

(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2010-39479

(P2010-39479A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02F 1/167 (2006.01)	G02F 1/167	2K101
G09F 9/30 (2006.01)	G09F 9/30 310	5C094
G09F 9/37 (2006.01)	G09F 9/37 Z	
	G09F 9/30 338	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2009-158934 (P2009-158934)	(71) 出願人	000153878
(22) 出願日	平成21年7月3日(2009.7.3)		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2008-180762 (P2008-180762)		神奈川県厚木市長谷398番地
(32) 優先日	平成20年7月10日(2008.7.10)	(72) 発明者	及川 欣聡
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		栃木県下部賀郡都賀町大字升塚161-2
			アドバンスト フィルム デバイス
			インク株式会社内
		(72) 発明者	江口 晋吾
			栃木県下部賀郡都賀町大字升塚161-2
			アドバンスト フィルム デバイス
			インク株式会社内
		(72) 発明者	増山 光男
			栃木県下部賀郡都賀町大字升塚161-2
			アドバンスト フィルム デバイス
			インク株式会社内

最終頁に続く

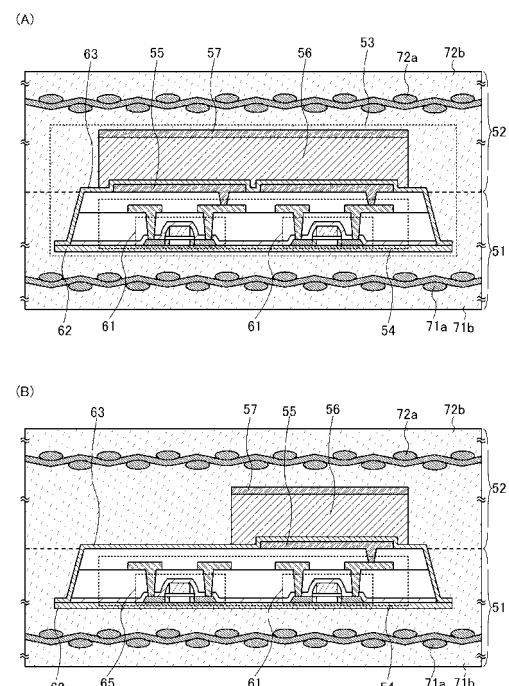
(54) 【発明の名称】 電子ペーパー

(57) 【要約】

【課題】電子ペーパーの外部ストレスに対する耐性を向上させることを目的の一とする。

【解決手段】第1の繊維体に第1の有機樹脂が含浸された第1の構造体を有する第1の絶縁フィルムと、第2の繊維体に第2の有機樹脂が含浸された第2の構造体を有する第2の絶縁フィルムとの間に、集積回路部、第1の電極、第2の電極及び帯電粒子含有層を有する素子形成層を設けることによって、外部ストレスに対する耐性を向上させる構成とする。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに対向して設けられた第 1 の絶縁フィルム及び第 2 の絶縁フィルムと、前記第 1 の絶縁フィルムと前記第 2 の絶縁フィルムの間に設けられた素子形成層とを有し、

前記素子形成層は、集積回路部と、前記集積回路部に電氣的に接続する第 1 の電極と、前記第 1 の電極と対向して設けられた第 2 の電極と、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に設けられた帯電粒子含有層とを有し、

前記第 1 の絶縁フィルムは、第 1 の繊維体に第 1 の有機樹脂が含浸された第 1 の構造体を有し、

前記第 2 の絶縁フィルムは、第 2 の繊維体に第 2 の有機樹脂が含浸された第 2 の構造体を有し、

前記第 1 の絶縁フィルムと前記第 2 の絶縁フィルムの端部において、前記第 1 の有機樹脂と前記第 2 の有機樹脂が接着していることを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 2】

互いに対向して設けられた第 1 の絶縁フィルム及び第 2 の絶縁フィルムと、前記第 1 の絶縁フィルムと前記第 2 の絶縁フィルムの間に設けられた素子形成層とを有し、

前記素子形成層は、集積回路部と、前記集積回路部に電氣的に接続する第 1 の電極と、前記第 1 の電極と対向して設けられた第 2 の電極と、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に設けられた帯電粒子含有層とを有し、

前記第 1 の絶縁フィルムは、第 1 の繊維体に第 1 の有機樹脂が含浸された第 1 の構造体と、前記第 1 の構造体より弾性率が低い第 1 の保護フィルムとを有し、

前記第 2 の絶縁フィルムは、第 2 の繊維体に第 2 の有機樹脂が含浸された第 2 の構造体と、前記第 2 の構造体より弾性率が低い第 2 の保護フィルムとを有し、

前記第 1 の絶縁フィルムと前記第 2 の絶縁フィルムの端部において、前記第 1 の有機樹脂と前記第 2 の有機樹脂が接着していることを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 において、

前記第 1 の絶縁フィルムの表面と前記第 2 の絶縁フィルムの表面の少なくとも一方に、導電膜が設けられていることを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 4】

請求項 1 又は請求項 2 において、

前記第 1 の絶縁フィルムの表面に第 1 の導電膜が設けられ、前記第 2 の絶縁フィルムの表面に第 2 の導電膜が設けられており、

前記第 1 の導電膜と前記第 2 の導電膜が電氣的に接続していることを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、

前記第 1 の絶縁フィルムと前記第 2 の絶縁フィルムを前記素子形成層に対して対称に設けることを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項において、

前記集積回路部と前記第 1 の絶縁フィルムとの間及び前記集積回路部と前記第 2 の絶縁フィルムとの間に、バリア層が設けられていることを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、

前記第 1 の有機樹脂と前記第 2 の有機樹脂が接着する部分において、前記第 1 の有機樹脂又は前記第 2 の有機樹脂に凹部が設けられていることを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項において、

前記第 1 の有機樹脂及び前記第 2 の有機樹脂は、熱硬化性樹脂又は熱可塑性樹脂を含む

10

20

30

40

50

ことを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一項において、

前記第 1 の繊維体及び前記第 2 の繊維体は、ポリビニルアルコール系繊維、ポリエステル系繊維、ポリアミド系繊維、ポリエチレン系繊維、アラミド系繊維、ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール繊維、ガラス繊維又は炭素繊維であることを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか一項において、

前記第 1 の保護フィルム及び前記第 2 の保護フィルムは、アラミド樹脂、ポリエチレンテレフタレート樹脂、ポリエチレンナフタレート樹脂、ポリエーテルサルホン樹脂、ポリフェニレンサルファイド樹脂、ポリイミド樹脂のいずれか一を有することを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項において、

前記集積回路部は、薄膜トランジスタ、不揮発性記憶素子、ダイオードのいずれか一を有することを特徴とする電子ペーパー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子ペーパー及びその作製方法に関し、特に可撓性を有する電子ペーパー及びその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、液晶表示装置、EL 表示装置等の表示装置に関する研究が盛んに行われており、低消費電力で駆動可能な表示装置のひとつとして電子ペーパーが注目されている。電子ペーパーは、低消費電力化や電源を切っても画像を保持できるという利点を有しており、電子書籍やポスターへの利用が期待されている。

【0003】

これまでに様々な種類・方式を用いた電子ペーパーが提案されており、電子ペーパーにおいても液晶表示装置等と同様に、画素のスイッチング素子としてトランジスタを用いたアクティブマトリクス型の電子ペーパーが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 169190 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

電子ペーパーを電子書籍として利用する場合には、人の手に触れる回数が多くなるため、電子ペーパーを構成するトランジスタ等の素子の機械的強度や静電気に対する耐性等が要求される。また、電子ペーパーを、建物、建屋の屋根や窓に取り付けてポスター等として利用する場合には、高い耐候性、耐久性等が要求される。このように、信頼性の高い電子ペーパーとするためには、電子ペーパーに外部から与えられる力（以下、外部ストレスともいう）に対する耐性を向上させることが必要となる。

【0006】

本発明の一態様は、電子ペーパーの外部ストレスに対する耐性を向上させることを目的の一とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

10

20

30

40

50

本発明の一態様は、第１の繊維体に第１の有機樹脂が含浸された第１の構造体を有する第１の絶縁フィルムと、第２の繊維体に第２の有機樹脂が含浸された第２の構造体を有する第２の絶縁フィルムとの間に素子形成層を設けることによって、外部ストレスに対する耐性を向上させる構成とする。なお、外部ストレスとは、曲げ等の変形動作、局所的にかかる圧力（押圧）などの機械的ストレス、静電気などの電氣的ストレス、風雨、塵などの物理的ストレスなど、電子ペーパーへの有害要因となるストレス全般を含む。

【０００８】

また、本発明の一態様は、互いに対向して設けられた第１の絶縁フィルム及び第２の絶縁フィルムと、第１の絶縁フィルムと第２の絶縁フィルムの間に設けられた素子形成層とを有し、素子形成層は、集積回路部と、集積回路部に電氣的に接続する第１の電極と、第１の電極と対向して設けられた第２の電極と、第１の電極と第２の電極の間に設けられた帯電粒子含有層とを有し、第１の絶縁フィルムは、第１の繊維体に第１の有機樹脂が含浸された第１の構造体を有し、第２の絶縁フィルムは、第２の繊維体に第２の有機樹脂が含浸された第２の構造体を有し、第１の絶縁フィルムと第２の絶縁フィルムの端部において、第１の有機樹脂と第２の有機樹脂が接着していることを特徴としている。

10

【０００９】

また、本発明の一態様は、互いに対向して設けられた第１の絶縁フィルム及び第２の絶縁フィルムと、第１の絶縁フィルムと第２の絶縁フィルムの間に設けられた素子形成層とを有し、素子形成層は、集積回路部と、集積回路部に電氣的に接続する第１の電極と、第１の電極と対向して設けられた第２の電極と、第１の電極と第２の電極の間に設けられた帯電粒子含有層とを有し、第１の絶縁フィルムは、第１の繊維体に第１の有機樹脂が含浸された第１の構造体と、第１の構造体より弾性率が低い第１の保護フィルムとを有し、第２の絶縁フィルムは、第２の繊維体に第２の有機樹脂が含浸された第２の構造体と、第２の構造体より弾性率が低い第２の保護フィルムとを有し、第１の絶縁フィルムと第２の絶縁フィルムの端部において、第１の有機樹脂と第２の有機樹脂が接着していることを特徴としている。

20

【発明の効果】

【００１０】

本発明の一態様によれば、第１の繊維体に第１の有機樹脂が含浸された第１の構造体を有する第１の絶縁フィルムと、第２の繊維体に第２の有機樹脂が含浸された第２の構造体を有する第２の絶縁フィルムとの間に素子形成層を設けることによって、電子ペーパーの外部ストレスに対する耐性を向上させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】電子ペーパーの一例を説明する図。

【図２】電子ペーパーの一例を説明する図。

【図３】電子ペーパーの一例を説明する図。

【図４】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図５】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図６】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

40

【図７】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図８】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図９】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図１０】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図１１】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図１２】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図１３】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図１４】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図１５】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図１６】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

50

【図 1 7】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図 1 8】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図 1 9】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図 2 0】電子ペーパーの作製方法の一例を説明する図。

【図 2 1】電子ペーパーの一例を説明する図。

【図 2 2】電子ペーパーの使用形態の一例を説明する図。

【図 2 3】繊維体に有機樹脂が含浸された構造体の一例を説明する図。

【図 2 4】繊維体に有機樹脂が含浸された構造体の一例を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

10

本発明の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。なお、以下に説明する本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。

【0013】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、電子ペーパーの一例について図面を参照して説明する。

【0014】

20

本実施の形態で示す電子ペーパーは、互いに対向するように設けられた第 1 の絶縁フィルム 5 1 及び第 2 の絶縁フィルム 5 2 と、第 1 の絶縁フィルム 5 1 と第 2 の絶縁フィルム 5 2 間に設けられた素子形成層 5 3 とを有している。また、第 1 の絶縁フィルム 5 1 は繊維体 7 1 a に第 1 の有機樹脂 7 1 b が含浸された第 1 の構造体を具備し、第 2 の絶縁フィルム 5 2 は繊維体 7 2 a に第 2 の有機樹脂 7 2 b が含浸された第 2 の構造体を具備し、素子形成層 5 3 が設けられていない領域（例えば、第 1 の絶縁フィルム 5 1 及び第 2 の絶縁フィルム 5 2 の端部）において、第 1 の有機樹脂 7 1 b と第 2 の有機樹脂 7 2 b が接着した構成となっている（図 1 (A) 参照）。

【0015】

図 1 では、第 1 の絶縁フィルム 5 1 を第 1 の構造体のみで設ける（第 1 の構造体が第 1 の絶縁フィルム 5 1 に相当する）場合を示しているが、第 1 の構造体に加えて他の絶縁層を積層させて第 1 の絶縁フィルム 5 1 としてもよい。第 2 の絶縁フィルム 5 2 についても同様である。また、第 1 の絶縁フィルム 5 1 及び第 2 の絶縁フィルム 5 2 は、可撓性を有する絶縁材料で設ける。

30

【0016】

素子形成層 5 3 は、トランジスタや容量素子等の素子が設けられた集積回路部 5 4 と、当該集積回路部 5 4 に設けられた素子と電気的に接続する第 1 の電極 5 5 と、当該第 1 の電極 5 5 と対向して設けられた第 2 の電極 5 7 と、第 1 の電極 5 5 と第 2 の電極 5 7 との間に設けられた帯電粒子含有層 5 6 を有している。

【0017】

40

図 1 (A) では、集積回路部 5 4 にトランジスタ 6 1 を設け、当該トランジスタ 6 1 と第 1 の電極 5 5 が電気的に接続して設けられたアクティブマトリクス型の構成を示している。もちろん、本実施の形態で示す電子ペーパーはこの構成に限られず、走査線駆動回路や信号線駆動回路等の回路やメモリ回路を構成するトランジスタ 6 5 を、画素用のトランジスタ 6 1 と同様に設けた構成としてもよい（図 1 (B) 参照）。

【0018】

また、集積回路部 5 4 にアンテナを設け、外部と無線で情報の送受信を行う構成としてもよい。この場合、集積回路部 5 4 に設けられたアンテナを介して外部から表示する画像等の情報を受信することができる。

【0019】

50

なお、図 1 において、トランジスタの構成は特に限定されず、シングルドレイン構造、LDD（低濃度ドレイン）構造、ゲートオーバーラップドレイン構造など各種構造を適用することができる。ここでは、ゲート電極の側面に接する絶縁層（「サイドウォール」ともよばれる）を用いて低濃度不純物領域が設けられたLDD構造の結晶質半導体を用いた薄膜トランジスタを示しているが、これに限定されない。例えば、非晶質半導体の薄膜トランジスタや有機トランジスタ等も同様に用いることができる。

【0020】

また、トランジスタの構成として、概略同電位のゲート電圧が印加されるトランジスタが直列に接続された形となるマルチゲート構造、半導体層の上下をゲート電極で挟むデュアルゲート構造等で形成される薄膜トランジスタ等を適用することができる。他にも、電子ペーパーの画素におけるスイッチング素子として機能するのであれば、トランジスタに限られず、ダイオード、MIM（Metal - Insulator - Metal）、又はMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）等を用いることもできる。

10

【0021】

帯電粒子含有層56は、帯電した粒子を有しており、当該帯電した粒子が第1の電極55及び第2の電極57により付与される電場により移動して、画像が表示される構成とすることができる。帯電粒子含有層56の構成は、電子ペーパーに適用する方式（マイクロカプセル型電気泳動、水平移動型電気泳動、垂直移動型電気泳動、ツイストボール方式、帯電トナー、電子粉流体（登録商標）等）により適宜用いる材料を選択すればよい。

20

【0022】

例えば、帯電粒子含有層56として、正に帯電したある色の粒子と負に帯電した異なる色の粒子を含むマイクロカプセルを用いることができる。

【0023】

素子形成層53の上下に設けられる繊維体71a、72aとしては、有機化合物又は無機化合物の高強度繊維を用いることができる。高強度繊維の代表例としては、ポリビニルアルコール系繊維、ポリエステル系繊維、ポリアミド系繊維、ポリエチレン系繊維、アラミド系繊維、ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール繊維、ガラス繊維、又は炭素繊維が挙げられる。ガラス繊維としては、Eガラス、Sガラス、Dガラス、Qガラス等を用いたガラス繊維を用いることができる。なお、繊維体71a、72aは、一種類の上記高強度繊維で形成されてもよいし、複数の高強度繊維で形成されてもよい。また、繊維体を素子形成層53の上下に設けるのではなく一方に設けた構成としてもよい。

30

【0024】

また、繊維体71a、72aは、繊維（単系）の束（以下、糸束という。）を経系及び緯系に使って製織した織布、又は複数種の繊維の糸束をランダム又は一方向に堆積させた不織布で構成されてもよい。織布の場合、平織り、綾織り、しゅす織り等適宜用いることができる。

【0025】

糸束の断面は、円形でも楕円形でもよい。繊維糸束として、高圧水流、液体を媒体とした高周波の振動、連続超音波の振動、ロールによる押圧等によって、開繊加工をした繊維糸束を用いてもよい。開繊加工をした繊維糸束は、糸束幅が広くなり、厚み方向の単系数を削減することが可能であり、糸束の断面が楕円形又は平板状となる。また、繊維糸束として低撚糸を用いることで、糸束が扁平化やすく、糸束の断面形状が楕円形状又は平板形状となる。このように、断面が楕円形又は平板状の糸束を用いることで、繊維体71a、72aの厚さを薄く形成し、薄型の電子ペーパーを作製することができる。

40

【0026】

また、繊維の糸束径は4 μm 以上400 μm 以下、好ましくは4 μm 以上200 μm 以下とする。

【0027】

繊維体71a、72aとして、繊維糸束を経系及び緯系に使って製織した織布の上面図を

50

図 4 に示す。

【 0 0 2 8 】

図 4 (A) では、繊維体 7 1 a、7 2 a は、一定間隔をあけた経系 7 0 a と一定間隔をあけた緯系 7 0 b とで織られている。このような繊維体には、経系 7 0 a 及び緯系 7 0 b が存在しない領域 (バスケットホール 7 0 c という) を有する。この領域に有機樹脂が含浸される。

【 0 0 2 9 】

また、図 4 (B) に示すように、繊維体 7 1 a、7 2 a は、経系 7 0 a 及び緯系 7 0 b の密度が高く、バスケットホール 7 0 c の割合が低いものでもよい。代表的には、バスケットホール 7 0 c の大きさが、局所的に押圧される面積より小さい構成とすることが好ましい。代表的には一辺が 0 . 0 1 mm 以上 0 . 2 mm 以下の矩形であることが好ましい。繊維体 7 1 a、7 2 a のバスケットホール 7 0 c の面積がこのように小さいと、先端の細い部材 (代表的には、ペンや鉛筆等の筆記用具) により押圧されても、当該圧力を繊維体 7 1 a、7 2 a 全体で吸収することが可能である。

【 0 0 3 0 】

図 2 3、図 2 4 に、繊維体に有機樹脂が含浸された構造体を設ける場合の一例を示す。なお、図 2 3 (A) は、実際に作製したサンプルの断面 S E M 像 (1 0 0 0 倍) を示し、図 2 3 (B) は図 2 3 (A) の模式図を示している。また、図 2 4 に、実際に作製したサンプルの断面を光学顕微鏡で観察した像 (2 0 倍) を示す。

【 0 0 3 1 】

図 2 3 は、トランジスタ部 5 0 を挟むように、繊維体 7 1 a に有機樹脂 7 1 b が含浸された第 1 の構造体 5 1 と、繊維体 7 2 a に有機樹脂 7 2 b が含浸された第 2 の構造体 5 2 とを設ける場合を示している。図 2 3 の断面図では、繊維体 7 1 a、繊維体 7 2 a として経系と緯系の一方のみが示されているが、観察する断面方向によっては経系と緯系の一方と交差する他方の繊維体が存在している。

【 0 0 3 2 】

図 2 4 の断面では、繊維系束から構成される経系と緯系が交差して設けられていることが示されている。

【 0 0 3 3 】

このように、繊維体を経系と緯系が互いにクロスするように布状に編み、これに有機樹脂を含浸させることにより、布状の面方向への伸び縮みを繊維体が抑え、且つ垂直方向に可撓性を有する構造体とすることができる。

【 0 0 3 4 】

また、繊維系束内部への有機樹脂の浸透率を高めるため、繊維に表面処理が施されても良い。例えば、繊維表面を活性化させるためのコロナ放電処理、プラズマ放電処理等がある。また、シランカップリング剤、チタネートカップリング剤を用いた表面処理がある。

【 0 0 3 5 】

繊維体 7 1 a、7 2 a に含浸され、且つ素子形成層 5 3 を封止する第 1 の有機樹脂 7 1 b、第 2 の有機樹脂 7 2 b は、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂、又はシアネート樹脂等の熱硬化性樹脂を用いて形成することができる。又は、ポリフェニレンオキシド樹脂、ポリエーテルイミド樹脂、又はフッ素樹脂等の熱可塑性樹脂を用いて形成することができる。また、上記熱可塑性樹脂及び上記熱硬化性樹脂の複数をを用いてもよい。上記有機樹脂を用いることで、熱処理により繊維体を素子形成層に固着することが可能である。なお、第 1 の有機樹脂 7 1 b、第 2 の有機樹脂 7 2 b はガラス転移温度が高いほど、局所的押圧に対して破壊しにくいいため好ましい。

【 0 0 3 6 】

また、第 1 の構造体、第 2 の構造体の厚さは、1 0 μ m 以上 1 0 0 μ m 以下、さらには 1 0 μ m 以上 3 0 μ m 以下とすることが好ましい。このような厚さの構造体を用いることで、薄型で湾曲することが可能な電子ペーパーを作製することができる。

【 0 0 3 7 】

また、第 1 の有機樹脂 7 1 b、第 2 の有機樹脂 7 2 b、又は繊維の系束内に高熱伝導性フィラーを分散させてもよい。高熱伝導性フィラーとしては、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、窒化珪素、アルミナ等が挙げられる。また、高熱伝導性フィラーとしては、銀、銅等の金属粒子がある。導電性フィラーが有機樹脂又は繊維系束内に含まれることにより素子形成層 5 3 での発熱を外部に放出しやすくなるため、素子形成層 5 3 の蓄熱を抑制し、電子ペーパーの破壊や表示不良を低減することができる。

【 0 0 3 8 】

ここで、本実施の形態で示す電子ペーパーが有する効果について、図 5 を用いて示す。

【 0 0 3 9 】

図 5 (A) に示すように、従来の電子ペーパーの構成は、素子形成層 4 0 が絶縁フィルム 4 1 a、4 1 b で封止される。このような電子ペーパーに局所的な外部ストレス (押圧 4 2) を加えた場合、図 5 (B) に示すように、素子形成層 4 0、絶縁フィルム 4 1 a、4 1 b がそれぞれ延伸してしまい、押圧部において曲率半径の小さな湾曲が生じてしまう。その結果、素子形成層 4 0 を構成する半導体素子や配線等に亀裂が生じてしまい、電子ペーパーが破壊されてしまう。

【 0 0 4 0 】

しかし、本実施の形態で示す電子ペーパーは、図 5 (C) に示すように、素子形成層 5 3 の上下に、引っ張り弾性率又はヤング率が高い繊維体有機樹脂によって固着されている。このため、図 5 (D) に示すように、点圧や線圧等の局所的な押圧 4 2 を加えた場合であっても、高強度繊維は延伸せず、押圧された力が繊維体全体に分散され、電子ペーパー全体で湾曲するようになる。その結果、局所的な押圧が加えられても、電子ペーパーで生じる湾曲は曲率半径の大きなものとなり、素子形成層 5 3 を構成する半導体素子や配線等に亀裂が生じず、電子ペーパーの破壊を低減することができる。

【 0 0 4 1 】

また、本実施の形態で示すように、第 1 の有機樹脂 7 1 b と第 2 の有機樹脂 7 2 b を直接接着させることによって、第 1 の絶縁フィルム 5 1 と第 2 の絶縁フィルム 5 2 との密着性を向上させ、貼り合わせ界面から水分等が浸入することを低減し、第 1 の絶縁フィルム 5 1 と第 2 の絶縁フィルム 5 2 の剥離を抑制することができる。

【 0 0 4 2 】

また、素子形成層 5 3 を第 1 の絶縁フィルム 5 1 と第 2 の絶縁フィルム 5 2 の中央部に配置する (第 1 の絶縁フィルム 5 1 と第 2 の絶縁フィルム 5 2 の膜厚を同程度とする) ことが好ましい。この場合、素子形成層 5 3 に対して第 1 の絶縁フィルム 5 1 (第 1 の構造体) と第 2 の絶縁フィルム 5 2 (第 2 の構造体) が対称に設けられるため、電子ペーパーを湾曲等させた際に素子形成層 5 3 に加わる力を均一に拡散し、曲げや反りなどに起因する素子形成層 5 3 の破損を低減することができる。

【 0 0 4 3 】

また、本実施の形態で示す電子ペーパーにおいて、素子形成層 5 3 と第 1 の絶縁フィルム 5 1、第 2 の絶縁フィルム 5 2 との間にバリア層を設けることが好ましい。例えば、図 1 (A)、(B) に示すように、集積回路部 5 4 を覆うように第 1 のバリア層 6 2 及び第 2 のバリア層 6 3 を設けることができる。

【 0 0 4 4 】

ここでは、第 1 のバリア層 6 2 上に集積回路部 5 4 を設け、第 1 の電極 5 5 を覆うように第 2 のバリア層 6 3 を設け、端部において第 1 のバリア層 6 2 と第 2 のバリア層 6 3 とが接するように設けることにより、集積回路部 5 4 をバリア層で包む構成となっている。このような構成とすることにより、水分やアルカリ金属などの不純物が浸入することを抑制し、集積回路部 5 4 に含まれるトランジスタ等の素子の劣化を低減することができる。特に、集積回路部 5 4 の素子として有機物を用いる場合 (集積回路部 5 4 に有機トランジスタを設ける場合) 等に有効となる。

【 0 0 4 5 】

なお、素子形成層 5 3 全体を包むように第 1 のバリア層 6 2 と第 2 のバリア層 6 3 を設けてもよい。この場合、第 2 のバリア層 6 3 を第 2 の電極 5 7 上に設ければよい。

【0046】

バリア層 6 2、6 3 としては、窒素含有層（窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化窒化珪素等）を用いることができる。

【0047】

本実施の形態は、本明細書の他の実施の形態で示した構成又は作製方法と適宜組み合わせて実施することができる。

【0048】

（実施の形態 2）

本実施の形態では、上記実施の形態 1 に示した電子ペーパーの作製方法の一例に関して図面を参照して説明する。

【0049】

まず、基板 1 0 0 の一表面に剥離層 1 0 2 を形成し、続けて絶縁層 1 0 4 を形成する（図 6（A）参照）。剥離層 1 0 2、絶縁層 1 0 4 は、連続して形成することができる。剥離層 1 0 2 と絶縁層 1 0 4 を連続して形成することにより、基板 1 0 0 が大気に曝されないため不純物の混入を防ぐことができる。

【0050】

基板 1 0 0 は、ガラス基板、石英基板、金属基板やステンレス基板等を用いることができる。例えば、1 辺が 1 メートル以上の矩形状のガラス基板を用いることにより、生産性を格段に向上させることができる。

【0051】

なお、本工程では、剥離層 1 0 2 を基板 1 0 0 の全面に設ける場合を示しているが、必要に応じて、基板 1 0 0 の全面に剥離層 1 0 2 を設けた後に当該剥離層 1 0 2 を選択的に除去し、所望の領域にのみ剥離層を設けてもよい。また、基板 1 0 0 に接して剥離層 1 0 2 を形成しているが、必要に応じて、基板 1 0 0 に接するように酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜、窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜等の絶縁層を形成し、当該絶縁層に接するように剥離層 1 0 2 を形成してもよい。

【0052】

剥離層 1 0 2 は、タングステン（W）、モリブデン（Mo）、チタン（Ti）、タンタル（Ta）、ニオブ（Nb）、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、ジルコニウム（Zr）、亜鉛（Zn）、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、パラジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）、珪素（Si）等の材料を用いて、単層又は積層させて形成することができる。又は、これらの元素を主成分とする合金材料を用いて形成してもよいし、これらの元素を主成分とする化合物材料を用いて形成してもよい。これらの材料は、スパッタリング法、プラズマ CVD 法、塗布法、印刷法等により、厚さ 30 nm ~ 200 nm で形成することができる。なお、塗布法は、溶液を被処理物上に吐出させて成膜する方法であり、例えばスピンコーティング法や液滴吐出法を含む。また、液滴吐出法とは微粒子を含む組成物の液滴を微細な孔から吐出して所定の形状のパターンを形成する方法である。

【0053】

剥離層 1 0 2 が単層構造の場合、好ましくは、タングステン、モリブデン、又はタングステンとモリブデンの混合物を含む層を形成する。又は、タングステンの酸化物若しくは酸化窒化物を含む層、モリブデンの酸化物若しくは酸化窒化物を含む層、又はタングステンとモリブデンの混合物の酸化物若しくは酸化窒化物を含む層を形成する。なお、タングステンとモリブデンの混合物とは、例えば、タングステンとモリブデンの合金に相当する。

【0054】

剥離層 1 0 2 が積層構造の場合、好ましくは、1 層目を金属層で形成し、2 層目を金属酸化物層で形成する。代表的には、1 層目の金属層を、タングステン、又はタングステンとモリブデンの混合物を含む層で形成し、2 層目を、タングステン又はタングステンとモリ

10

20

30

40

50

ブデンの混合物の酸化物、タングステン又はタングステンとモリブデンの混合物の窒化物を含む層で形成する。

【0055】

剥離層102として、1層目を金属層、2層目を金属酸化物層の積層構造で形成する場合、金属層をタングステンを含む層で形成し、その上層に酸化物で形成される絶縁層を形成することで、タングステンを含む層と絶縁層との界面に、金属酸化物層としてタングステンの酸化物を含む層が形成されることを活用してもよい。さらには、金属層の表面を、熱酸化処理、酸素プラズマ処理、オゾン水等の酸化力の強い溶液での処理等を行って金属酸化物層を形成してもよい。

【0056】

絶縁層104は、バッファ層として機能し、後の剥離工程において剥離層102との界面での剥離が容易となるように設ける。また、絶縁層104を設けることにより後の剥離工程において半導体素子や配線に亀裂やダメージが入るのを防ぐことができる。例えば、絶縁層104として、スパッタリング法、プラズマCVD法、塗布法、印刷法等により、無機化合物を用いて単層又は多層で形成する。無機化合物の代表例としては、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素等がある。

【0057】

また、絶縁層104として、窒素含有層（窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化窒化珪素等）を用いることにより、外部から後に形成される素子へ水分、不純物、酸素等の気体が侵入することを防止することができる。つまり、絶縁層104がバリア層として機能する。絶縁層104の厚さは10nm以上1000nm以下、さらには100nm以上700nm以下で設けることが好ましい。

【0058】

次に、絶縁層104上に薄膜トランジスタ106を形成する（図6（B）参照）。薄膜トランジスタ106は、少なくともソース領域、ドレイン領域及びチャネル形成領域を有する半導体層108と、ゲート絶縁層110と、ゲート電極112とで構成される。

【0059】

半導体層108は、厚さ10nm以上100nm以下、好ましくは20nm以上70nm以下の非単結晶半導体で形成される層であり、非単結晶半導体層としては、結晶性半導体層、非晶質半導体層、微結晶半導体層等がある。また、半導体としては、シリコン、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウム化合物等がある。特に、レーザー光の照射、瞬間熱アニール（RTA）やファーンেসアニール炉を用いた熱処理、又はこれらの方法を組み合わせた方法により結晶化させた結晶質半導体を適用することが好ましい。加熱処理においては、シリコン半導体の結晶化を助長する作用のあるニッケルなどの金属元素を用いた結晶化法を適用することができる。

【0060】

ゲート絶縁層110は、厚さ5nm以上200nm以下、好ましくは10nm以上100nm以下の酸化珪素及び酸化窒化珪素などの無機絶縁物で形成する。

【0061】

ゲート電極112は、金属又は一導電型の不純物を添加した多結晶半導体で形成することができる。金属を用いる場合は、タングステン（W）、モリブデン（Mo）、チタン（Ti）、タンタル（Ta）、アルミニウム（Al）などを用いることができる。また、金属を窒化させた金属窒化物を用いることができる。或いは、当該金属窒化物からなる第1層と当該金属から成る第2層とを積層させた構造としても良い。このとき第1層を金属窒化物とすることで、バリアメタルとすることができる。すなわち、第2層の金属が、ゲート絶縁層やその下層の半導体層に拡散することを防ぐことができる。また、積層構造とする場合には、第1層の端部が第2層の端部より外側に突き出した形状としても良い。

【0062】

薄膜トランジスタ106は、シングルドレイン構造、LDD（低濃度ドレイン）構造、ゲートオーバーラップドレイン構造など各種構造を適用することができる。ここでは、ゲ-

10

20

30

40

50

ト電極 112 の側面に接する絶縁層（「サイドウォール」ともよばれる）を用いて低濃度不純物領域が設けられた LDD 構造の薄膜トランジスタを示している。他にも、概略同電位のゲート電圧が印加されるトランジスタが直列に接続された形となるマルチゲート構造、半導体層の上下をゲート電極で挟むデュアルゲート構造等で形成される薄膜トランジスタ等を適用することができる。

【0063】

また、薄膜トランジスタ 106 として金属酸化物や有機半導体材料を半導体層に用いた薄膜トランジスタを用いることが可能である。金属酸化物の代表的には酸化亜鉛や亜鉛ガリウムインジウムの酸化物等がある。

【0064】

次に、薄膜トランジスタ 106 のソース、ドレインに電氣的に接続する配線 118 を形成し、当該配線 118 に電氣的に接続する第 1 の電極 122 を形成する（図 6（C）参照）。第 1 の電極 122 は、画素電極として機能する。

【0065】

ここでは、薄膜トランジスタ 106 を覆うように絶縁層 114、116 を形成し、絶縁層 116 上にソース電極、ドレイン電極としても機能しうる配線 118 を形成する。その後、配線 118 上に絶縁層 120 を形成し、当該絶縁層 120 上に画素電極として機能する第 1 の電極 122 を形成する。

【0066】

絶縁層 114、116 は、層間絶縁層として機能する。絶縁層 114、116 は、珪素の酸化物や珪素の窒化物等の無機材料、ポリイミド、ポリアミド、ベンゾシクロブテン、アクリル、エポキシ等の有機材料、シロキサン材料等を用いて、単層又は積層で形成する。これらの材料は、CVD 法、スパッタ法、SOG 法、液滴吐出法、スクリーン印刷法等により形成することができる。ここでは、1 層目の絶縁層 114 として窒化酸化珪素膜で形成し、2 層目の絶縁層 116 として酸化窒化珪素膜で形成することができる。

【0067】

配線 118 は、チタン（Ti）とアルミニウム（Al）の積層構造、モリブデン（Mo）とアルミニウム（Al）との積層構造など、アルミニウム（Al）のような低抵抗材料と、チタン（Ti）やモリブデン（Mo）などの高融点金属材料を用いたバリアメタルとの組み合わせで形成することが好ましい。

【0068】

絶縁層 120 は、珪素の酸化物や珪素の窒化物等の無機材料、ポリイミド、ポリアミド、ベンゾシクロブテン、アクリル、エポキシ等の有機材料、シロキサン材料等を用いて、単層又は積層で形成する。これらの材料は、CVD 法、スパッタ法、SOG 法、液滴吐出法、スクリーン印刷法等により形成することができる。ここでは、絶縁層 120 として、スクリーン印刷法を用いてエポキシで設ける。

【0069】

第 1 の電極 122 は、酸化インジウムに酸化スズを混合したインジウムスズ酸化物（ITO）、インジウムスズ酸化物（ITO）に酸化珪素を混合したインジウムスズ珪素酸化物（ITSO）、酸化インジウムに酸化亜鉛を混合したインジウム亜鉛酸化物（IZO）、酸化亜鉛（ZnO）又は酸化スズ（SnO₂）等を用いて形成することができる。また、第 1 の電極 122 として、反射性を有する金属（例えば、アルミニウム又は銀を主成分とする材料膜、又はそれらの積層膜等）を用いてもよい。

【0070】

次に、基板 100 の端部に設けられた絶縁層をエッチング等により除去し、その後、絶縁層 123 を形成する（図 6（D）参照）。ここでは、少なくとも絶縁層 114、116、120 を除去して、絶縁層 104 を露出させる。なお、1 枚の基板から複数のパネルを形成する（多面取りする）場合には、パネルを形成する各々の領域の端部において絶縁層をエッチングし、それぞれのパネルを構成する素子毎に分離する。

【0071】

10

20

30

40

50

絶縁層 123 は、バリア層として機能し、少なくとも薄膜トランジスタ 106 を具備する集積回路部 125 を覆うように形成することが好ましい。ここでは、バリア層として機能する絶縁層 104 及び絶縁層 123 を用いて、集積回路部 125 と第 1 の電極 122 を包む場合を示している。

【0072】

絶縁層 123 として、窒素含有層（窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化窒化珪素等）を用いることができる。

【0073】

次に、薄膜トランジスタ 106 等を含む集積回路部 125 及び第 1 の電極 122 等の素子を有する層（以下、「素子層 124」と記す）を基板 100 から容易に剥離させるために、素子層 124 を基板 100 から剥離する前にレーザー光を照射して、溝を形成することが好ましい。ここでは、端部において露出した絶縁層 104 にレーザー光を照射することにより溝 128 を形成する（図 6（E）参照）。

10

【0074】

次に、図 7（A）に示すように、素子層 124 に粘着シート 130 を貼り合わせて設ける。粘着シート 130 は、光又は熱により剥離可能なシートを適用する。

【0075】

粘着シート 130 を貼り合わせることで、剥離が容易に行えたと共に剥離の前後において素子層 124 に加わる応力を低減し、集積回路部 125 に設けられた素子の破損を抑制し、歩留まりを向上することが可能となる。

20

【0076】

次に、溝 128 をきっかけとして、剥離層 102 及びバッファ層として機能する絶縁層 104 の界面において、素子層 124 を基板 100 から剥離する（図 7（B）参照）。剥離方法としては、例えば、機械的な力を加えること（人間の手や把持具で引き剥がす処理や、ローラーを回転させながら分離する処理等）により行えばよい。

【0077】

また、溝 128 に液体を滴下し、剥離層 102 及び絶縁層 104 の界面に液体を浸透させて剥離層 102 から素子層 124 を剥離してもよい。また、溝 128 に NF_3 、 BrF_3 、 ClF_3 等のフッ化ガスを導入し、剥離層をフッ化ガスでエッチングし除去して、絶縁表面を有する基板から素子層 124 を剥離する方法を用いることができる。

30

【0078】

本実施の形態においては、剥離層 102 として絶縁層 104 に接する側に金属酸化層を形成し、素子層 124 を基板 100 から剥離する方法を用いたがこれに限られない。基板 100 として透光性を有する基板を用い、剥離層 102 として水素を含む非晶質珪素層を用い、基板 100 から剥離層 102 にレーザー光を照射して、非晶質珪素層に含まれる水素を気化させて、基板 100 と剥離層 102 との間で剥離する方法を用いることができる。

【0079】

また、基板 100 を機械的に研磨し除去する方法や、基板 100 を HF 等の溶液を用いて溶解し除去する方法を用いることができる。この場合、剥離層 102 を用いなくともよい。

40

【0080】

次に、剥離した素子層 124 の剥離面（剥離により露出した絶縁層 104 表面）側に、繊維体 132a に第 1 の有機樹脂 132b が含浸された第 1 の構造体 132 を設ける（図 7（C）参照）。このような構造体は、プリプレグとも呼ばれる。

【0081】

プリプレグは、繊維体にマトリックス樹脂を有機溶剤で希釈したワニスを含浸させた後、乾燥して有機溶剤を揮発させてマトリックス樹脂を半硬化させたものである。構造体の厚さは、 $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下、さらには $10\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。このような厚さの構造体を用いることで、薄型で湾曲することが可能な電子ペーパーを作製することができる。

50

【 0 0 8 2 】

第 1 の有機樹脂 1 3 2 b として、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂又はシアネート樹脂等の熱硬化性樹脂を用いることができる。他にも、ポリフェニレンオキシド樹脂、ポリエーテルイミド樹脂又はフッ素樹脂等の熱可塑性樹脂を用いてもよい。上記有機樹脂を用いることで、熱処理により繊維体を素子層 1 2 4 に固着することができる。なお、第 1 の有機樹脂 1 3 2 b はガラス転移温度が高いほど、局所的押圧に対して破壊しにくいいため好ましい。

【 0 0 8 3 】

繊維体 1 3 2 a は、有機化合物又は無機化合物の高強度繊維を用いた織布又は不織布であり、経糸と緯糸が部分的に重なるように配置する。高強度繊維としては、具体的には引張弾性率又はヤング率の高い繊維である。高強度繊維の代表例としては、ポリビニルアルコール系繊維、ポリエステル系繊維、ポリアミド系繊維、ポリエチレン系繊維、アラミド系繊維、ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール繊維、ガラス繊維、又は炭素繊維が挙げられる。ガラス繊維としては、E ガラス、S ガラス、D ガラス、Q ガラス等を用いたガラス繊維が挙げられる。なお、繊維体 1 3 2 a は、一種類の上記高強度繊維で形成されてもよいし、複数の上記高強度繊維で形成されてもよい。

10

【 0 0 8 4 】

次に、第 1 の構造体 1 3 2 を加熱すると共に圧着して、第 1 の有機樹脂 1 3 2 b を可塑性又は硬化する。例えば、第 1 の有機樹脂 1 3 2 b として熱硬化性のエポキシ樹脂を用いた場合、素子層 1 2 4 の剥離面側に第 1 の構造体 1 3 2 を設けた後、加熱と同時に圧着を行うことによって、素子層 1 2 4 の剥離面側に第 1 の有機樹脂 1 3 2 b が均一に広がり硬化する。また、熱可塑性樹脂を用いた場合には、素子層 1 2 4 の剥離面側に第 1 の構造体 1 3 2 を設けて加熱及び圧着を行うことにより貼り合わせた後、室温に冷却することにより可塑性した有機樹脂を硬化すればよい。

20

【 0 0 8 5 】

第 1 の構造体 1 3 2 を圧着する工程は、大気圧下又は減圧下で行うことができる。

【 0 0 8 6 】

次に、粘着シート 1 3 0 を剥離し、絶縁層 1 2 3 を露出させる（図 8（A）参照）。

【 0 0 8 7 】

次に、第 1 の電極 1 2 2 上に帯電粒子含有層 1 3 4 を形成する。例えば、マイクロカプセル 1 3 6 が分散されて固定されたバインダー 1 3 8 を第 1 の電極 1 2 2 上に設ける。続いて、帯電粒子含有層 1 3 4 上に第 2 の電極 1 4 0 を形成する。ここでは、あらかじめ表面上に第 2 の電極 1 4 0 が形成されたバインダー 1 3 8 を用いることにより、第 1 の電極 1 2 2 上に絶縁層 1 2 3 を介して帯電粒子含有層 1 3 4 及び第 2 の電極 1 4 0 を設ける（図 8（B）参照）。

30

【 0 0 8 8 】

マイクロカプセル 1 3 6 は、正に帯電したある色の粒子 1 3 6 a と、負に帯電した異なる色の粒子 1 3 6 b を含み、カプセル内に含まれる溶媒中に分散して存在している。そして、第 1 の電極 1 2 2 と第 2 の電極 1 4 0 により付与される電場によって、ある色又は他の色の粒子が一方に偏析してコントラストを画素毎に変えることにより画像を表示する。

40

【 0 0 8 9 】

また、バインダー 1 3 8 として、樹脂フィルムを用いることができ、当該樹脂フィルム内にマイクロカプセル 1 3 6 を分散させて固定することができる。このように、あらかじめマイクロカプセル 1 3 6 が分散されて固定されたバインダー 1 3 8 を用いることによって、作製工程を簡略化することができる。

【 0 0 9 0 】

他にも、マイクロカプセルの代わりに、帯電した高分子ポリマー微粒子（電子粉流体）（登録商標）等を設けてもよい。この場合、正に帯電したある色の高分子ポリマー微粒子と、負に帯電した異なる色の高分子ポリマー微粒子を第 1 の電極 1 2 2 と第 2 の電極 1 4 0 の間に設けた構成とすればよい。

50

【0091】

次に、帯電粒子含有層134上に形成された第2の電極140に、繊維体142aに第2の有機樹脂142bが含浸された第2の構造体142を設ける(図9(A)参照)。第2の構造体142は第1の構造体132と同様の構造とすることができる。

【0092】

その後、第2の構造体142を加熱し圧着して、第2の有機樹脂142bと第1の有機樹脂132bを接着させる(図9(B)参照)。ここでは、第1の構造体132及び第2の構造体142の端部において、第1の有機樹脂132bと第2の有機樹脂142bを接着することによって、素子形成層を封止する。なお、第1の有機樹脂132bと第2の有機樹脂142bの接着する位置(高さ方向)は、接着させる際の圧力や温度により制御することができる。

10

【0093】

本実施の形態で示すように、素子形成層を覆うように第1の構造体132と第2の構造体142を設けることにより、素子形成層の外部ストレスに対する耐性を向上させることができる。また、第1の有機樹脂132bの膜厚 t_1 と第2の有機樹脂142bの膜厚 t_2 を概略同一($t_1 = t_2$)とし、素子形成層に対して第1の構造体132と第2の構造体142を対称(素子形成層を中央部)に設けることにより、電子ペーパーを湾曲等させた際に素子形成層に加わる力を均一に拡散することができる。その結果、曲げや反りなどに起因する素子形成層の破損を低減することができる。

20

【0094】

なお、本実施の形態は、本明細書の他の実施の形態で示した構成又は作製方法と適宜組み合わせる実施することができる。

【0095】

(実施の形態3)

本実施の形態では、上記実施の形態と異なる電子ペーパーの作製方法に関して図面を参照して説明する。

【0096】

まず、基板100の一表面に剥離層102を形成し、続けて絶縁層104を形成した後、絶縁層104上に第1の電極150を形成する(図10(A)参照)。第1の電極150は、画素電極として機能する。

30

【0097】

第1の電極150として、酸化インジウムに酸化スズを混合したインジウムスズ酸化物(ITO)、インジウムスズ酸化物(ITO)に酸化珪素を混合したインジウムスズ珪素酸化物(ITSO)、酸化インジウムに酸化亜鉛を混合したインジウム亜鉛酸化物(IZO)、酸化亜鉛(ZnO)、又は酸化スズ(SnO_2)等を用いることができる。また、第1の電極150として、反射性を有する金属(例えば、アルミニウムや銀を主成分とする材料膜、又はそれらの積層膜等)を用いてもよい。

【0098】

次に、第1の電極150上に絶縁層152を形成し、当該絶縁層152上に薄膜トランジスタ106を形成する。また、薄膜トランジスタ106上に絶縁層114、116を形成し、絶縁層116上にソース電極又はドレイン電極として機能しうる配線118を形成する(図10(B)参照)。

40

【0099】

薄膜トランジスタ106は、シングルドレイン構造、LDD(低濃度ドレイン)構造、ゲートオーバーラップドレイン構造など各種構造を適用することができる。ここでは、シングルドレイン構造の薄膜トランジスタを示す。

【0100】

また、配線118と第1の電極150とを電氣的に接続する。ここでは、導電層154を介して配線118と第1の電極150を電氣的に接続する。導電層154は、薄膜トランジスタ106のゲート電極と同時に(同一の工程で)形成することができる。

50

【 0 1 0 1 】

次に、基板 1 0 0 の端部に設けられた絶縁層をエッチング等により除去した後、配線 1 1 8 を覆うように絶縁層 1 5 6 を形成する（図 1 0（C）参照）。ここでは、少なくとも絶縁層 1 0 4 を露出させるように絶縁層 1 5 2 等を除去した後、絶縁層 1 5 6 を形成する場合を示している。なお、1 枚の基板から複数のパネルを形成する（多面取りする）場合には、パネルを形成する各々の領域の端部において絶縁層をエッチングし、それぞれのパネルを構成する素子毎に分離する。

【 0 1 0 2 】

絶縁層 1 5 6 は、バリア層として機能し、少なくとも薄膜トランジスタ 1 0 6 を具備する集積回路部 1 2 5 を覆うように形成することが好ましい。ここでは、バリア層として機能する絶縁層 1 0 4 及び絶縁層 1 5 6 を用いて、集積回路部 1 2 5 と第 1 の電極 1 5 0 を包む場合を示している。絶縁層 1 5 6 として、窒素含有層（窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化窒化珪素等）を用いることができる。

10

【 0 1 0 3 】

次に、薄膜トランジスタ 1 0 6 等を含む素子層 1 2 4 を基板 1 0 0 から容易に剥離するために、素子層 1 2 4 を基板 1 0 0 から剥離する前にレーザー光を照射して、溝を形成することが好ましい。ここでは、端部において絶縁層 1 5 6、1 0 4 にレーザー光を照射することにより溝 1 2 8 を形成する（図 1 0（D）参照）。

【 0 1 0 4 】

次に、少なくとも溝 1 2 8 を覆うように、セパレートフィルム 1 5 8 を設ける（図 1 1（A）参照）。

20

【 0 1 0 5 】

次に、絶縁層 1 5 6 の表面に、繊維体 1 3 2 a に第 1 の有機樹脂 1 3 2 b が含浸された第 1 の構造体 1 3 2 を設ける（図 1 1（B）参照）。続いて、第 1 の構造体 1 3 2 を加熱し圧着して、第 1 の構造体 1 3 2 の第 1 の有機樹脂 1 3 2 b を絶縁層 1 5 6 に固着させる。

【 0 1 0 6 】

第 1 の構造体 1 3 2 を絶縁層 1 5 6 に貼り合わせて設けることにより、剥離が容易に行えたと共に剥離の前後において素子層 1 2 4 に加わる応力を低減し、薄膜トランジスタ 1 0 6 の破損を抑制し歩留まりを向上することが可能となる。

【 0 1 0 7 】

また、第 1 の構造体 1 3 2 を貼り合わせる前に、セパレートフィルム 1 5 8 を設けておくことにより、第 1 の有機樹脂 1 3 2 b が溝 1 2 8 に浸入して剥離層 1 0 2 と接着することによる剥離不良を抑制することができる。

30

【 0 1 0 8 】

次に、溝 1 2 8 をきっかけとして、剥離層 1 0 2 及びバッファ層として機能する絶縁層 1 0 4 の界面において、素子層 1 2 4 を基板 1 0 0 から剥離する（図 1 1（C）参照）。また、剥離後にセパレートフィルム 1 5 8 を取り除く（図 1 2（A）参照）。

【 0 1 0 9 】

次に、第 1 の電極 1 2 2 上に帯電粒子含有層 1 3 4 を形成する（図 1 2（B）参照）。

【 0 1 1 0 】

次に、第 2 の電極 1 4 0 があらかじめ表面上に形成された第 2 の構造体 1 4 2 を帯電粒子含有層 1 3 4 上に設ける（図 1 3（A）参照）。ここでは、半硬化された第 2 の有機樹脂 1 4 2 b 上にあらかじめ第 2 の電極 1 4 0 を形成し、その後、第 2 の電極 1 4 0 が形成された面側を帯電粒子含有層 1 3 4 側に向けて第 2 の構造体 1 4 2 を加熱し圧着して、第 2 の有機樹脂 1 4 2 b と第 1 の有機樹脂 1 3 2 b を接着させる（図 1 3（B）参照）。

40

【 0 1 1 1 】

以上の工程により、電子ペーパーを作製することができる。

【 0 1 1 2 】

なお、本実施の形態は、本明細書の他の実施の形態で示した構成又は作製方法と適宜組み合わせる実施することができる。

50

【 0 1 1 3 】

(実施の形態 4)

本実施の形態では、比較的低温（ 5 0 0 未満）のプロセスで作製される薄膜トランジスタ（非晶質半導体膜又は微結晶半導体膜などを用いた薄膜トランジスタ、有機半導体膜を用いた薄膜トランジスタ、酸化物半導体を用いた薄膜トランジスタ等）を有する表示装置の作製方法について、以下に示す。

【 0 1 1 4 】

まず、基板 1 0 0 の一表面に剥離層 1 0 2 を形成し、続けて絶縁層 1 0 4 を形成する（図 1 4（A）参照）。剥離層 1 0 2、絶縁層 1 0 4 は、連続して形成することができる。

【 0 1 1 5 】

次に、絶縁層 1 0 4 上に薄膜トランジスタ 3 0 4 を形成する（図 1 4（B）参照）。本実施の形態では、薄膜トランジスタとして、チャネル形成領域を非晶質半導体、微結晶半導体、有機半導体、又は酸化物半導体で設ける逆スタガ型の薄膜トランジスタを示す。

【 0 1 1 6 】

薄膜トランジスタ 3 0 4 は、少なくともゲート電極 3 0 6 と、ゲート絶縁層 3 0 8 と、半導体層 3 1 0 とで構成される。また、半導体層 3 1 0 上にソース領域、ドレイン領域として機能する不純物半導体層 3 1 2 を形成してもよい。また、不純物半導体層 3 1 2 に接する配線 3 1 4 を形成する。

【 0 1 1 7 】

ゲート電極 3 0 6 は、上記実施の形態で示したゲート電極 1 1 2 に用いることができる金属のほか、クロム、銅、ネオジム、スカンジウム等の金属材料又はこれらを主成分とする合金材料を用いて、単層又は積層して形成することができる。また、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶シリコンに代表される半導体層や A g P d C u 合金を用いて形成してもよい。また、インジウム、ガリウム、アルミニウム、亜鉛、スズ等からなる導電性の酸化物や複合酸化物を用いて形成してもよい。例えばインジウム錫酸化物（ I T O ）を用いて透明なゲート電極としてもよい。

【 0 1 1 8 】

ゲート電極 3 0 6 は、絶縁層 1 0 4 上に、スパッタリング法又は真空蒸着法を用いて上述した材料により導電層を形成し、該導電層上にフォトリソグラフィ法又はインクジェット法等によりマスクを形成し、該マスクを用いて導電層をエッチングして形成することができる。

【 0 1 1 9 】

また、銀、金又は銅等の導電性ナノペーストをインクジェット法により基板上に吐出し、焼成することで形成することもできる。なお、ゲート電極 3 0 6 と、絶縁層 1 0 4 との密着性向上として、上記の金属材料の窒化物層を、絶縁層 1 0 4 と、ゲート電極 3 0 6 との間に設けてもよい。ここでは、絶縁層 1 0 4 に導電層を形成し、フォトリソマスクを用いて形成したレジストマスクによりエッチングする。

【 0 1 2 0 】

なお、ゲート電極 3 0 6 の側面は、テーパ形状とすることが好ましい。ゲート電極 3 0 6 上には、後の工程で半導体層及び配線を形成するので、段差の箇所における配線切れ防止のためである。ゲート電極 3 0 6 の側面をテーパ形状にするためには、レジストマスクを後退させつつエッチングを行えばよい。例えば、エッチングガスに酸素ガスを含ませることでレジストを後退させつつエッチングを行えばよい。

【 0 1 2 1 】

また、ゲート電極 3 0 6 を形成する工程によりゲート配線（走査線）も同時に形成することができる。なお、走査線とは画素を選択する配線をいい、容量配線とは画素の保持容量の一方の電極に接続された配線をいう。ただし、これに限定されず、ゲート配線及び容量配線の一方又は双方と、ゲート電極 3 0 6 とは別に設けてもよい。

【 0 1 2 2 】

ゲート絶縁層 3 0 8 は、C V D 法、スパッタリング法又はパルスレーザー蒸着法（ P L D

10

20

30

40

50

法)等を用いて、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化ハフニウム、酸化ハフニウムアルミニウム、酸化窒化ハフニウム珪素又はイットリアを単層又は積層して形成することができる。また、ゲート絶縁層308として、高周波数(1GHz以上)のマイクロ波プラズマCVD装置を用いて形成することで、ゲート電極と、ドレイン電極及びソース電極との間の耐圧を向上させることができるため、信頼性の高い薄膜トランジスタを得ることができる。

【0123】

半導体層310は、厚さ10nm以上200nm以下、好ましくは20nm以上150nm以下の非単結晶半導体で形成される層であり、非単結晶半導体層としては、非晶質半導体層、微結晶半導体層等がある。また、半導体としては、シリコン、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウム化合物等がある。本実施の形態では、レーザー光の照射、熱処理等を行わず、500未満の低温度で、直接ゲート絶縁層308上に形成することを特徴とする。剥離層302を、少なくともモリブデンを含む層を用いることで、500未満の低温度で薄膜トランジスタ形成しても、容易に剥離プロセスを行うことができる。

【0124】

なお、半導体層310として、ゲート絶縁層に接する側から、微結晶半導体及び非晶質半導体を積層した構造でもよい。半導体層310として、窒素又はNH基を有し、且つ非晶質構造の中に逆錐形の結晶粒及び/又は粒径が1nm以上10nm以下、好ましくは1nm以上5nm以下の微小結晶粒含む非単結晶半導体を形成してもよい。

【0125】

また、半導体層310として、n型の導電性を付与するリン等の一導電型を付与する不純物元素が、非晶質半導体又は微結晶半導体に添加されてもよい。又は、半導体層310として、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、モリブデン、タングステン、コバルト、ニッケル、白金等のシリコンと反応してシリサイドを形成する金属元素が、非晶質半導体又は微結晶半導体に添加されていてもよい。一導電型を付与する不純物元素やシリコンと反応してシリサイドを形成する金属元素等を添加することにより、半導体層の移動度を上昇させることが可能であるため、当該半導体層をチャネル形成領域とする薄膜トランジスタの電界効果移動度を高めることができる。

【0126】

また、半導体層310として、金属酸化物や有機半導体材料を用いて形成することができる。金属酸化物の代表的には酸化亜鉛や亜鉛ガリウムインジウムの酸化物等がある。

【0127】

不純物半導体層312は、一導電型を付与する不純物元素が添加された半導体層を用いて形成すればよい。nチャネル型の薄膜トランジスタを形成する場合には、一導電型を付与する不純物元素としてリンを用いればよく、代表的には、リンが含有されたアモルファスシリコン又は微結晶シリコンを用いて形成する。また、pチャネル型の薄膜トランジスタを形成する場合には、一導電型を付与する不純物元素としてとしてボロンを用いればよく、代表的には、ボロンが含有されたアモルファスシリコン又は微結晶シリコンを用いて形成する。

【0128】

一導電型を付与する不純物元素の濃度、ここではリン又はボロンの濃度を $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ とすることで、配線314とオーミックコンタクトすることが可能となり、ソース領域及びドレイン領域として機能する。

【0129】

不純物半導体層312は、10nm以上100nm以下、好ましくは30nm以上50nm以下の厚さで形成する。

【0130】

配線314は、上記実施の形態に示した配線118に用いることができる材料で形成することができる。また、例えば、インジウム、ガリウム、アルミニウム、亜鉛、スズ等からなる導電性の酸化物や複合酸化物を用いてもよい。

【 0 1 3 1 】

次に、薄膜トランジスタ 3 0 4 を覆う絶縁層 3 1 6、絶縁層 3 1 8 を形成する（図 1 4（C）参照）。本実施の形態に係る薄膜トランジスタ 3 0 4 は、実施の形態 2 及び実施の形態 3 にて説明した薄膜トランジスタと同様に、電子ペーパーの画素におけるスイッチングトランジスタに適用することができる。

【 0 1 3 2 】

次に、配線 3 1 4 により構成されるソース電極及びドレイン電極に達するように、開口部 3 2 1 を形成する。なお、当該開口部 3 2 1 を形成する際、基板 1 0 0 の端部に設けられた絶縁層 3 1 6、絶縁層 3 1 8 をエッチング等により除去する。ここでは、少なくとも絶縁層 3 1 8 を除去して、絶縁層 3 1 6 を露出させることが好ましい。なお、1 枚の基板から複数のパネルを形成する（多面取りする）場合には、パネルを形成する各々の領域の端部において、少なくとも絶縁層 3 1 8 をエッチングし、それぞれのパネルを構成する素子毎に分離することが好ましい。

10

【 0 1 3 3 】

次に、当該開口部 3 2 1 を介して接続されるように、絶縁層 3 1 6、絶縁層 3 1 8 上に画素電極として機能する第 1 の電極 3 2 2 を設ける（図 1 4（D）参照）。また、上記図 6（D）で示したように、薄膜トランジスタ 3 0 4 及び第 1 の電極 3 2 2 を覆うようにバリア層を形成してもよい。

【 0 1 3 4 】

絶縁層 3 1 6 は、ゲート絶縁層 3 0 8 と同様の材料を用いて形成することができる。さらには、絶縁層 3 1 6 は、大気中に浮遊する有機物、金属又は水蒸気等の汚染源となりうる不純物元素の侵入を防ぐことができるよう、緻密な窒化珪素により設けることが好ましい。絶縁層 3 1 8 は、上記実施の形態で示した絶縁層 1 1 6 と同様に形成することができる。また、画素電極として機能する第 1 の電極 3 2 2 は、上記実施の形態に示す第 1 の電極 1 2 2 と同様に形成することができる。

20

【 0 1 3 5 】

次に、素子層 3 2 4 を基板 1 0 0 から剥離する前にレーザー光を照射して、溝 3 2 7 を形成することが好ましい。ここでは、端部において露出した絶縁層 3 1 6、ゲート絶縁層 3 0 8、絶縁層 1 0 4 にレーザー光 3 2 6 を照射することにより溝 3 2 7 を形成する（図 1 4（E）参照）。

30

【 0 1 3 6 】

続いて、上記図 7（A）～図 9（A）と同様に工程を行うことにより、電子ペーパーを作製することができる（図 1 5 参照）。

【 0 1 3 7 】

本実施の形態を適用することにより、作製工程を比較的低温（5 0 0 未満）で行うことができる。

【 0 1 3 8 】

なお、本実施の形態は、本明細書の他の実施の形態で示した構成又は作製方法と適宜組み合わせる実施することができる。

【 0 1 3 9 】

40

（実施の形態 5）

本実施の形態では、少ない工程数で、電子ペーパーを作製する方法について、以下に示す。具体的には、酸化物半導体を用いた薄膜トランジスタを有する電子ペーパーの作製方法について、以下に示す。

【 0 1 4 0 】

まず、第 1 の構造体 1 3 2 上にゲート電極 4 0 2 を形成し、ゲート電極 4 0 2 上にゲート絶縁層 4 0 4 を形成する（図 1 6（A）参照）。ゲート電極 4 0 2、ゲート絶縁層 4 0 4 は、上記実施の形態に示すゲート電極 3 0 6、ゲート絶縁層 3 0 8 と同様の材料を用いて適宜形成する。

【 0 1 4 1 】

50

本実施の形態では、繊維体 1 3 2 a に第 1 の有機樹脂 1 3 2 b が含浸された第 1 の構造体 1 3 2 を基板として用いる。なお、第 1 の有機樹脂 1 3 2 b は、硬化又は半硬化された有機樹脂を用いることができる。

【0142】

基板である第 1 の構造体 1 3 2 上にゲート電極 4 0 2 を形成する前に、第 1 の構造体 1 3 2 とゲート電極 4 0 2 の間に下地膜として機能する絶縁層 4 0 0 を設けても良い。この絶縁層 4 0 0 は、第 1 の構造体 1 3 2 から T F T 素子へ水分やアルカリ金属などの不純物が拡散して、素子形成層に形成される半導体素子の信頼性などが劣化するのを防ぐものであり、ブロッキング層として適宜設ければ良い。

【0143】

絶縁層 4 0 0 としては、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素等の絶縁材料を用いて形成する。例えば、絶縁層 4 0 0 を 2 層構造とする場合、第 1 層目の絶縁層を窒化酸化珪素層で形成し、第 2 層目の絶縁層を酸化窒化珪素層で形成するとよい。また、第 1 層目の絶縁層を窒化珪素層で形成し、第 2 層目の絶縁層を酸化珪素層で形成してもよい。

【0144】

次に、フォトリソマスクを用いて形成したレジストマスクを使い、ゲート絶縁層 4 0 4 にコンタクトホールを形成しゲート電極 4 0 2 の接続パッドを露出する。また、同時に外周部をエッチングすることにより溝 4 0 6 を形成する。また、下地膜として機能する絶縁層 4 0 0 を有している場合は、ゲート絶縁層 4 0 4 と共に絶縁層 4 0 0 をドライエッチングし、溝 4 0 6 を形成する（図 1 6 (B) 参照）。

【0145】

外周部の絶縁層と下地膜として機能する絶縁層 4 0 0 を取り除くことで、後の工程において、プリプレグ同士の熱融着が可能になる。ドライエッチングには CHF_3 の混合ガスを用いたがこれに限定されるものではない。

【0146】

次に、ゲート絶縁層 4 0 4 上に半導体層を成膜した後、フォトリソマスクを用いて形成したレジストマスクを使い、希塩酸もしくは有機酸、例えばクエン酸によりエッチングして、半導体層 4 0 8 を形成する（図 1 6 (C) 参照）。次いで、有機溶剤を使ってフォトリソレジストを剥離する。

【0147】

半導体層 4 0 8 は、酸化物半導体層を用いて形成する。酸化物半導体層としては、インジウム、ガリウム、アルミニウム、亜鉛、スズから選んだ元素の複合酸化物を用いて形成することができる。例えば、酸化亜鉛 (ZnO)、酸化亜鉛を含む酸化インジウム (IZO)、酸化インジウムと酸化ガリウムと酸化亜鉛からなる酸化物 (IGZO) をその例に挙げる事ができる。酸化物半導体は、スパッタリング法、パルスレーザー蒸着法 (PLD 法) 等のプリプレグの耐熱温度より低い温度で膜の堆積が可能な方法を用いることで、プリプレグ上に直接形成することができる。

【0148】

半導体層としては 10 nm 以上 200 nm 以下、好ましくは 20 nm 以上 150 nm 以下の厚さで形成するとよい。また、膜中の酸素欠損が増えるとキャリア密度が高まり薄膜トランジスタ特性が損なわれてしまうため、成膜雰囲気中の酸素濃度を制御するとよい。

【0149】

半導体層 4 0 8 として、酸化インジウムと酸化ガリウムと酸化亜鉛からなる酸化物を用いる場合、金属元素の組成比の自由度は高く、広い範囲の混合比で半導体として機能する。10 重量%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム (IZO) や酸化インジウムと酸化ガリウムと酸化亜鉛からなる酸化物をそれぞれ等モルで混合した材料 (IGZO) を一例として挙げる事ができる。

【0150】

ここでは、半導体層 4 0 8 の形成方法の一例として、 IGZO を用いた方法について説明

10

20

30

40

50

する。酸化インジウム (In_2O_3) と酸化ガリウム (Ga_2O_3) と酸化亜鉛 (ZnO) をそれぞれ等モルで混合し、焼結した直径 8 インチのターゲットを用い、500 W の出力で DC (Direct Current) スパッタリングして半導体層を形成する。チャンバーの圧力は 0.4 Pa、ガス組成比は Ar/O_2 が 10/5 sccm の条件で 100 nm 成膜する。成膜の際の酸素分圧をインジウム錫酸化物 (ITO) などの透明導電膜の成膜条件より高く設定し、酸素欠損を抑制することが望ましい。

【0151】

次に、半導体層 408 上に配線 412、414 を形成する。配線 412、414 は、上記実施の形態に示す配線 314 と同様の材料を用いて形成することができる。

【0152】

配線 412、414 は、少なくとも半導体層 408 上にレジストマスクを形成した後、スパッタリング法又は真空蒸着法を用いて導電層をレジストマスク、半導体層 408 及びゲート絶縁層 404 上に形成し、レジストを剥離して、リフトオフ法により、半導体層 408 の一部を露出するように形成する (図 16 (D) 参照)。

【0153】

以上の工程により、酸化物半導体を用いて半導体層を形成した薄膜トランジスタを作製することができる。本実施の形態に係る薄膜トランジスタは、上記実施の形態で説明した薄膜トランジスタと同様に、電子ペーパーの画素におけるスイッチング用の薄膜トランジスタに適用することができる。

【0154】

次に、開口部 420、422 を有する絶縁層 418 形成した後、当該開口部 420 を介して接続されるように、絶縁層 418 上に画素電極として機能する第 1 の電極 424 を設ける (図 17 (A) 参照)。

【0155】

絶縁層 418 は、上記実施の形態に示す絶縁層 316 と同様に形成することができる。開口部 420、422 は、基板上全面に絶縁層を形成した場合、フォトリソグラフィ法を用いてレジストマスクを形成し、当該マスクを用いて絶縁層をエッチングすることで形成することができる。他にも、印刷法又は液滴吐出法を用いて、開口部 420、422 を有する絶縁層 418 を形成してもよい。

【0156】

以上の工程により、プリプレグ上に薄膜トランジスタを形成することができる。本実施の形態では、剥離工程を用いず、直接プリプレグ上に薄膜トランジスタを形成することができるため、可撓性を有する素子基板の作製工程数を削減することができる。

【0157】

次に、上記図 8 (B) ~ 図 9 (A) と同様に工程を行うことにより、電子ペーパーを作製することができる (図 17 (B) 参照)。

【0158】

なお、本実施の形態は、本明細書の他の実施の形態で示した構成又は作製方法と適宜組み合わせる実施することができる。

【0159】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、上記実施の形態 1 で示した構成と異なる電子ペーパーに関して図面を参照して説明する。具体的には、素子形成層に固着して封止する第 1 の絶縁フィルム及び第 2 の絶縁フィルムを外部ストレスに対して異なる特性を有する絶縁層を積層して設けることにより、外部ストレスに対する強度を向上させる構成について説明する。

【0160】

本実施の形態で示す電子ペーパーは、上記実施の形態で示した構成において、第 1 の絶縁フィルム 51 を第 1 の構造体 71 と第 1 の保護フィルム 75 の積層体で設け、第 2 の絶縁フィルム 52 を第 2 の構造体 72 と第 2 の保護フィルム 76 の積層体で設ける (図 2 参照)。つまり、図 2 に示す構成は、上記図 1 (A) に示した構成に、第 1 の保護フィルム 7

10

20

30

40

50

5と第2の保護フィルム76を追加した構成となっている。

【0161】

また、第1の構造体71と第1の保護フィルム75は、外部ストレスに対して異なる特性を有する絶縁体で設ける。ここでは、素子形成層53側から順に第1の構造体71と第1の保護フィルム75を積層させて設ける。同様に、素子形成層53側から順に第2の構造体72と第2の保護フィルム76を積層させて設ける。

【0162】

第1の構造体71は、繊維体71aに第1の有機樹脂71bを含浸させて設け、第2の構造体72は、繊維体72aに第2の有機樹脂72bを含浸させて設けることができる。この場合、第1の構造体71、第2の構造体72を、弾性率13GPa以上、破断係数300MPa未満とすることが好ましい。本実施の形態において、第1の構造体71及び第2の構造体72は、素子形成層53に外部から与えられる力に対する耐衝撃層として機能する。

10

【0163】

第1の保護フィルム75、第2の保護フィルム76は、第1の構造体71及び第2の構造体72と比較して弾性率が低く、かつ破断強度が高い材料を用いることが好ましく、ゴム弾性を有する膜を用いればよい。例えば、第1の保護フィルム75、第2の保護フィルム76を、ポリビニルアルコール系樹脂、ポリエステル系樹脂、ポリアミド系樹脂、ポリエチレン系樹脂、アラミド系樹脂、ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール樹脂、ガラス樹脂等の高強度材料で設ける。第1の保護フィルム75、第2の保護フィルム76を、弾性を有する高強度材料で形成することにより、局所的な押圧などの荷重を層全体に拡散し吸収することができるため、電子ペーパーの破損を防ぐことができる。

20

【0164】

より具体的には、第1の保護フィルム75、第2の保護フィルム76として、アラミド樹脂、ポリエチレンテレフタレート(PET)樹脂、ポリエチレンナフタレート(PEN)樹脂、ポリエーテルサルフォン(PES)樹脂、ポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂、ポリイミド(PI)樹脂などを用いて形成することができる。また、第1の保護フィルム75、第2の保護フィルム76を、弾性率5GPa以上12GPa以下、破断係数300MPa以上とすることが好ましい。本実施の形態において、第1の保護フィルム75及び第2の保護フィルム76は、素子形成層53に外部から与えられる力を拡散する衝撃拡散層として機能する。

30

【0165】

このように、耐衝撃層として機能する第1の構造体71、第2の構造体72と、衝撃拡散層として機能する第1の保護フィルム75、第2の保護フィルム76をそれぞれ積層して設けることによって、素子形成層53に局所的にかかる力を軽減することができるため、電子ペーパーの破損や特性不良などを防止することが可能となる。

【0166】

また、第1の構造体71と第1の保護フィルム75の積層構造からなる第1の絶縁フィルム51と、第2の構造体72と第2の保護フィルム76の積層構造からなる第2の絶縁フィルム52を、素子形成層53に対して対称に設けることにより、電子ペーパーを湾曲等させた際に素子形成層53に加わる力を均一に拡散できるため、曲げや反りなどに起因する素子形成層の破損を低減することができる。

40

【0167】

次に、図2に示す構成の作製方法について簡単に説明する。

【0168】

まず、上記図6(A)～図7(B)に示す工程を行った後、素子層の剥離面側に第1の構造体132を設けた後、第1の有機樹脂132bを硬化させる前に第1の有機樹脂132bの表面に第1の保護フィルム191を密着させる。その後、第1の構造体132及び第1の保護フィルム191を加熱し圧着して、第1の有機樹脂132bを可塑化又は硬化することにより、第1の構造体132と第1の保護フィルム191の積層構造が得られる。

50

図 18 (A) 参照)。

【0169】

例えば、第 1 の有機樹脂 132b として熱硬化性のエポキシ樹脂を用いた場合、素子層の剥離面側に第 1 の構造体 132 を設け、当該第 1 の構造体 132 の表面に第 1 の保護フィルム 191 設けた後、加熱と同時に圧着を行うことによって、素子層 124 の剥離面側に第 1 の有機樹脂 132b と第 1 の保護フィルム 191 を順に積層して設けることができる。また、熱可塑性樹脂を用いた場合には、素子層の剥離面側に第 1 の構造体 132 を設け、当該第 1 の構造体 132 の表面に第 1 の保護フィルム 191 設けた後、加熱及び圧着を行うことにより貼り合わせ、その後室温に冷却することにより可塑化した有機樹脂を硬化すればよい。

10

【0170】

また、圧着する際に、第 1 の保護フィルム 191 を設けておくことにより、トランジスタ等の素子が破損することを抑制し、歩留まりを向上することができる。

【0171】

その後、上記図 8 (A) ~ 図 8 (B) に示す工程を行った後、第 2 の電極 140 側に第 2 の構造体 142 を設け、第 2 の有機樹脂 142b を硬化させる前に第 2 の有機樹脂 142b の表面に第 2 の保護フィルム 192 を密着させた後、第 2 の構造体 142 及び第 2 の保護フィルム 192 を加熱し圧着することにより、第 2 の構造体 142 と第 2 の保護フィルム 192 の積層構造が得られる (図 18 (B) 参照)。

【0172】

なお、上記実施の形態 3 ~ 5 の作製工程においても、硬化前の有機樹脂に保護フィルムを密着させた後に有機樹脂を硬化させることにより、構造体と保護フィルムの積層構造を作製することができる。

20

【0173】

なお、本実施の形態は、本明細書の他の実施の形態で示した構成又は作製方法と適宜組み合わせる実施することができる。

【0174】

(実施の形態 7)

本実施の形態では、上記実施の形態 1 で示した構成と異なる電子ペーパーに関して図面を参照して説明する。具体的には、第 1 の絶縁フィルムと第 2 の絶縁フィルムの表面に導電膜を設けることによって、静電気放電により印加される静電気を拡散して逃がし、電荷の局所的な存在 (局在化) を防ぐ (局所的な電位差が発生しないようにする) 構成とする。

30

【0175】

本実施の形態で示す電子ペーパーは、上記実施の形態で示した構成において、第 1 の絶縁フィルム 51 と第 2 の絶縁フィルム 52 の表面に互いに電氣的に接続する第 1 の導電膜 81 と第 2 の導電膜 82 がそれぞれ設けられている (図 3 (A)、(B) 参照)。

【0176】

つまり、図 3 (A) は、上記図 1 (A) に示した構成に、第 1 の導電膜 81、第 2 の導電膜 82 及び当該第 1 の導電膜 81 と第 2 の導電膜 82 を電氣的に接続する導電体 85 を追加した構成となっている。また、図 3 (B) は、上記図 2 に示した構成に、第 1 の導電膜 81、第 2 の導電膜 82 が追加された構成となっている。

40

【0177】

第 1 の導電膜 81、第 2 の導電膜 82 を設けることによって、静電気放電により印加される静電気を拡散して逃がす、又は電荷の局在化を防ぐことができるため、電子ペーパーにおいて静電気による破壊や表示不良を抑制することができる。

【0178】

第 1 の導電膜 81、第 2 の導電膜 82 は、少なくとも素子形成層 53 と重なる領域に設ければよく、例えば、図 3 (A)、(B) に示すように、第 1 の絶縁フィルム 51 及び第 2 の絶縁フィルム 52 の表面の全面に第 1 の導電膜 81、第 2 の導電膜 82 を設けた構成とすることができる。導電膜を全面に設けた場合、静電気に対して広い領域にわたって保護

50

することができる。

【0179】

特に、第1の絶縁フィルム51の表面に設けられた第1の導電膜81と第2の絶縁フィルム52の表面に設けられた第2の導電膜82を電氣的に接続することにより、静電気の拡散を効果的に行い、電荷の局在化を効果的に防ぐことができる。その結果、静電気による電子ペーパーの破壊や表示不良をより効果的に防ぐことができる。

【0180】

第1の導電膜81と第2の導電膜82との電氣的な接続は、図3(B)に示すように第1の絶縁フィルム51と第2の絶縁フィルム52の側面に導電体83を設けることにより行うことができる。この場合、導電体83は、第1の導電膜81、第2の導電膜82と同じ材料を用いて形成することができる。

10

【0181】

他にも、図3(A)に示すように第1の絶縁フィルム51と第2の絶縁フィルム52を貫通する導電体85を用いることにより、第1の導電膜81と第2の導電膜82を電氣的に接続させてもよい。

【0182】

なお、第1の絶縁フィルム51の表面又は第2の絶縁フィルム52の一方に導電膜を設けた構成としてもよいし、第1の絶縁フィルム51及び第2の絶縁フィルム52の表面に導電膜を設けた場合であっても第1の導電膜81と第2の導電膜82を電氣的に接続させなくてもよい。

20

【0183】

また、本実施の形態で示す電子ペーパーは、帯電粒子含有層56を用いて表示された画像を外部から読み取るものである。このため、第1の絶縁フィルム51、第2の絶縁フィルム52の表面に設けられる導電膜は、静電気による電子ペーパーの破壊や表示不良の発生を抑制すると共に、光(少なくとも可視光領域)を透過させる導電材料を用いて形成する必要がある。つまり、第1の導電膜81、第2の導電膜82として、透光性を有する導電材料を用いることが好ましい。又は、透光性を有するように膜厚を十分に薄くする。

【0184】

例えば、第1の導電膜81、第2の導電膜82として、酸化インジウムに酸化スズを混合したインジウムスズ酸化物(ITO)、インジウムスズ酸化物(ITO)に酸化珪素を混合したインジウムスズ珪素酸化物(ITSO)、酸化インジウムに酸化亜鉛を混合したインジウム亜鉛酸化物(IZO)、酸化亜鉛(ZnO)、又は酸化スズ(SnO₂)等を用いることができる。

30

【0185】

また、第1の導電膜81、第2の導電膜82として、チタンやアルミニウム等の抵抗率が低い材料を用いることができる。抵抗率が低い材料を用いた場合には、膜厚を極めて薄く設けた場合であっても、シート抵抗を十分に小さくすることができるため、透光性を確保するとともに静電気を効果的に拡散することができる。

【0186】

第1の導電膜81、第2の導電膜82としては、上述したチタン、アルミニウム、インジウム錫酸化物等以外の、金属、金属窒化物、金属酸化物などの膜、及びそれらの積層から構成される導電層を用いてもよい。

40

【0187】

また、第1の導電膜81、第2の導電膜82として、導電性高分子(導電性ポリマーともいう)を用いてもよい。導電性高分子としては、いわゆるπ電子共役系導電性高分子が用いることができる。例えば、ポリアニリン及び又はその誘導体、ポリピロール及び又はその誘導体、ポリチオフエン及び又はその誘導体、これらの2種以上の共重合体などがあげられる。

【0188】

第1の導電膜81、第2の導電膜82は、スパッタリング法、プラズマCVD法、蒸着法

50

などの各種乾式法、塗布法、印刷法、液滴吐出法（インクジェット法）、めっき法等により形成することができる。

【0189】

また、集積回路部にアンテナを設け、外部と無線通信を行う場合には、第1の導電膜81、第2の導電膜82として、画像を視認できると共に、外部との情報のやりとりを行う電磁波を透過させる膜厚とする。

【0190】

次に、図3（A）に示す構成の作製方法について簡単に説明する。

【0191】

まず、上記実施の形態で示したように、第1の絶縁フィルム51及び第2の絶縁フィルム52を素子形成層53に固着して封止した後、スパッタリング法、プラズマCVD法、蒸着法などの各種乾式法、塗布法、印刷法、液滴吐出法（インクジェット法）、めっき法等により第1の導電膜81、第2の導電膜82を形成する。次に、第1の絶縁フィルム51及び第2の絶縁フィルム52を貫通させる開口部を形成した後、当該開口部に導電体85を充填することにより、第1の導電膜81と第2の導電膜82を電氣的に接続すればよい。なお、開口部は素子形成層53を避けた部分に形成する。

10

【0192】

他にも、第1の導電膜81、第2の導電膜82を形成する前に開口部を形成し、めっき法を用いて、第1の導電膜81、第2の導電膜82及び導電体85を同時に形成してもよい。また、開口部を設ける代わりに針状の導電体85を第1の絶縁フィルム51及び第2の絶縁フィルム52に刺して貫通させることにより、第1の導電膜81と第2の導電膜82を電氣的に接続させてもよい。

20

【0193】

次に、図3（B）に示す構成の作製方法について簡単に説明する。

【0194】

まず、上記図18（A）において、素子層の剥離面側に第1の構造体132を設けた後、第1の有機樹脂132bを硬化させる前に、あらかじめ表面に第1の導電膜195が設けられた第1の保護フィルム191を第1の有機樹脂132bの表面に密着させる。その後、第1の構造体132、第1の保護フィルム191及び第1の導電膜195を加熱し圧着して、第1の有機樹脂132bを可塑化又は硬化することにより、第1の構造体132と第1の保護フィルム191と第1の導電膜195の積層構造が得られる（図19（A）参照）。

30

【0195】

また、同様に上記図18（B）において、第2の電極140側に第2の構造体142を設け、第2の有機樹脂142bを硬化させる前に、あらかじめ表面に第2の導電膜196が設けられた第2の保護フィルム192を第2の有機樹脂142bの表面に密着させた後、第2の構造体142及び第2の保護フィルム192を加熱し圧着することにより、第2の構造体142と第2の保護フィルム192と第2の導電膜196の積層構造が得られる。

【0196】

その後、第1の導電膜195と第2の導電膜196を電氣的に接続する。ここでは、素子形成層を避けた領域にレーザー光194を照射して、第1の構造体132、第2の構造体142、第1の保護フィルム191、第2の保護フィルム192を溶融させることによって、第1の導電膜195と第2の導電膜196とを導通する（図19（B）参照）。

40

【0197】

なお、1枚の基板から複数の電子ペーパーを形成する（多面取りする）場合には、それぞれの電子ペーパーの端部においてレーザー光を照射することによって、分断すると共に、それぞれの電子ペーパーにおいて、第1の導電膜195と第2の導電膜196とを導通させることができる。

【0198】

第1の導電膜195と第2の導電膜196を導通させて等電位とすることにより、静電気

50

に対する保護の効果が得られる。静電気でチャージアップして素子形成層が破壊される前に、電子ペーパーの上下両面を等電位にして電子ペーパーを保護することができる。

【0199】

なお、本実施の形態は、本明細書の他の実施の形態で示した構成又は作製方法と適宜組み合わせる実施することができる。

【0200】

(実施の形態8)

本実施の形態では、上記実施の形態で示した構成において、第1の絶縁フィルムと第2の絶縁フィルムとの密着性を向上させる構成及びその作製方法に関して図面を参照して説明する。

10

【0201】

本実施の形態で示す電子ペーパーは、第1の有機樹脂132bと第2の有機樹脂142bが接着する部分において、第1の有機樹脂132bと第2の有機樹脂142bの一方に凹部を設けることにより、接着面積を増大させた構成とする。

【0202】

具体的には、図9(A)において、第2の構造体142を貼り合わせる前に、第1の構造体132の第1の有機樹脂132bに凹部198を形成する(図20(A)参照)。凹部198は、レーザー光の照射等により第1の有機樹脂132bの一部を選択的に除去することにより設けることができる。また、凹部198は、第2の有機樹脂142bと接着する部分に形成する。

20

【0203】

第1の有機樹脂132bに凹部198を設けた後に、第2の有機樹脂142bを第1の有機樹脂132bと接着させることにより、凹部198に第2の有機樹脂142bを充填させることができる(図20(B)参照)。その結果、第1の有機樹脂132bと第2の有機樹脂142bの接着面積を増大させ、貼り合わせ強度を向上させることができる。また、凹部198は複数設けてもよい。

【0204】

なお、本実施の形態は、本明細書の他の実施の形態で示した構成又は作製方法と適宜組み合わせる実施することができる。

【0205】

30

(実施の形態9)

本実施の形態では、FPCが接続されたモジュール型の電子ペーパーに関して図21を参照して説明する。なお、図21(A)は、上記実施の形態に示す作製方法によって作製した電子ペーパーを示す上面図である。また、図21(B)は図21(A)におけるa-b間の断面図である。

【0206】

図21(A)及び(B)に示す電子ペーパーは、上記実施の形態のいずれかに示す方法を適用して作製されており、繊維体に有機樹脂が含浸された第1の構造体132及び第2の構造体142によって固着された、素子形成層501及び端子部502を有している。また、端子部502に設けられた配線504は、外部入力端子となるフレキシブルプリント配線基板(flexible printed circuit:FPC)505からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る配線である。なお、図21に図示したFPC505に、さらにプリント配線基盤(PWB)が取り付けられた構成としても良い。本明細書における電子ペーパーには、電子ペーパー本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

40

【0207】

図21(B)において、端子部502に設けられた配線504と電氣的に接続する位置に、貫通配線503が形成されている。貫通配線503は、第1の構造体132及び第2の構造体142に対して、レーザー、ドリル、打ち抜き針等によって貫通孔を形成し、当該貫通孔にスクリーン印刷や、インクジェット法によって、導電性樹脂を配置することで形

50

成することができる。導電性樹脂とは、粒径が数十マイクロメートル以下の導電性粒子を有機樹脂に溶解又は分解させたものを指す。

【0208】

導電性粒子としては、例えば、銅（Cu）、銀（Ag）、ニッケル（Ni）、金（Au）、白金（Pt）、パラジウム（Pd）、タンタル（Ta）、モリブデン（Mo）、チタン（Ti）のいずれかの金属元素を含む導電ペーストを用いることができる。また、導電性樹脂に含まれる有機樹脂は、金属粒子のバインダー、溶媒、分散剤、被覆材として機能する有機樹脂から選ばれた一つ又は複数を用いることができる。代表的には、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂等の有機樹脂が挙げられる。

【0209】

また、第1の構造体132及び第2の構造体142に貫通孔を形成せずに、貫通配線503を形成してもよい。例えば、第1の構造体132又は第2の構造体142上の所定の位置に導電性樹脂を配置し、第1の構造体132及び第2の構造体142中の有機樹脂と導電性樹脂に含まれる有機樹脂の反応によって、構造体の有機樹脂の一部を溶解させ、導電性樹脂に含まれる金属粒子を第1の構造体132及び第2の構造体142中に浸透させることで貫通配線503を形成することができる。

【0210】

外部入力端子となるFPC505は、第1の構造体132及び第2の構造体142に設けられた貫通配線503上に貼りつけられている。従って、貫通配線503に含まれる導電性粒子により、端子部502に設けられた配線504とFPC505に形成された配線とが電氣的に接続する。

【0211】

なお、本実施の形態は、本明細書の他の実施の形態で示した構成又は作製方法と適宜組み合わせる実施することができる。

【0212】

（実施の形態10）

上記実施の形態で示した電子ペーパーは、情報を表示するものであればあらゆる分野の電子機器に用いることが可能である。例えば、上記実施の形態で示した電子ペーパーを用いて、電子書籍（電子ブック）、ポスター、電車などの乗り物の車内広告、クレジットカード等の各種カードにおける表示等に適用することができる。以下に、電子ペーパーの使用形態の一例を図22に示す。

【0213】

図22（A）は、電子ペーパーで作られたポスター2601を示している。広告媒体が紙の印刷物である場合には、広告の交換は人手によって行われるが、上記実施の形態で示した電子ペーパーを用いれば短時間で広告の表示を変えることができる。また、表示も崩れることなく安定した画像が得られる。なお、ポスターは無線で情報を送受信できる構成としてもよい。

【0214】

また、図22（B）は、電車などの乗り物の車内広告2602を示している。広告媒体が紙の印刷物である場合には、広告の交換は人手によって行われるが、上記実施の形態で示した電子ペーパーを用いれば人手を多くかけることなく短時間で広告の表示を変えることができる。また表示も崩れることなく安定した画像が得られる。なお、車内広告は無線で情報を送受信できる構成としてもよい。

【符号の説明】

【0215】

- 40 素子形成層
- 42 押圧
- 51 絶縁フィルム
- 52 絶縁フィルム
- 53 素子形成層

10

20

30

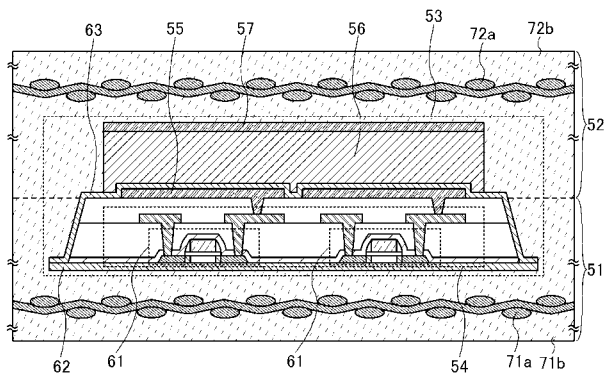
40

50

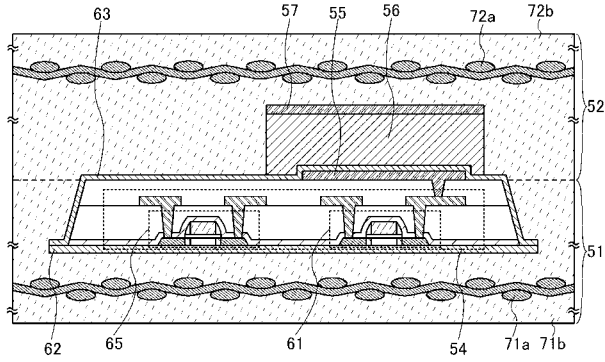
5 4	集積回路部	
5 5	電極	
5 6	帯電粒子含有層	
5 7	電極	
6 1	トランジスタ	
6 2	バリア層	
6 3	バリア層	
6 5	トランジスタ	
7 1	構造体	
7 2	構造体	10
7 5	保護フィルム	
7 6	保護フィルム	
8 1	導電膜	
8 2	導電膜	
8 3	導電体	
8 5	導電体	
1 0 0	基板	
1 0 2	剝離層	
1 0 4	絶縁層	
1 0 6	薄膜トランジスタ	20
1 0 8	半導体層	
1 1 0	ゲート絶縁層	
1 1 2	ゲート電極	
1 1 4	絶縁層	
1 1 6	絶縁層	
1 1 8	配線	
1 2 0	絶縁層	
1 2 2	電極	
1 2 3	絶縁層	
1 2 4	素子層	30
1 2 5	集積回路部	
1 2 8	溝	
1 3 0	粘着シート	
1 3 2	構造体	
1 3 4	帯電粒子含有層	
1 3 6	マイクロカプセル	
1 3 8	バインダー	
1 4 0	電極	
1 4 2	構造体	
1 5 0	電極	40
1 5 2	絶縁層	
1 5 4	導電層	
1 5 6	絶縁層	
1 5 8	セパレートフィルム	
1 9 1	保護フィルム	
1 9 2	保護フィルム	
1 9 5	導電膜	
1 9 6	導電膜	
1 9 8	凹部	

【図 1】

(A)

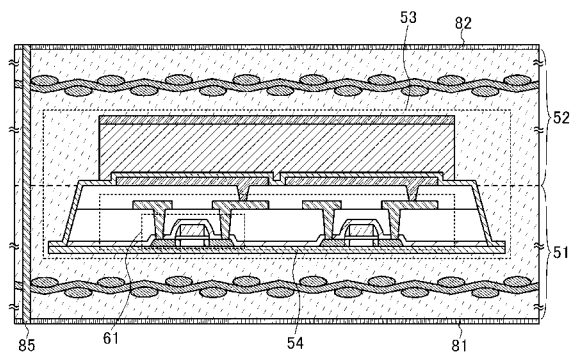


(B)

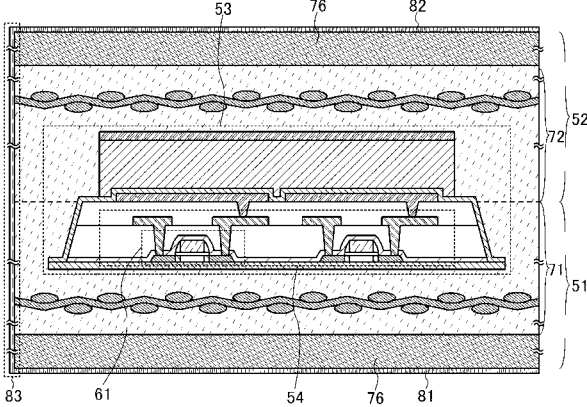


【図 3】

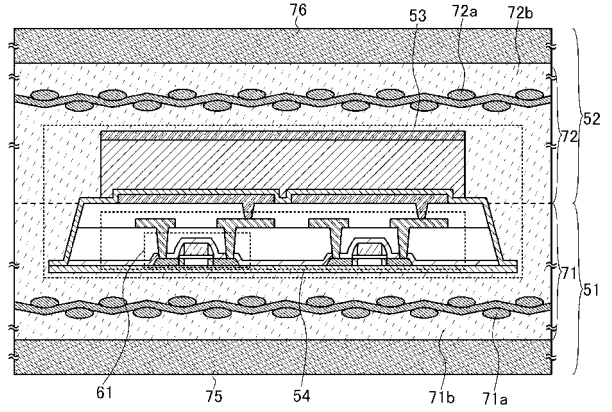
(A)



(B)

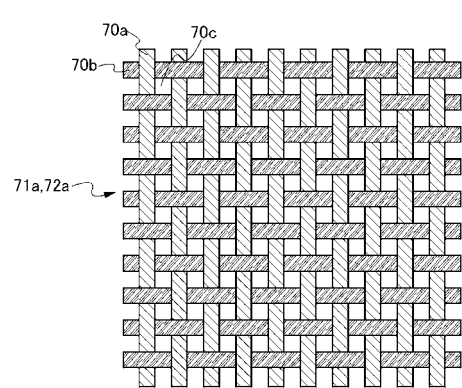


【図 2】

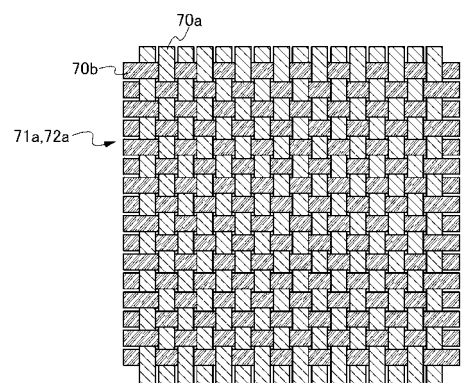


【図 4】

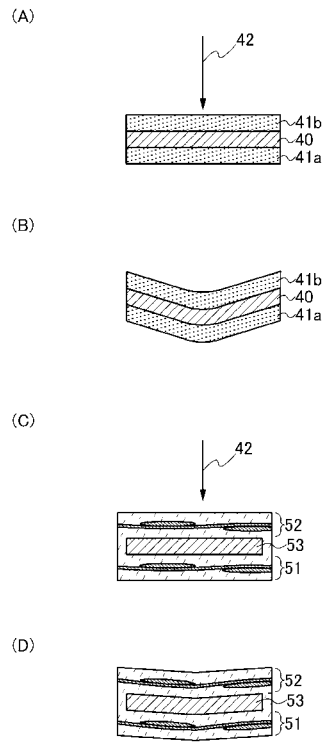
(A)



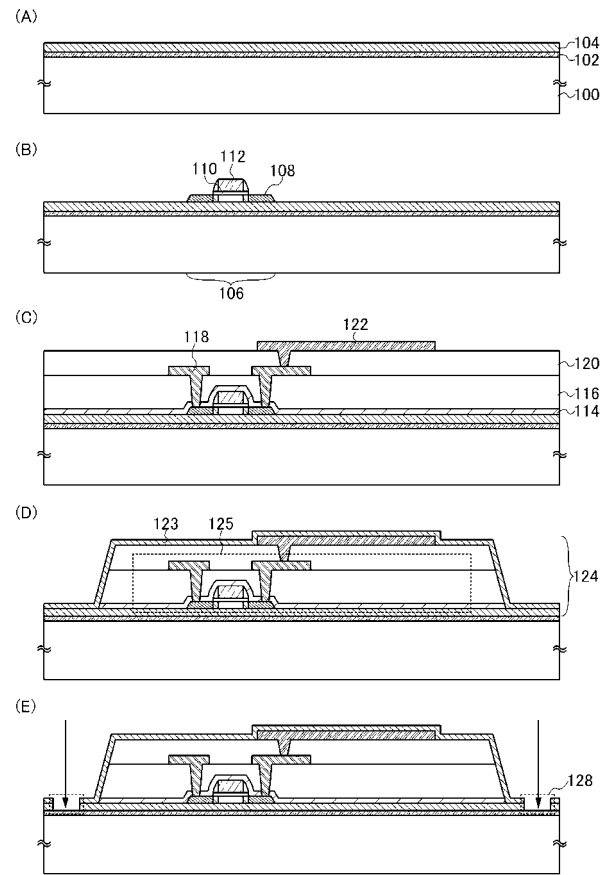
(B)



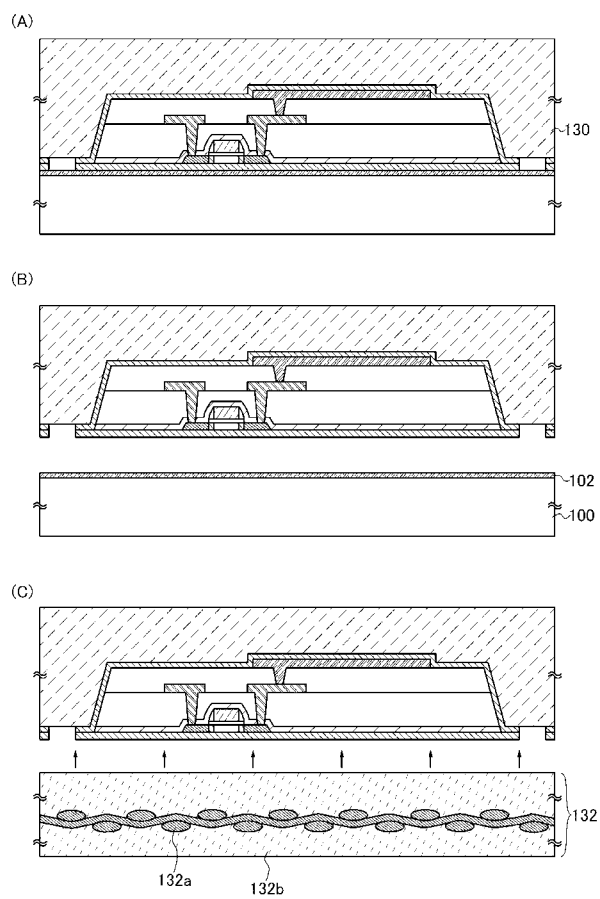
【図 5】



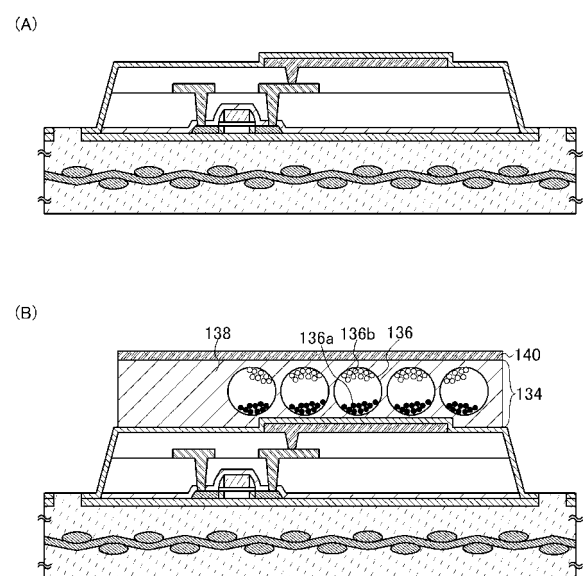
【図 6】



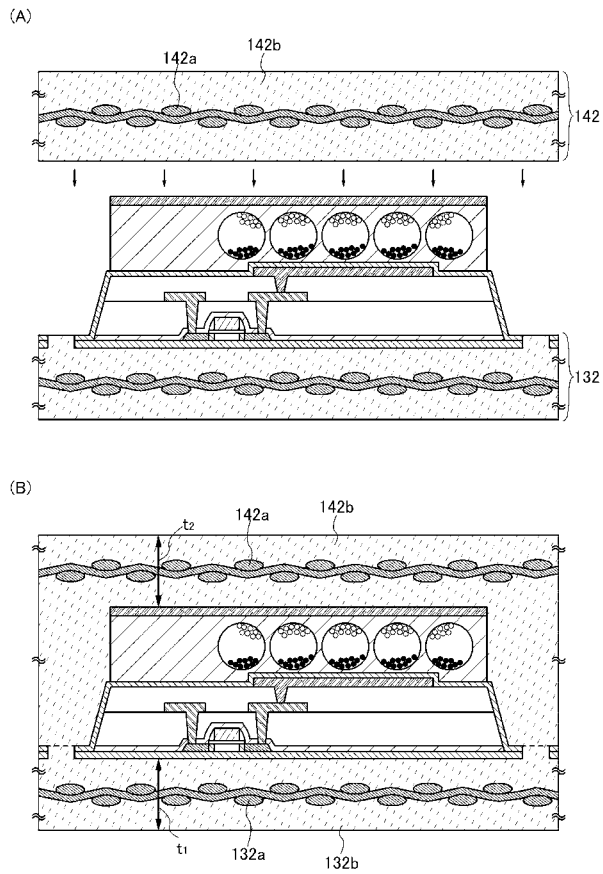
【図 7】



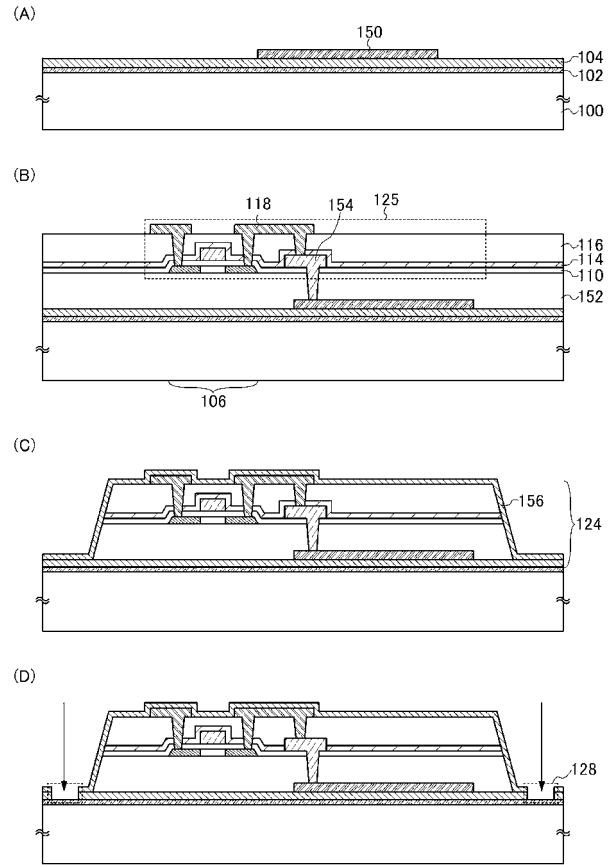
【図 8】



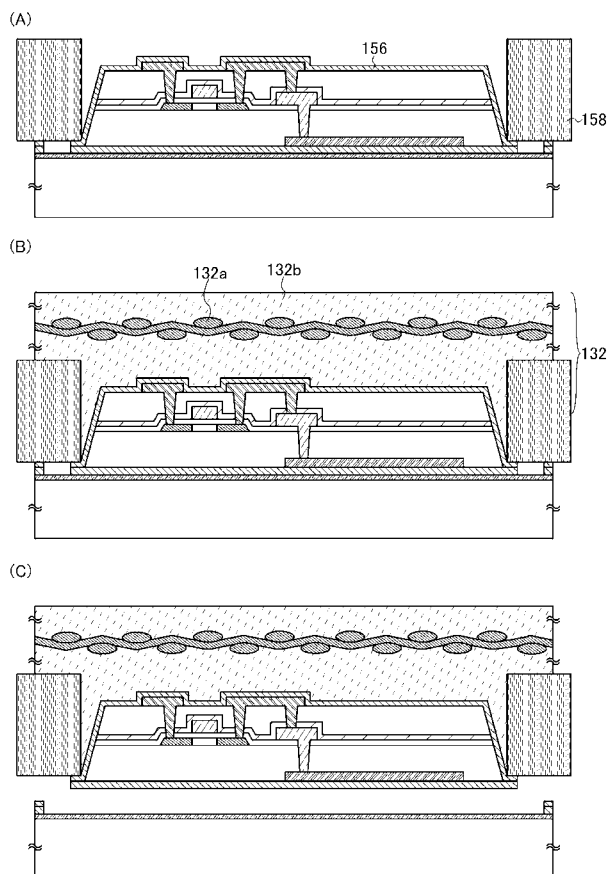
【図 9】



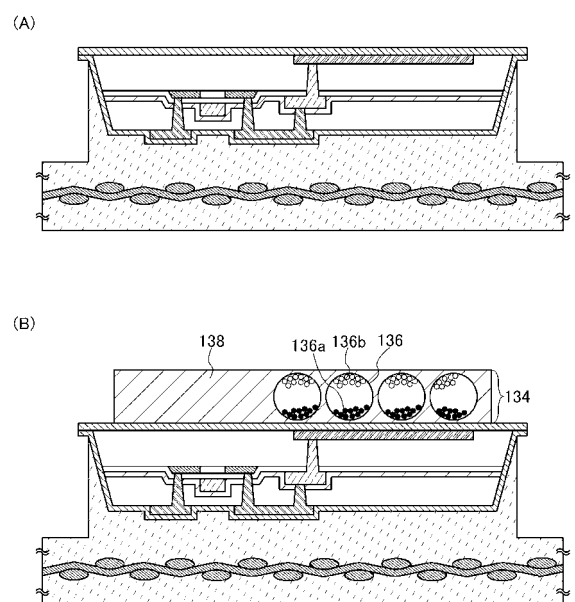
【図 10】



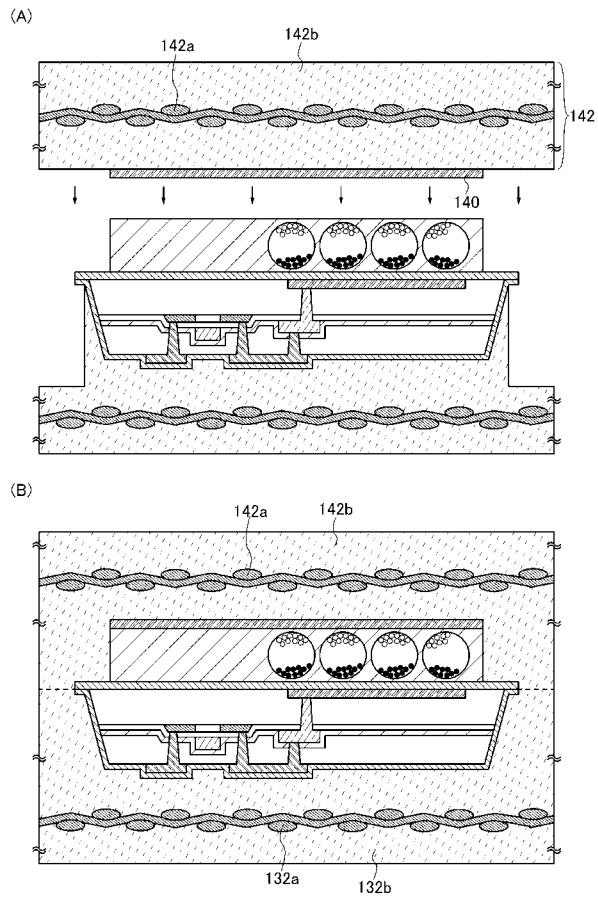
【図 11】



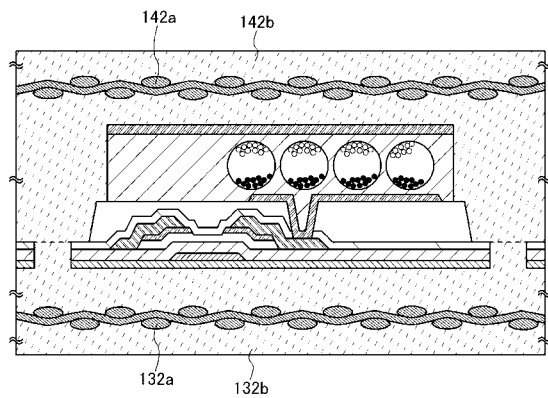
【図 12】



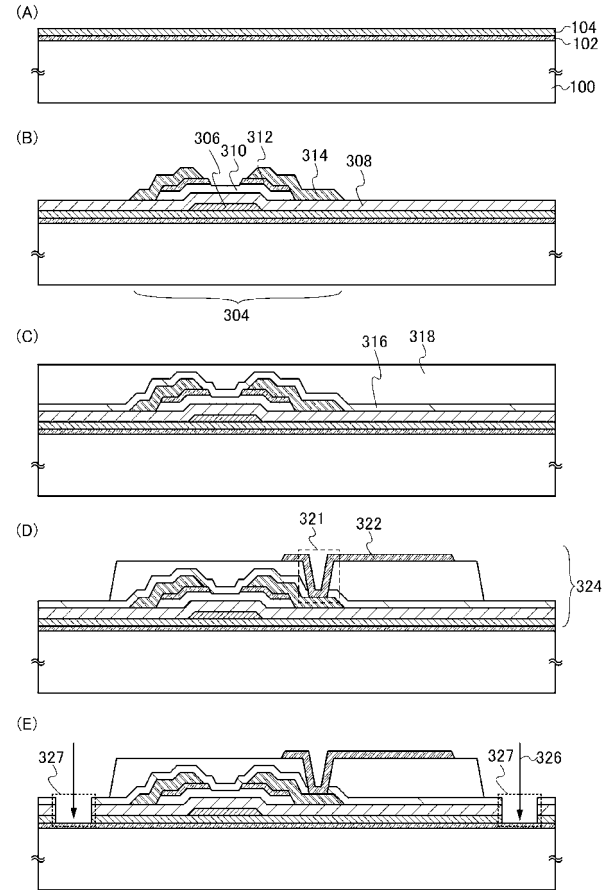
【図 13】



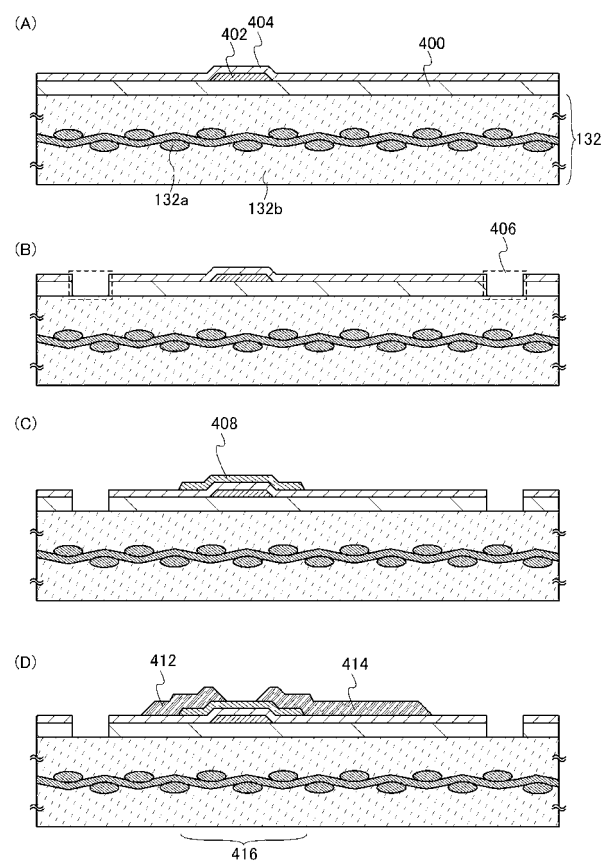
【図 15】



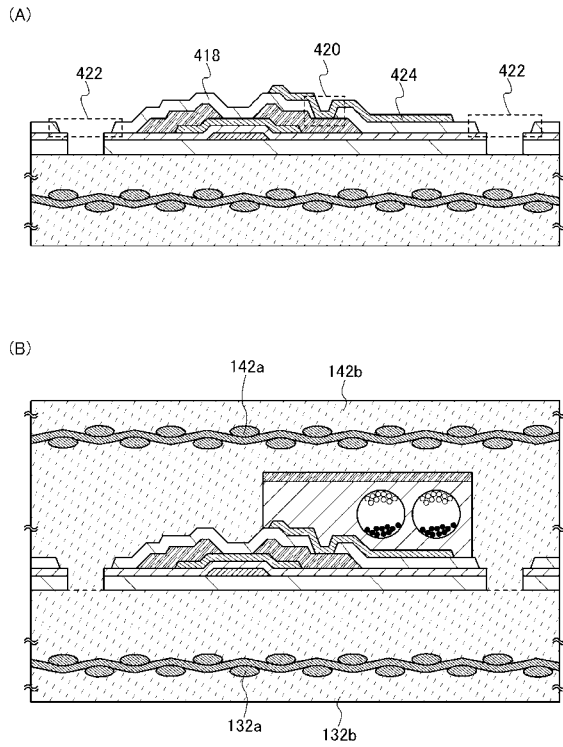
【図 14】



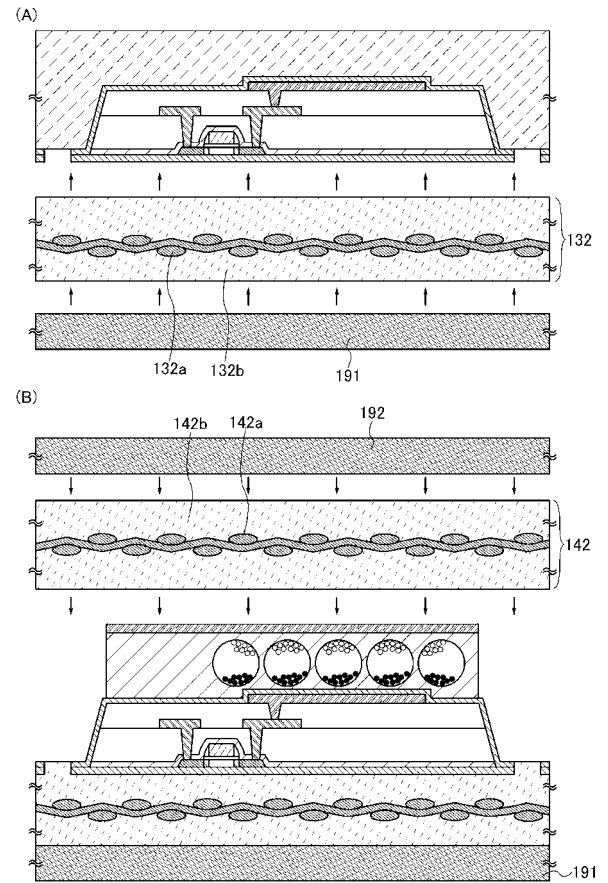
【図 16】



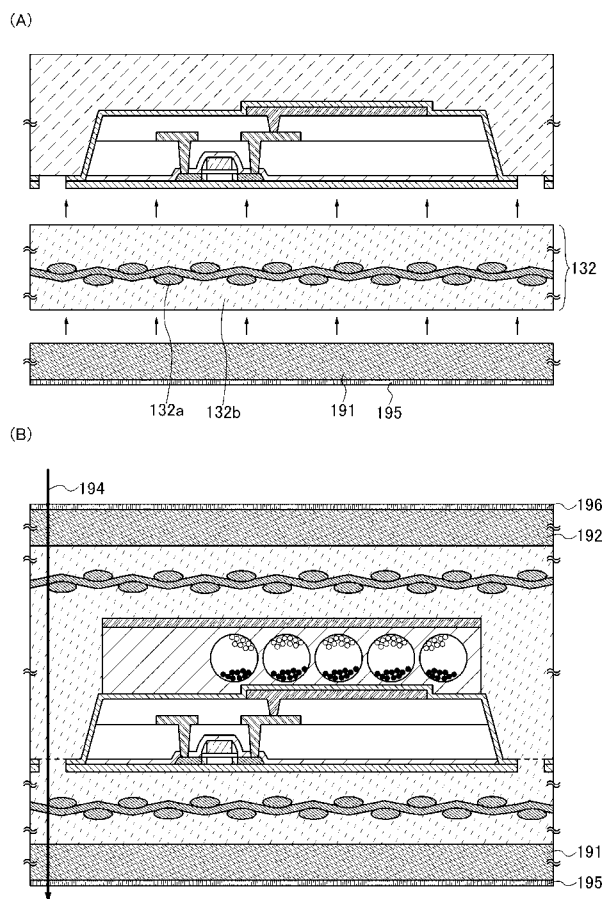
【図 17】



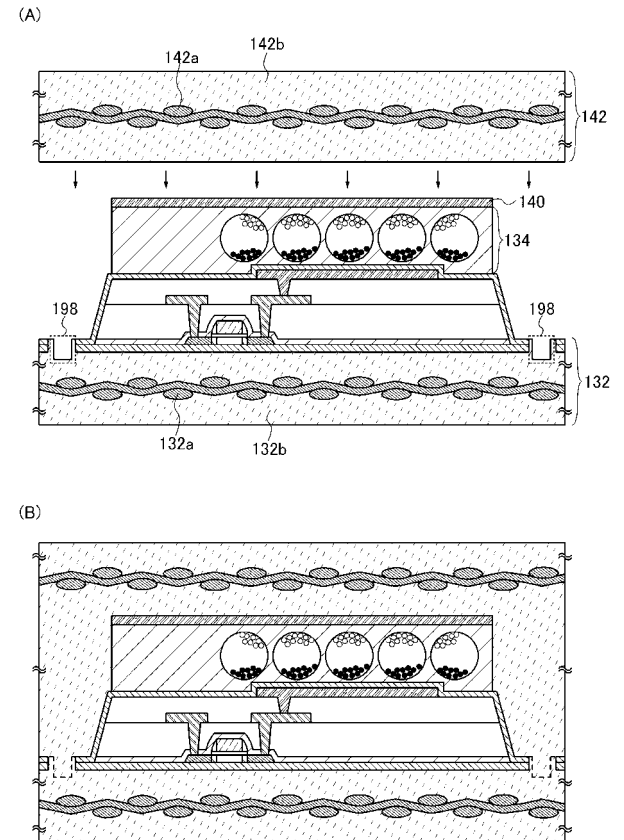
【図 18】



【図 19】

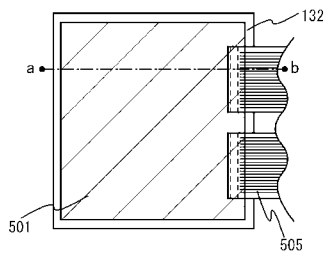


【図 20】

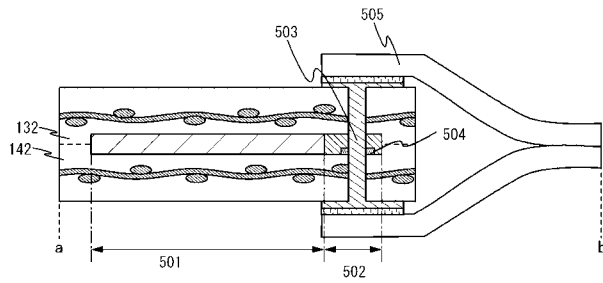


【図 2 1】

(A)

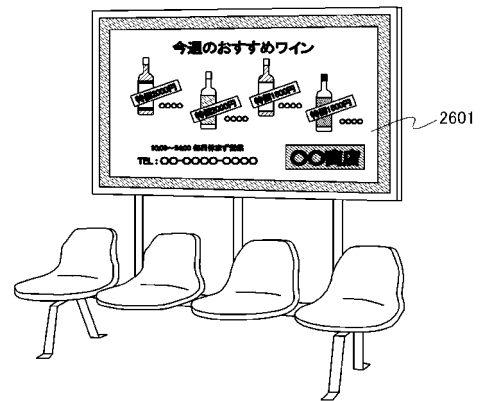


(B)

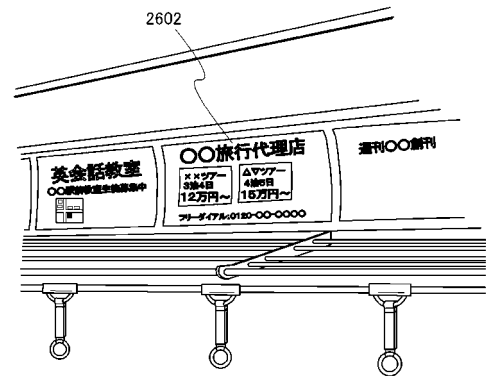


【図 2 2】

(A)

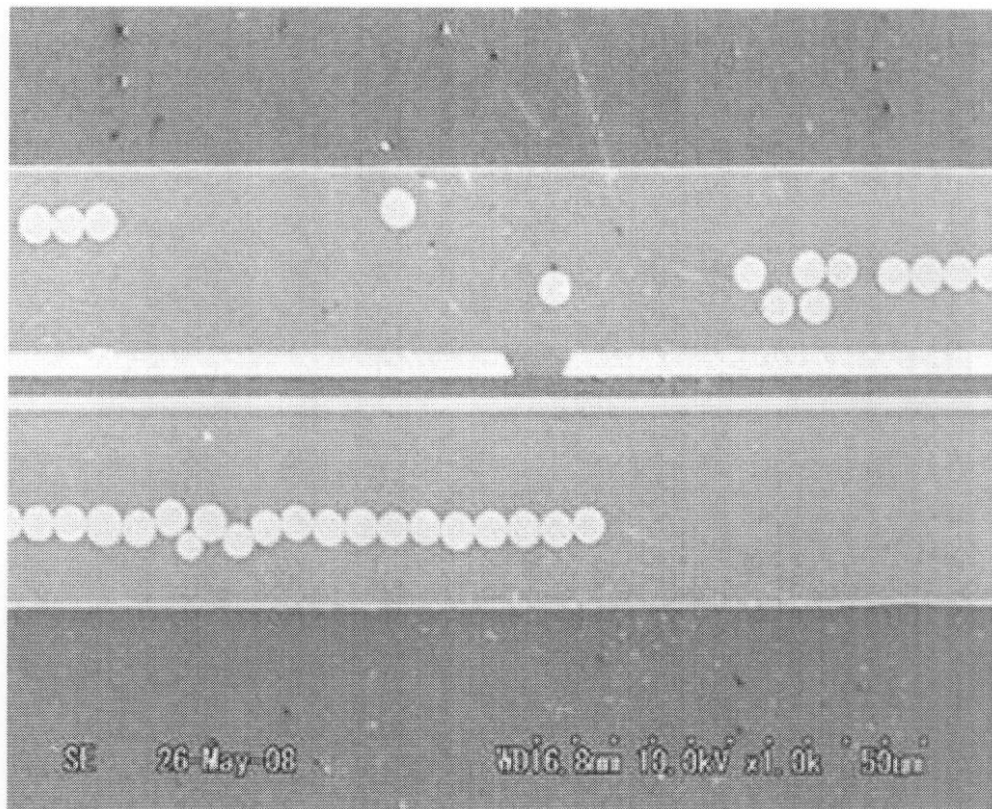


(B)

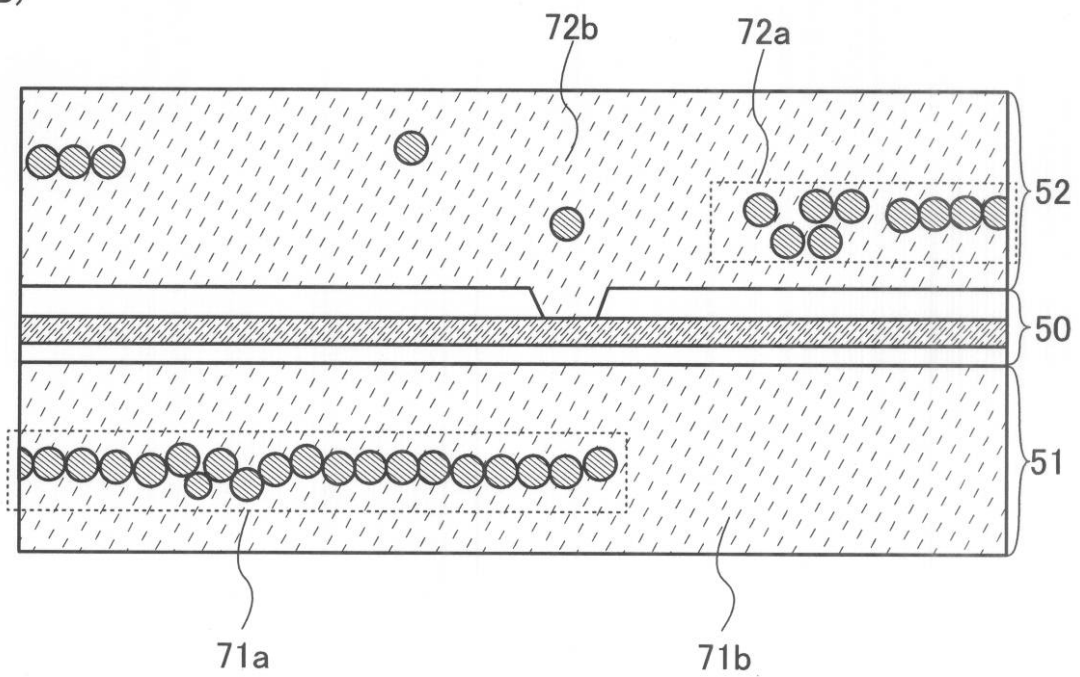


【図 23】

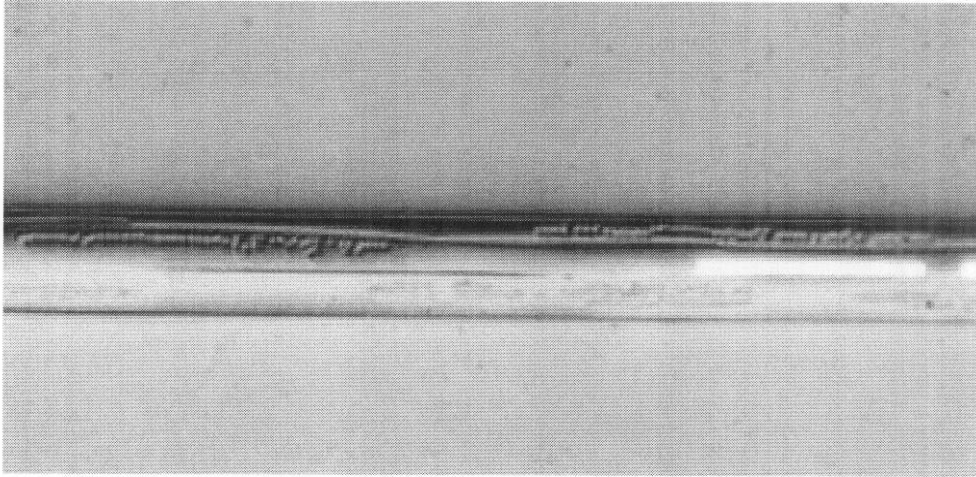
(A)



(B)



【 図 2 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 片庭 正敏
栃木県下都賀郡都賀町大字升塚 1 6 1 - 2 アドバンスト フィルム デバイス インク株式会
社内
- (72)発明者 小路 博信
栃木県下都賀郡都賀町大字升塚 1 6 1 - 2 アドバンスト フィルム デバイス インク株式会
社内
- (72)発明者 中田 昌孝
栃木県下都賀郡都賀町大字升塚 1 6 1 - 2 アドバンスト フィルム デバイス インク株式会
社内

F ターム(参考) 2K101 AA04 AA06 AA08 BA02 BA03 BA12 BB43 BC02 BC03 BD61
BE61 EC07 EC08 ED13 EE02 EG27 EG28 EG51 EJ01 EJ11
EK35
5C094 AA36 AA42 BA03 BA75 CA19 DA06 EA04 EB10 FB14 GB10
HA10