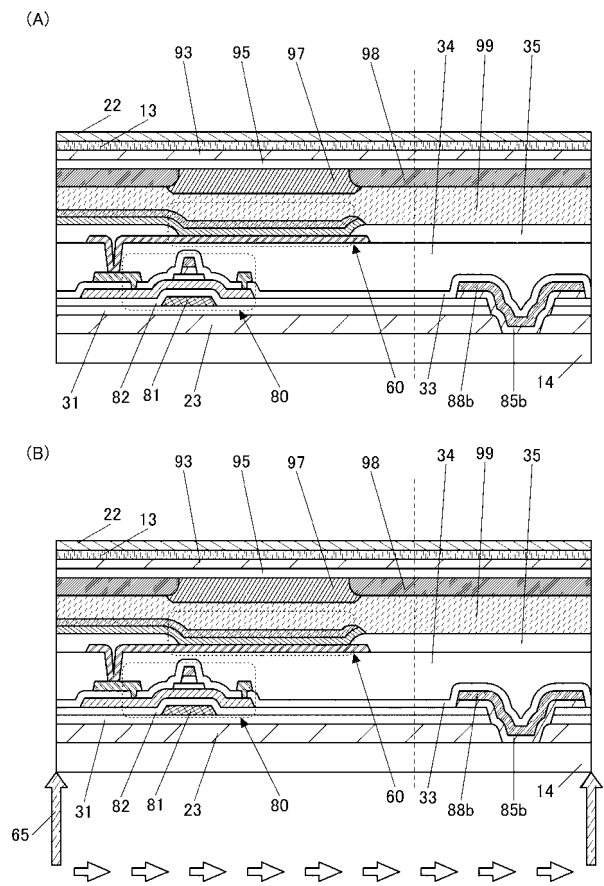
【図 2 6】



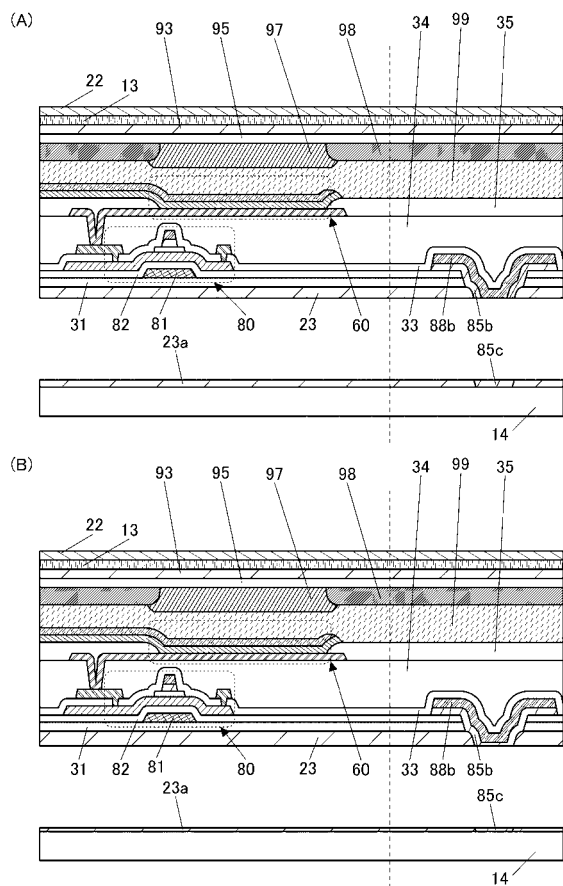
【図 27】



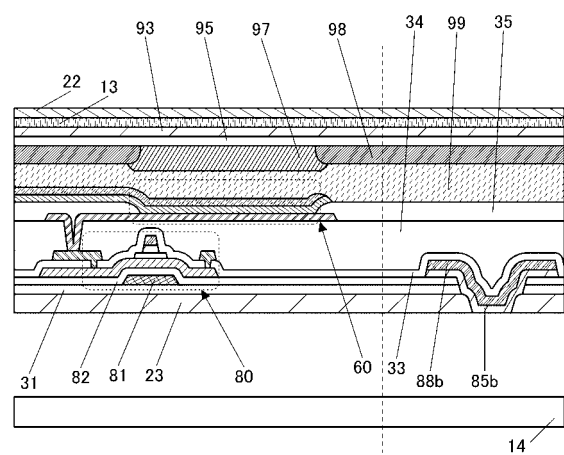
【図 28】



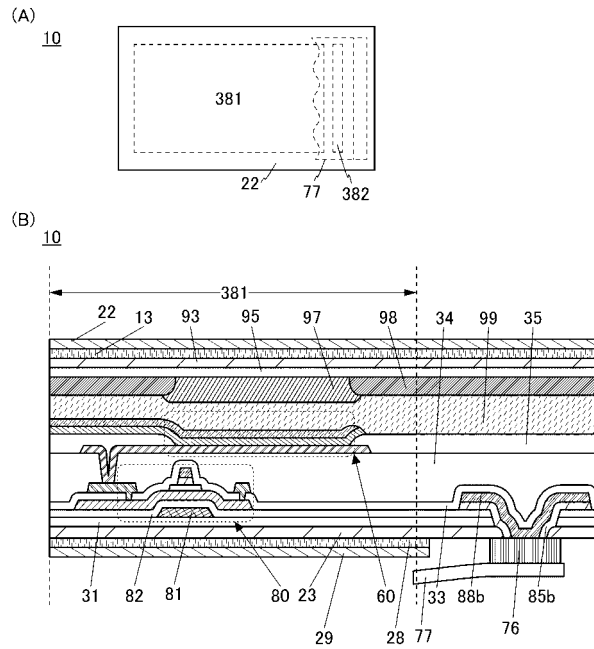
【図 29】



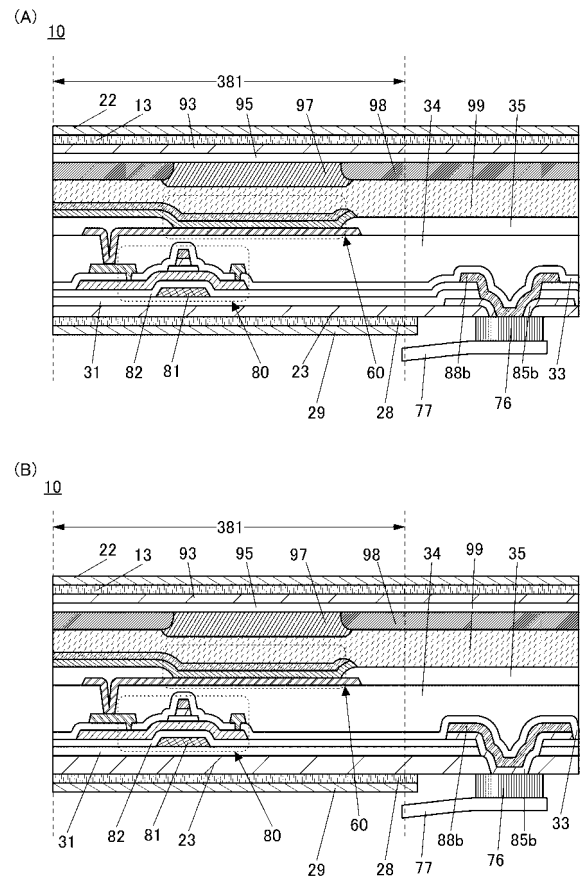
【図 30】



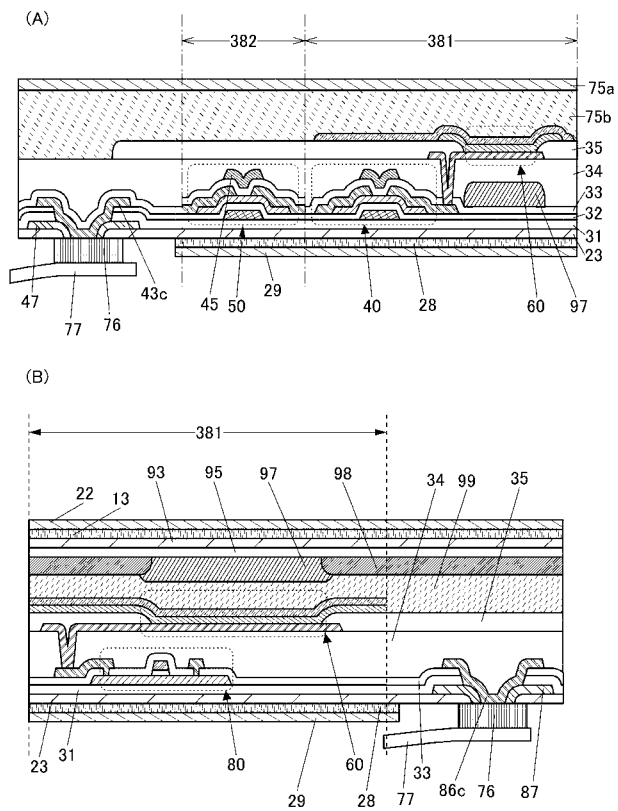
【図 3 1】



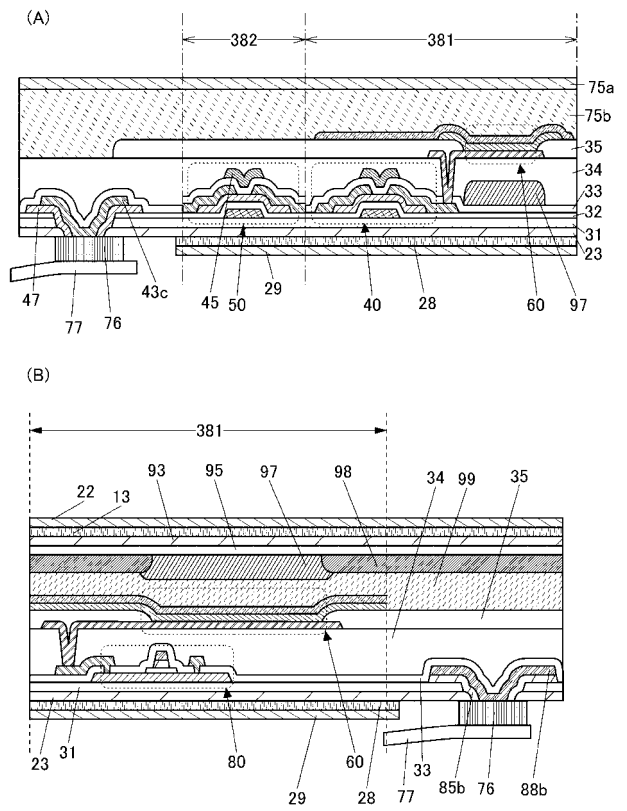
【図 3 2】



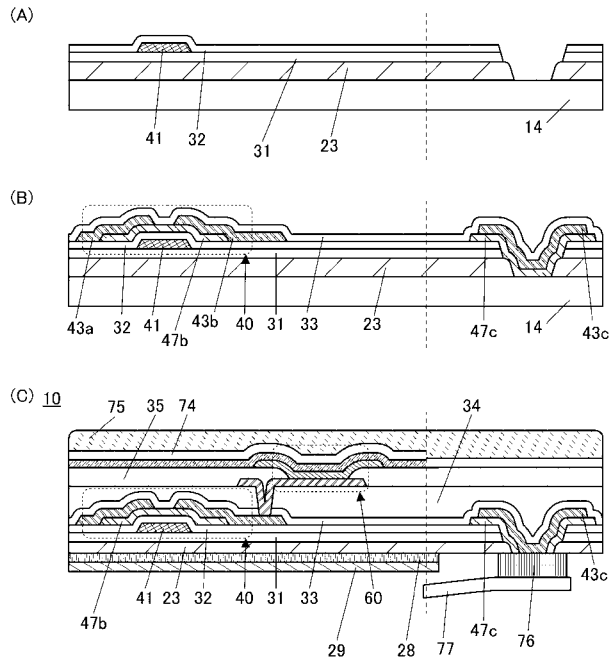
【図 3 3】



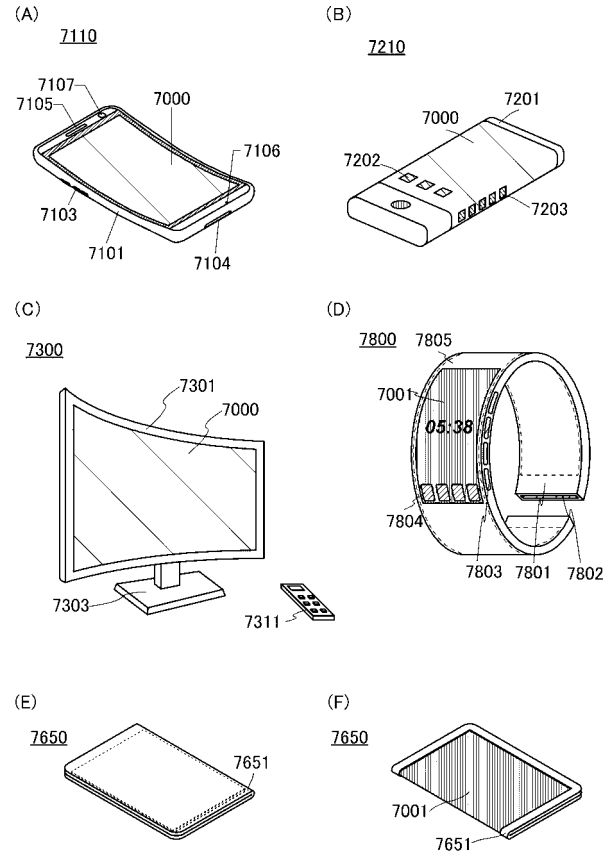
【図 3 4】



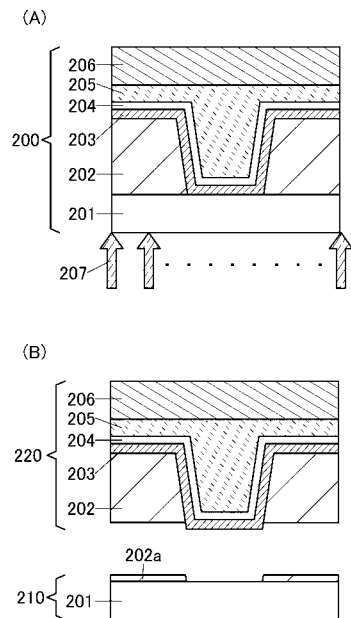
【図 3 5】



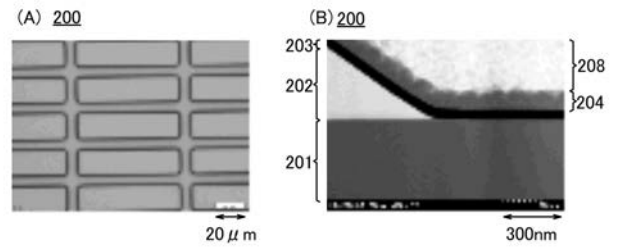
【図 3 6】



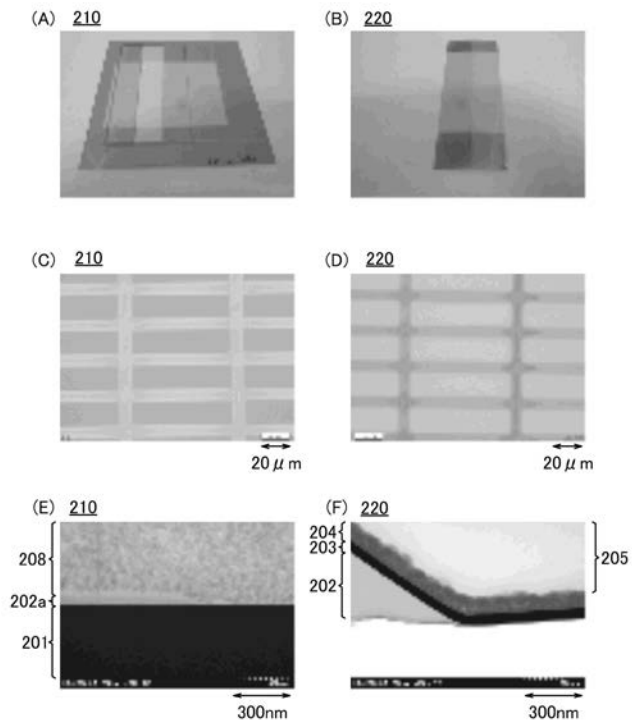
【図 3 7】



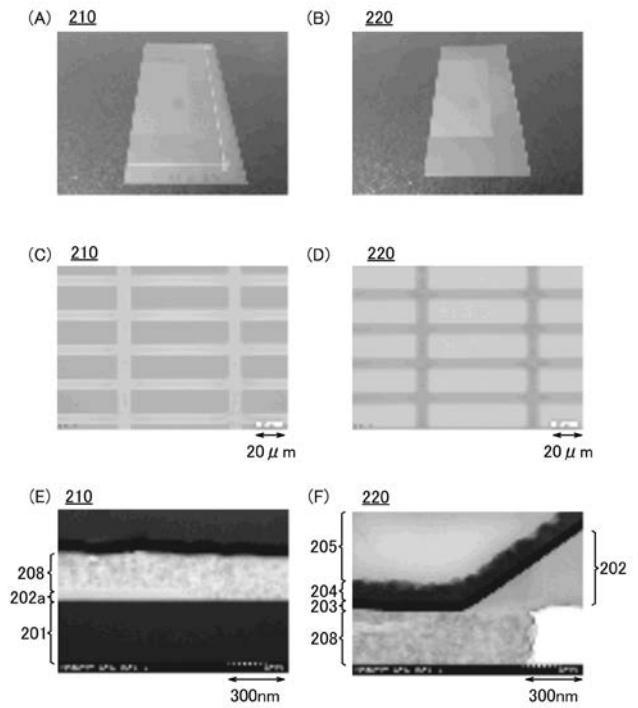
【図 3 8】



【図 39】



【図 40】



フロントページの続き

(72)発明者 安達 広樹

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

F ターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB07 BB08 CC21 CC41 CC42 CC45 EE04 FF03
FF15 GG06 GG51
5F110 AA16 AA17 AA30 BB01 CC01 CC03 CC05 CC07 DD01 DD06
DD08 DD12 DD13 DD14 DD15 DD17 DD24 EE01 EE02 EE03
EE04 EE05 EE06 EE07 EE09 EE14 EE30 EE42 EE43 EE44
EE45 FF01 FF02 FF03 FF04 FF27 FF28 FF29 FF30 GG01
GG07 GG12 GG13 GG17 GG42 GG43 GG44 GG45 HK32 HK33
HK34 HK35 HL22 HL23 HL24 NN03 NN05 NN22 NN23 NN24
NN27 NN33 NN34 NN35 QQ03 QQ06 QQ14 QQ19 QQ30