

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6555608号  
(P6555608)

(45) 発行日 令和1年8月7日 (2019. 8. 7)

(24) 登録日 令和1年7月19日 (2019. 7. 19)

(51) Int. Cl.

F I

G O 6 F 3 / 0 4 1 ( 2 0 0 6 . 0 1 )

G O 6 F 3 / 0 1 ( 2 0 0 6 . 0 1 )

G O 6 F 3 / 0 4 1 4 8 0

G O 6 F 3 / 0 1 5 6 0

請求項の数 13 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2014-243550 (P2014-243550)	(73) 特許権者	303018827
(22) 出願日	平成26年12月1日 (2014. 12. 1)		T i a n m a J a p a n株式会社
(65) 公開番号	特開2016-110163 (P2016-110163A)		神奈川県川崎市幸区鹿島田一丁目1番2号
(43) 公開日	平成28年6月20日 (2016. 6. 20)	(74) 代理人	100079164
審査請求日	平成29年11月13日 (2017. 11. 13)		弁理士 高橋 勇
特許法第30条第2項適用 SOCIETY FOR INFORMATION DISPLAY (SID) 2 014 INTERNATIONAL SYMPOSI UM DIGEST OF TECHNICAL PA PERS SESSIONS 33 - 62 VOL UME XLV, BOOK 11 (平成26年6月5日 発行)		(72) 発明者	芳賀 浩史 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地 NLTテクノロジー株式会社内
前置審査		(72) 発明者	中西 太 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地 NLTテクノロジー株式会社内
		(72) 発明者	池田 直康 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地 NLTテクノロジー株式会社内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 ディスプレイ装置および電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外部から与えられる画像信号によって、画面を表示する板状の視覚表示部と、この視覚表示部に対向するように配置され、前記画面上に使用者が知覚可能な触覚を提示する板状の触覚提示部とを備えたディスプレイ装置であって、

前記触覚提示部は、電極と、当該電極を覆う絶縁膜とを備え、外部から前記電極に与えられる電圧信号によって、前記電極と前記使用者との間に静電気力を生じさせ、前記使用者に触覚を提示するように構成され、

前記視覚表示部と前記触覚提示部との間の空隙に充填され、可視光線に対して透明性を有するとともに弾性率が100kPa未満の樹脂を更に備えたこと、を特徴とするディスプレイ装置。

【請求項2】

前記触覚提示部が、

支持基板と、前記支持基板上の第1の方向に延在している互いに平行な複数のX電極と、前記支持基板上の第2の方向に延在しかつ前記X電極と互いに絶縁されている互いに平行な複数のY電極とを備え、

前記各X電極のうち外部から入力された対象領域の情報に該当するX電極に対して第1の周波数の電圧信号を印加し、前記各Y電極のうち前記対象領域の情報に該当するY電極に対して第2の周波数の電圧信号を印加し、前記第1および第2の周波数の差の絶対値によって前記対象領域に電氣的なうなり振動を発生させる駆動回路を備えること、

を特徴とする請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 3】

前記第 1 および第 2 の周波数がいずれも 500 [Hz] 以上であり、

前記第 1 および第 2 の周波数の差の絶対値が 10 [Hz] より大きく 1000 [Hz] 未満である期間を有すること、を特徴とする請求項 2 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 4】

前記視覚表示部に、

操作画面内に対して当該ユーザが行ったタッチ操作の内容を検出するタッチ座標検出部が併設されていること、

を特徴とする請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

10

【請求項 5】

前記触覚提示部が、操作画面上に表示されている表示オブジェクトに対応する位置に、前記電圧信号の入力によって当該ユーザが知覚可能な静電気力を生成する触覚提示機能を備えていること、を特徴とする請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 6】

前記視覚表示部と前記触覚提示部との前記層状空隙で、樹脂が前記視覚表示部の表示領域全体を覆った状態で充填されていること、

を特徴とする請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 7】

前記視覚表示部を収容し、前記表示領域全体を露出する開口部を備えるシャーシを有し

20

、前記樹脂が前記開口部全体を覆いつつ、前記視覚表示部と前記触覚提示部との間の前記層状空隙を充填していること、

を特徴とする請求項 6 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 8】

前記視覚表示部と当該視覚表示部を支持する支持構造体との間を非弾性体で結合されて成ること、を特徴とする請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 9】

前記樹脂が、活性エネルギー型硬化樹脂、熱硬化樹脂、湿気硬化樹脂のうちのいずれか、もしくはこれらを複合させた複合型硬化樹脂であること、を特徴とする請求項 6 に記載のディスプレイ装置。

30

【請求項 10】

前記視覚表示部と前記触覚提示部との間の前記層状空隙に充填されている前記樹脂は、周縁部における弾性率が中央部における弾性率よりも高く設定されていること、

を特徴とする請求項 6 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 11】

前記樹脂が硬化性樹脂であると共に、前記周縁部における硬化率が前記中央部における硬化率よりも高いこと、

を特徴とする請求項 10 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 12】

40

外部から与えられる画像信号によって、画面を表示する板状の視覚表示部と、この視覚表示部に対向するように配置され、前記画面上に使用者が知覚可能な触覚を提示する板状の触覚提示部とを備えたディスプレイ装置であって、

前記触覚提示部は、電極と、当該電極を覆う絶縁膜とを備え、外部から前記電極に与えられる電圧信号によって、前記電極と前記使用者との間に静電気力を生じさせ、前記使用者に触覚を提示するように構成され、

前記視覚表示部と前記触覚提示部との間の空隙に充填され、可視光線に対して透明性を有するとともに弾性率が 100 kPa 未満の樹脂を更に備えたことで音鳴りが抑制されること、

を特徴とするディスプレイ装置。

50

## 【請求項 13】

請求項 1 ないし請求項 12 のうちのいずれか 1 項に記載のディスプレイ装置を情報表示用として内蔵していること、を特徴とする電子機器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明はディスプレイ装置および電子機器に関し、特に人間の皮膚に対して有効にテクスチャ感を提示して操作の補助を行うことを可能としうるディスプレイ装置等に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

10

従来より、指で入力可能なタッチパネルが搭載された表示装置は、入力に応じて表示内容や機器の動作を制御するシステムに組み込まれることで、使い勝手の良いインタラクティブな操作性の実現に貢献している。このため、スマートフォンやタブレット端末などのような、タッチパネルが組み込まれた電子機器が急速に普及している。また、パーソナルコンピュータなど、従来から存在する電子機器の中にも、そのようなタッチパネルが組み込まれたものが増えている。

## 【0003】

それに対して、テレビジョン受信機のリモコン、従来型の携帯電話端末（フィーチャーフォン）などのように、各々独立した操作キーを備えた機器は、操作キーの位置や配置を覚えさえすれば、視覚に頼ることなく操作することが可能である。しかしながら、タッチ

20

パネル付き表示装置の表面は一様に硬く、画面上に表示されているどの部分を触っても同じ触覚を持つ。

## 【0004】

そのため、タッチパネルのどこを触れば有効な入力が可能であるか、また有効な入力がなされたか否かを、視覚に頼ることなく（当該パネルを見ずに）知覚することは事実上不可能である。このことは、タッチパネル付き表示装置を備えたスマートフォンなどのような電子機器を、視覚に障害のある人が使用できないという問題を引き起こしている。また健常者にとっても、視覚に頼らずにそれらの電子機器を操作することができないということとは、当該電子機器を操作する上でのユーザビリティの低下となる。

## 【0005】

30

そのような点を改善し、視覚の他に触覚を併用してユーザビリティを向上させることを意図した技術として、以下の各々がある。特許文献 1 には、表示装置の前面の特定の位置に電極を埋め込み、当該電極に与えられる電圧信号によって、電極と使用者との間に生じる静電気力により、当該装置表面をなぞった利用者の指に触覚（テクスチャ感、ザラザラ感）を提示する、という技術が記載されている。

## 【0006】

この技術によれば、その電極を埋め込んだ箇所に人間の指によって知覚可能なテクスチャ感を与えることによって、視覚障害者であってもそのテクスチャ感を利用して、当該装置に表示されている操作画面の中で入力操作を受け付けている対象である表示オブジェクトの位置がどこにあるかを知覚することはできる。

40

## 【0007】

しかしながら、この技術では、電極に電圧信号を伝えるための配線にまでテクスチャ感が与えられることとなる。特に、多くの箇所にテクスチャ感を与えようとして多くの電極を埋め込むと、複雑な配線が必要となり、必要のない箇所にテクスチャ感が与えられることが多くなる。

## 【0008】

さらに、この技術では、あらかじめ電極の埋め込まれている箇所にしかテクスチャ感を提示することができない。表示オブジェクトに対応してテクスチャ感を提示する位置や個数を変更することは、電極の再配置を伴うので、事実上不可能である。

## 【0009】

50

また、特許文献 2 には、タッチパネルと表示装置とを一体とした可動パネルユニットの側面から、圧電アクチュエータによって振動を与えるという技術が記載されている。特許文献 3 も、特許文献 2 と同様に圧電アクチュエータによってタッチパネル付き表示装置に振動を与えるという技術で、その振動の波形に特徴を有するという技術が記載されている。

#### 【 0 0 1 0 】

さらに、特許文献 4 には、可聴周波数でなく超音波によってタッチパネル付き表示装置に振動を与えるという技術が記載されている。特許文献 5 も、圧電素子によってタッチパネル付き表示装置に振動を与えるという技術であり、その圧電素子の実装構造に特徴があるという技術が記載されている。

10

#### 【 0 0 1 1 】

そして、特許文献 6 には、タッチパネルの下に複数個の圧電フィルムによるアクチュエータを配置したという技術であり、各アクチュエータを振動させるパターンやその周波数などに特徴があるという技術が記載されている。非特許文献 1 および 2 には、「フィルムの電荷を制御することで、機械的な振動を使わずに利用者に触感を与える」という技術が記載されている。また、特許文献 7 には、光学弾性樹脂を利用してタッチパネルと表示装置とを貼り合わせるという技術の一例が記載されている。

#### 【 先行技術文献 】

#### 【 特許文献 】

#### 【 0 0 1 2 】

20

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 1 - 2 4 8 8 8 4 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 7 - 0 3 4 9 9 1 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 8 - 1 2 3 4 2 9 号公報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 1 0 - 2 3 1 6 0 9 号公報

【 特許文献 5 】 特開 2 0 1 1 - 0 5 3 7 4 5 号公報

【 特許文献 6 】 特開 2 0 1 2 - 0 2 7 7 6 5 号公報

【 特許文献 7 】 特開 2 0 0 4 - 0 7 7 8 8 7 号公報

#### 【 非特許文献 】

#### 【 0 0 1 3 】

【 非特許文献 1 】 ” Senseg Technology ” 、 [ 平成 2 6 年 8 月 1 2 日検索 ] 、 Senseg HQ 、インターネット<URL : <http://senseg.com/technology/senseg-technology>>

30

【 非特許文献 2 】 キーマンズネット、 「 『 触覚フィードバック技術 』 って何だ? 」 、 平成 2 3 年 4 月 6 日、 [ 平成 2 6 年 8 月 1 2 日検索 ] 、 株式会社リクルートマーケティングパートナーズ、インターネット<URL : <http://www.keyman.or.jp/at/30004013/>>

#### 【 発明の概要 】

#### 【 発明が解決しようとする課題 】

#### 【 0 0 1 4 】

上記の特許文献 1 、あるいは非特許文献 1 にも記載されているように、支持基板と、支持基板に結合された電極と、当該電極を覆う絶縁膜とを備え、外部から電極に与えられる電圧信号によって、電極と使用者との間に生じる静電気力により使用者に触覚を提示するように構成された触覚提示パネルと視覚ディスプレイとを重ね合わせ、これによってユーザの指に触覚を感じさせ、これをもって操作の補助とするという技術は既に存在する。

40

#### 【 0 0 1 5 】

しかし、発明者らが実際にそのような触覚提示パネルと視覚ディスプレイとを積層した構造の電子機器を試作してみたところ、ユーザの指に触覚を感じさせることはできたが、同時に音鳴りの問題が発生することも確認された。この音鳴りはユーザが触覚提示パネルを指でなぞっている時、即ちユーザが触覚提示パネル上で指を滑らせているときに発生した。一方、なぞっていない時には発生しなかった。この試作品についての詳細は、後段でさらに説明する。

#### 【 0 0 1 6 】

50

発明者らにとって、この音鳴りの問題は想定外であった。なぜなら、試作した触覚提示パネルは、支持基板上にスパッタリングによって成膜したITO (Indium Tin Oxide, 酸化インジウムスズ) からなる電極と、スピンコート法で形成した有機絶縁膜とを堆積した構造であり、機械的に振動する構造が無く、音鳴り (音響ノイズ) の発生源が存在しないからである。

【0017】

また、発明者らが音鳴りの問題を想定できなかった要因として、特許文献1や非特許文献1の記載も挙げられる。特許文献1には「本発明の実施形態には物理的な動きがないため、電気振動面は静かである」(同文献の段落0111)と記載されており、ノイズの問題が無いという記載になっている。非特許文献1にも「Unlike effects created by mechanical vibration and piezo solutions, Senseg is silent.」と記載されており、特許文献1と同様にノイズの問題が無いという記載になっている。

10

【0018】

しかし、この問題点を解決しうる技術は、前述した特許文献1～7、非特許文献1～2のいずれにも記載されていない。特許文献1および非特許文献1には、支持基板と、支持基板に結合された電極と、当該電極を覆う絶縁膜とを備え、外部から電極に与えられる電圧信号によって、電極と使用者との間に生じる静電気力により使用者に触覚を提示するように構成された触覚提示装置は「静か」と記載されており、問題点の存在自体が否定されている。実際には、特許文献1の図1に記載された形の触覚提示部においても、そのような音鳴りの問題が発生している。

20

【0019】

特許文献5には、裏面周縁部に圧電素子を取り付けられたタッチパネルと表示素子とを重ね合わせて構成した触覚フィードバック型タッチパネルの実装構造が記載されている。「圧電素子の振動を減衰しないように」タッチパネルに伝達するため、タッチパネル裏面周縁部を支持する枠状の支持部によってタッチパネルを支持し、タッチパネルと表示装置との間に空気層を設けているというものである。即ち、これは「音鳴りの問題を解決する」というものではない。

【0020】

本発明の目的は、不快な騒音を発生させることを抑制しつつ、人間の皮膚に対して有効にテクスチャ感を提示して、視覚と触覚の相互作用による臨場感の向上、あるいは操作の補助を行うことを可能としうるディスプレイ装置および電子機器を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0021】

上記目的を達成するため、本発明に係るディスプレイ装置は、外部から与えられる画像信号によって、画面を表示する板状の視覚表示部と、この視覚表示部に対向するように配置され、画面上に使用者が知覚可能な触覚を提示する板状の触覚提示部とを備えたディスプレイ装置であって、触覚提示部は、電極と、当該電極を覆う絶縁膜とを備え、外部から電極に与えられる電圧信号によって、電極と使用者との間に静電気力を生じさせ、使用者に触覚を提示するように構成され、視覚表示部と触覚提示部との間の空隙に充填され、可視光線に対して透明性を有するとともに弾性率が100kPa未満の樹脂を更に備えたこと、を特徴とする。

40

【発明の効果】

【0022】

本発明は、上記した通り、触覚提示部と視覚表示部との間を可視光線に対して透明性を有する樹脂によって充填している構成としたので、画面の表示と触覚の提示の動作をいづれも損なうことなく、指の変形によって生じた機械的振動が大面積の触覚提示パネルに伝わった時に、当該触覚提示パネル全面が振動することを抑制し、また共振の原因となる空間をなくすることができる。

【0023】

これによって、不快な騒音を発生させることを抑制しつつ、人間の皮膚に対して有効に

50

テクスチャ感を提示して、視覚と聴覚の相互作用による臨場感の向上、あるいは操作の補助を行うことが可能であるという、優れた特徴を持つディスプレイ装置および電子機器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 4 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係るディスプレイ装置の構成について示す説明図である。

【図 2 A】図 1 に示した視覚表示部と触覚提示部とを積層した状態の断面について示す説明図である。

【図 2 B】図 2 A に示した視覚表示部と触覚提示部とを積層したものをさらに筐体に取り付けた状態について示す説明図である。

10

【図 2 C】図 2 A に示した樹脂の弾性率についての発明者らによる実験結果を示す説明図である。

【図 2 D】図 2 A に示した支持基板および X 電極、Y 電極のより詳細な平面形状について示す説明図である。

【図 2 E】図 2 A に示した X 電極および Y 電極の相互間の接続部分の構造を拡大して示す説明図である。

【図 3 A】図 1 および 2 に示した触覚提示部を平面視した場合の構造について示す説明図である。

【図 3 B】図 3 A に示した触覚提示部の駆動方法について示す説明図である。

20

【図 3 C】図 3 A に示した触覚提示部の断面モデルについて示す説明図である。

【図 3 D】図 3 A に示した触覚提示部で、指に働く引力の周波数に対する触覚の変化をユーザが知覚するために必要な電圧信号の振幅の閾値の関係を測定したグラフである。

【図 3 E】本発明の第 1 の実施形態の変形に係るディスプレイ装置の構成について示す説明図である。

【図 3 F】図 3 E に示したディスプレイ装置の断面構造について示す説明図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態に係るディスプレイ装置の構成について示す斜視図である。

【図 5 A】図 4 に示したディスプレイ装置の断面構造について示す説明図である。

【図 5 B】図 5 A に示した断面構造をさらに詳細に示す説明図である。

30

【図 6】本発明の第 3 の実施形態に係るディスプレイ装置の構成について示す斜視図である。

【図 7】図 6 に示したディスプレイ装置の断面構造について示す説明図である。

【図 8】本発明の第 4 の実施形態に係るディスプレイ装置の構成について示す斜視図である。

【図 9】図 8 に示したディスプレイ装置の断面構造について示す説明図である。

【図 1 0】図 8 および 9 に示した触覚提示部を平面視した場合の構造について示す説明図である。

【図 1 1】図 8 ~ 1 0 に示したディスプレイ装置の駆動について示す説明図である。

【図 1 2】本発明の応用形態に係る電子機器の構成について示す説明図である。

40

【図 1 3】発明者らが試作した本発明の前提となる技術に係るディスプレイ装置の構成について示す斜視図である。

【図 1 4】図 1 3 に示したディスプレイ装置の断面構造について示す説明図である。

【図 1 5】図 1 3 および 1 4 に示した触覚提示部を平面視した場合の構造について示す説明図である。

【図 1 6】図 1 3 ~ 1 5 に示したディスプレイ装置を試作した結果判明した音鳴りについて示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 5 】

(前提技術)

50

図１３は、発明者らが試作した本発明の前提となる技術に係るディスプレイ装置９００の構造について示す斜視図である。ディスプレイ装置９００は、視覚表示部９１０と触覚提示部９２０とを積層して構成されている。

【００２６】

このディスプレイ装置９００はいわゆるモジュールであり、このモジュールにプロセッサ、記憶装置、通信装置、電源装置などを組み合わせて、スマートフォンやパーソナルコンピュータなどのような電子機器として製品化される。

【００２７】

図１４は、図１３に示したディスプレイ装置９００の断面構造について示す説明図である。視覚表示部９１０は、画面の表示領域全体を露出する開口部を備えるシャーシ９３０に收容され、その開口部の上から触覚提示部９２０を接着剤９３２（もしくは粘着テープなど）によって貼り付けられるという形で製造される。その際、触覚提示部９２０とシャーシ９３０は、開口部９３１の外縁において貼り付けられる。即ち、視覚表示部９１０と触覚提示部９２０の間に、空隙９３３ができています。

10

【００２８】

図１５は、図１３および図１４に示した触覚提示部９２０を平面視した場合の構造について示す説明図である。触覚提示部９２０は、平面状の支持基板９２１上の $x$ 方向に延在する複数の $X$ 電極９２２と、支持基板９２１上で $X$ 電極９２２と直交する $y$ 方向に延在する複数の $Y$ 電極９２３と、 $X$ 電極９２２の各々に接続された $X$ 電極駆動回路９２４と、 $Y$ 電極９２３の各々に接続された $Y$ 電極駆動回路９２５と、 $X$ 電極駆動回路９２４および $Y$ 電極駆動回路９２５の各々に接続された制御部９２６とによって構成されている。 $X$ 電極９２２および $Y$ 電極９２３は、ITO (Indium Tin Oxide, 酸化インジウムスズ) などのような可視光線に対して透明性を有する導電性材料によって構成されている。

20

【００２９】

$X$ 電極９２２と $Y$ 電極９２３の間、および $X$ 電極９２２や $Y$ 電極９２３とその上から触れられるユーザの指との間は、絶縁膜によって電気的な絶縁が保たれている。制御部９２６は、電子機器全体の動作を統括するプロセッサ（図示せず）から与えられた触覚を提示しようとする対象領域についての情報に基づいて $X$ 電極駆動回路９２４および $Y$ 電極駆動回路９２５を制御する。

【００３０】

30

$X$ 電極駆動回路９２４および $Y$ 電極駆動回路９２５は、制御部９２６から入力された制御情報に応じて、 $X$ 電極９２２もしくは $Y$ 電極９２３のうちの必要な範囲の電極に、必要な周波数の電圧信号を印加する。

【００３１】

これによって、触覚提示部９２０は、 $X$ 電極９２２および $Y$ 電極９２３の配置された領域のうちの特定の対象領域（１箇所でも複数箇所でもよい）に対して、必要な周波数の電界を発生させ、ユーザが対象領域上の表面を指でなぞったときに、ユーザと電極との間にはたらく静電気力によって指とタッチ表面との摩擦力を変化させ、その領域に対してテクスチャ感を提示することが可能となる。

【００３２】

40

図１６は、図１３～１５に示したディスプレイ装置９００を試作した結果判明した音鳴りについて示す説明図である。ここで示す例では、対象領域 $C$ に対してテクスチャ感を提示することを意図して、 $Y$ 電極９２３の中で対象領域 $C$ の範囲を通るものに周波数 $f_1 = 1000\text{ Hz}$ 、 $X$ 電極９２２の中で対象領域 $C$ の範囲を通るものに周波数 $f_2 = 1240\text{ Hz}$ の電圧信号を印加する。その他の $X$ 電極９２２および $Y$ 電極９２３は接地している。このとき、当該装置表面をユーザがタッチした場合、対象領域 $C$ において $240\text{ Hz}$ の静電気力が、ユーザと電極との間に発生する。

【００３３】

これによって、対象領域 $C$ においてのみ人間が皮膚感覚を通じて知覚できるテクスチャ感が提示され、その他の領域では特別な触覚は特に何も知覚されない状態であることは確

50

認できた。

【0034】

しかしながら、この対象領域Cを指で探り当てようとして、触覚提示部920の(ディスプレイ装置900の)表面を指でなぞっている時に、音鳴りが発生したことも確認された。

【0035】

図14および図16を用いて説明すると、この音鳴りは、対象領域Cの上で指を滑らせている場合に発生している。さらに、X電極922にのみ周波数 $f_2 = 1240\text{ Hz}$ の電圧信号が印加されている領域である領域Bの上で指を滑らせている場合、およびY電極923にのみ周波数 $f_1 = 1000\text{ Hz}$ の電圧信号が印加されている領域である領域Aの上で指を滑らせている場合にも発生している。

10

【0036】

一方、ユーザが指を滑らす動作をせず、タッチ面上で指を静止させた場合は音鳴りが発生しない。また、ユーザが当該装置に触れていない場合も音鳴りは発生しない。以上の結果より、この音鳴りはユーザと触覚提示部の相互作用により生じていると考えられる。音鳴りの機序として、次の過程のモデルが考えられる。

【0037】

(1) 電極に信号電圧を印加すると、電極とユーザの指との間に、静電気力がはたらく。静電気力は信号電圧の周波数に応じて変動する。

(2) ユーザの指とタッチ面との間にはたらく垂直抗力が静電気力の変動に応じて変動するので、ユーザが指を滑らせたとき、信号電圧の周波数に応じて摩擦力が変動する。

20

(3) 摩擦力の変動は指のせん断方向にはたらく力を変動させ、信号電圧の周波数に応じた指の変形をもたらす。この変形が機械的な振動の起源となる。

(4) 指の変形がディスプレイ装置900表面の触覚提示パネルに伝わり、触覚提示パネルに信号電圧の周波数に応じた撓みが生じる。

(5) 触覚提示パネルの面積が大きいいため、その撓み(振動)は効率よく、空中に音として放射され、あるいは、空隙933において共鳴し増幅され、音鳴りとしてユーザに知覚される。

【0038】

このように、触覚提示部920の動作に起因して、ユーザとの相互作用によって、大きな面積を有する触覚提示部が撓み、また共鳴することで音鳴りが発生すると考えられる。印加される周波数 $f_1 = 1000\text{ Hz}$ と周波数 $f_2 = 1240\text{ Hz}$ によって生じる指の変形(振動)、およびそれらのうなりによって対象領域Cにおいて発生する $240\text{ Hz}$ の指の変形(振動)動は、それ自体は人間の耳に聞こえるほどの音量とはならないものであるが、これが触覚提示パネルを撓ませることによって空中に伝わる音波が増加し、また空隙933における共鳴によって増幅され、音鳴りとして人間の耳に聞こえるものとなっている。

30

【0039】

この音鳴りは、展示会の会場などのように、周囲の騒音がある程度以上大きい場所(一般的な目安として約 $60 \sim 70\text{ dB}$ )であれば特に気にならないが、事務所など静粛性が保たれている場所(約 $50\text{ dB}$ )であれば気になるというレベルのものである。

40

【0040】

また、図16で示した例では、うなりにより生じる静電気力の周波数は $240\text{ Hz}$ である。 $10\text{ Hz}$ より大きく $1000\text{ Hz}$ 未満の周波数で人間が皮膚感覚を通じてテクスチャ感を知覚でき、特に $200\text{ Hz}$ 付近でそれを最も強く知覚できることが、発明者らによる実験で確認されている。しかし、この周波数範囲は一般的な可聴帯域の範囲内に含まれる。人間の皮膚にテクスチャ感を提示するという目的がある以上、この周波数を変更することはできない。

【0041】

一方、図13および14に示したようなシャーシ930に視覚表示部910を収容して

50



モジュール化すると、その音鳴りのレベルが大きくなる。しかしながら、ディスプレイ装置 900 を電子機器に組み込んで製品化するためにはモジュール化は不可避である。また、モジュール化の段階でシャーシを使用しないものとしても、最終製品となるまでの段階で何らかの外装ケースに収容されることはやはり不可避である。

#### 【0042】

以上で述べた問題点は、視覚表示部 910 に触覚提示部 920 を付属させ、静電気力によってユーザの指に触覚を感じさせるという構造のディスプレイ装置においては、本質的に不可避の問題点であると言える。音鳴りの発生を完全に無くすことまでは必要ではないが、「事務所などにおいて特に気にならずに使用できる」というレベルにまで音鳴りを抑制する必要がある。

10

#### 【0043】

##### (第1の実施形態)

以下、本発明の第1の実施形態の構成について添付図1～3に基づいて説明する。

第1の実施形態に係るディスプレイ装置 100 は、外部から与えられる画像信号によって、画面を表示する板状の視覚表示部 10 と、この視覚表示部に対向するように配置され、前記画面上に使用者が知覚可能な触覚を提示する板状の触覚提示部 20 とを備えたディスプレイ装置である。ここで、触覚提示部 20 は、電極 (X 電極 22、Y 電極 23) と、当該電極を覆う絶縁膜とを備え、外部から前記電極に与えられる電圧信号によって、電極と使用者との間に静電気力を生じさせ、使用者に触覚を提示するように構成される。ディスプレイ装置 100 は、視覚表示部 10 と触覚提示部 20 との間の空隙に、可視光線に対して透明性を有する樹脂 40 を充填して成る。また、視覚表示部 10 に、操作画面内に対して当該ユーザが行ったタッチ操作の内容を検出するタッチ座標検出部 11 が併設されている。

20

#### 【0044】

また、触覚提示部 20 が、支持基板 21 と、支持基板上の第1の方向に延在している互いに平行な複数の X 電極 22 と、支持基板上の第2の方向に延在しかつ X 電極と互いに絶縁され、概ね直交している互いに平行な複数の Y 電極 23 とを備え、各 X 電極のうち外部から入力された対象領域の情報に該当する X 電極に対して第1の周波数の電圧信号を印加し、各 Y 電極のうち対象領域の情報に該当する Y 電極に対して第2の周波数の電圧信号を印加し、第1および第2の周波数の差の絶対値によって対象領域に電気的なうなり振動を発生させる駆動回路 (X 電極駆動回路 24、Y 電極駆動回路 25) を備えている。ここで、第1および第2の周波数はいずれも 500 [Hz] 以上であり、第1および第2の周波数の差の絶対値が 10 [Hz] より大きく 1000 [Hz] 未満である期間を有する。

30

#### 【0045】

そして、触覚提示部 20 は、操作画面上に表示されている表示オブジェクトに対応する位置に、電圧信号の入力によって当該ユーザが知覚可能な静電気力を発生する触覚提示機能を備えているものである。その一方で、視覚表示部 10 と触覚提示部 20 との間の層状空隙で、樹脂 40 が視覚表示部の表示領域全体を覆っている。さらに、ディスプレイ装置 100 は、視覚表示部 10 を収容し、表示領域全体を露出する開口部 31 を備えるシャーシ 30 を有し、樹脂 40 が開口部 31 全体を覆いつつ、視覚表示部 10 と触覚提示部 20 との間を充填している。そして、ディスプレイ装置 100 は、視覚表示部 10 と視覚表示部を支持する支持構造体 (筐体 50) との間を非弾性体 (ねじ 51) で結合されて成るものである。ここで、樹脂 40 は、活性エネルギー型硬化樹脂、熱硬化樹脂、湿気硬化樹脂のうちのいずれか、もしくはこれらを複合させた複合型硬化樹脂とすることができる。

40

#### 【0046】

以上の構成を備えることにより、このディスプレイ装置 100 は、不快な騒音を発生させることを抑制しつつ、人間の皮膚に対して有効にテクスチャ感を提示することが可能なものとなる。

以下、これをより詳細に説明する。

#### 【0047】

50

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るディスプレイ装置 100 の構造について示す斜視図である。ディスプレイ装置 100 は、視覚表示部 10 と触覚提示部 20 とを積層して構成されている。

【0048】

このディスプレイ装置 100 はシャーシ 30 に收容されたいわゆるモジュールであり、このモジュールにプロセッサ、記憶装置、通信装置、電源装置などを組み合わせて、スマートフォンやパーソナルコンピュータなどのような電子機器として製品化される。またディスプレイ装置 100 の額縁の部分に光学式タッチパネルを配設したり、あるいは視覚表示部 10 に光センサアレイ（タッチ座標検出部 11）を配設したりすることで、ユーザによるタッチ操作入力を可能とするタッチパネル付ディスプレイ装置を構成することができる。

10

【0049】

図 2 は、図 1 に示したディスプレイ装置 100 の断面構造について示す説明図である。そのうち図 2 A は、視覚表示部 10 と触覚提示部 20 とを積層した状態の断面について示す。図 2 B は、積層したものをさらに筐体 50 に取り付けした状態について示す。図 2 C は、樹脂 40 の弾性率についての発明者らによる実験結果を示す。また、図 2 D は触覚提示部 20 のより詳細な平面形状、図 2 E はその断面形状を各々示す。

【0050】

図 2 A で、視覚表示部 10 は、表示領域全体を露出する開口部 31 を備えるシャーシ 30 に收容され、その開口部 31 で、視覚表示部 10 と触覚提示部 20 との間が、可視光線に対して透明性を有する樹脂 40 によって充填されている。図 2 B では、これを筐体 50 に收容し、側面から筐体 50 とシャーシ 30 を貫通するようにねじ 51 で固定している。ねじ 51 は非弾性体の材質であり、典型的には金属である。筐体 50 とシャーシ 30 との間の固定手段は、非弾性体であれば、ねじ 51 以外の固定手段を利用してもよい。

20

【0051】

樹脂 40 は、より具体的には光学接着剤（Optical Clear Resin, O C R）と呼ばれているものであり、可視光線に対して透明性を有している。これは、紫外線の照射によって凝固する性質を持ち、本実施形態の場合、凝固している状態での弾性率（ヤング率）は約 40 k P a である。また、樹脂 40 の層の厚さは 0.8 mm である。

【0052】

発明者らが弾性率の異なる様々な O C R を用いてディスプレイ装置を試作したところ、弾性率が 100 k P a を超えると視覚表示部である液晶ディスプレイに表示ムラが生じることがわかった。O C R の弾性率と表示ムラとの関係を調べた実験結果を図 2 C に示す。この結果より、O C R の弾性率を 100 k P a 未満が望ましいことがわかる。また、樹脂 40 の厚さを 0.2 mm より厚くすることが、表示ムラの問題を解決する視点で望ましいことが実験によりわかった。

30

【0053】

触覚提示部 20 の構造についてより詳細に説明する。図 2 D は、図 2 A で示した触覚提示部 20 の支持基板 21 および X 電極 22、Y 電極 23 のより詳細な平面形状について示すものであり、X 電極 22 とその配線とを点線で、Y 電極 23 とその配線とを実線で各々示している。

40

【0054】

X 電極 22 は、複数の菱形の電極が接続部を介して数珠状に連結された形状である。即ち、一つの X 電極 22 は、左右に隣り合う菱形の電極を接続部を介して電氣的に接続し形成され、x 方向に延在するという形状である。X 電極 22 は、y 軸方向に 2 mm の間隔で配置されている。即ち、X 電極同士のピッチは 2 mm である。Y 電極 23 もこれと同様に、複数の菱形の電極が接続部を介して数珠状に連結された形状である。即ち、一つの Y 電極 23 は、上下に隣り合う菱形の電極を接続部を介して電氣的に接続し形成され、y 方向に延在するという形状である。Y 電極 23 は、x 軸方向に 2 mm の間隔で配置した。即ち、Y 電極同士のピッチは 2 mm である。

50

## 【 0 0 5 5 】

X電極22およびY電極23は、平面視した時に、菱形の電極の接続部同士が絶縁膜を介して重なりあうように形成されている。また、X電極22の菱形の部分の主要部とY電極23の菱形の部分の主要部とは重ならないように形成されている。即ち、X電極の菱形の部分の主要部とY電極の菱形の部分の主要部とが、平面視した時に隣り合う形状となっている。

## 【 0 0 5 6 】

図2Eは、図2Dで示したX電極22およびY電極23の相互間の接続部分の構造を拡大して示すものである。図2Eの上側は、図2DのブロックDとして示した電極の相互間の接続部を示す平面視図で、図2Eの下側は図2Eの上側のA-A'線における断面図である。

10

## 【 0 0 5 7 】

X電極22は、菱形の電極をブリッジ電極27によって直線上に相互に接続して構成されている。またY電極23も、菱形の電極をこれと同一の材料による接続部28によって直線上に相互に接続して構成されている。ブリッジ電極27と接続部28との間は、絶縁膜29によって絶縁される。

## 【 0 0 5 8 】

図2Eの下側によって、このX電極22およびY電極23の接続部分の断面構造と製造手順について説明する。ガラス基板である支持基板21上に、まずブリッジ電極27をITOなどのような透明導電膜によって形成する。

20

## 【 0 0 5 9 】

次いで、ブリッジ電極27の上に絶縁膜29を有機材料で形成する。有機材料で形成することによって、絶縁膜29の膜厚を厚くし易く、X電極22とY電極23との間の交差部で形成される本来不要な結合容量を小さくすることができる。絶縁膜29はブリッジ電極27とY電極23との間の接続部とを絶縁するようにブリッジ電極を覆い、ブリッジ電極27とX電極22の菱形部とが接触するように、ブリッジ電極を覆わない形状に形成される。

## 【 0 0 6 0 】

次いで、X電極22、Y電極23、接続部28とその他の配線および端子を透明導電膜によって一括して形成する。最後に絶縁膜29を有機材料で成膜し、端子にコンタクトホールを形成する。支持基板21に形成された複数の端子はX電極22またはY電極23と配線により接続され、これらはX電極駆動回路24およびY電極駆動回路25に接続される。

30

## 【 0 0 6 1 】

図3Aは、図1および2に示した触覚提示部20を平面視した場合の構造について示す説明図である。触覚提示部20は、平面状の支持基板21上のx方向に延在する複数のX電極22と、支持基板21上でX電極22と直交するy方向に延在する複数のY電極23と、X電極22の各々に接続されたX電極駆動回路24と、Y電極23の各々に接続されたY電極駆動回路25と、X電極駆動回路24およびY電極駆動回路25の各々に接続された制御部26とによって構成されている。X電極22およびY電極23は、ITO (Indium Tin Oxide, 酸化インジウムスズ) などのような可視光線に対して透明性を有する金属材料によって構成されている。

40

## 【 0 0 6 2 】

X電極22とY電極23とはその交差部で絶縁膜を介して交差し、両者の電氣的な絶縁が保たれている。また、X電極22とY電極23の上にも絶縁膜が形成され、ユーザが触覚提示部20の表面を上から指で触った場合に、X電極22と指、およびY電極23と指との間を電氣的に絶縁している。

## 【 0 0 6 3 】

制御部26は、ディスプレイ装置100を含んだ電子機器全体の動作を統括するプロセッサ(図示せず)から与えられたテクスチャ感を提示しようとする対象領域についての情

50

報に基づいてX電極駆動回路24およびY電極駆動回路25を制御する。X電極駆動回路24およびY電極駆動回路25は、制御部26から入力された制御情報に応じて、X電極22もしくはY電極23のうちの必要な範囲の電極に、必要な周波数の電圧信号を印加する。

#### 【0064】

図3Bは、図3Aに示した触覚提示部20の駆動方法について示す説明図である。ここで、各々のX電極22およびY電極23には、各電極ごとに異なる記号によって区別するものとする。即ち、図3Bに示す例では、支持基板21上に28本のX電極22と46本のY電極23とが形成されているが、それら各々のX電極22を下から上方向にX00～X27といい、各々のY電極23を右から左方向にY03～Y48という。

10

#### 【0065】

また、テクスチャ感を提示しようとする領域を対象領域27Aとする。対象領域27Aは、X電極22ではX11～X14の範囲、Y電極23ではY24～Y27の範囲である。制御部26は、外部から与えられた対象領域27Aの情報に基づいて、X電極駆動回路24およびY電極駆動回路25に制御信号を与える。

#### 【0066】

この制御信号を受けて、X電極駆動回路24はX11～X14に周波数 $f_1 = 1000$  Hzの電圧信号を印加し、Y電極駆動回路25はY24～Y27に周波数 $f_2 = 1240$  Hzの電圧信号を印加する。ここで、X電極駆動回路24およびY電極駆動回路25は、それらに該当しないX電極22およびY電極23について、電極同士の容量結合によって電圧が誘起されることを防ぐため、図3Bに示した例では接地している。または、接地するかわりに直流電圧、もしくは2240 Hz以上の周波数の電圧信号を印加してもよい(この点について理由は後述する)。

20

#### 【0067】

X電極22およびY電極23に上記の信号を印加し、触覚提示部20の表面を指でなぞるとX11～X14とY24～Y27が交差する対象領域27Aのみでテクスチャ感が知覚される。この電圧信号を印加する電極を任意に選択することで、任意の所定の領域にテクスチャ感を提示することができる。また、全てのX電極および全てのY電極を選択することで、X電極とY電極の交差部全てを内包する領域全体にテクスチャ感を提示することもできる。

30

#### 【0068】

発明者らは、実験によって、X11～X14の電極上の領域から対象領域27Aを除いた領域ではテクスチャ感が提示されず、またY24～Y27電極上の領域から対象領域27Aを除いた領域でもテクスチャ感が提示されないことを確認した。即ち、人間の指は電極に印加する電圧信号の周波数が1000 Hzや1240 Hzの場合にはテクスチャ感を知覚しない性質であることを、発明者らは確認した。

#### 【0069】

一方、対象領域27Aでは、 $f_1 = 1000$  Hzの電圧信号が印加されたX電極と $f_2 = 1240$  Hzの電圧信号が印加されたY電極とが互いに隣接しているので、波動の分野で知られるうなりが生じている。以下、うなりによってテクスチャ感が提示される機構について説明する。

40

#### 【0070】

図3Cは、図3Aおよび図3Bで示した触覚提示部20の断面モデルについて示す説明図である。前述の通り、複数のX電極22と複数のY電極23とは、平面状の支持基板21(図3C上には示されない)上で隣り合うように配置されている。ここで、X電極22およびY電極23のうち、対象領域27A内に配置された2つのX電極22と2つのY電極23とに対向する位置に、指をモデル化した電極27Bが一つ配置されている。人体には接地効果があるので、この電極27Bは抵抗値Rを有する抵抗27Cを介して接地されているものとしてモデル化することができる。

#### 【0071】

50

今、対象領域 27A 内の X 電極 22 に、 $V_1 = A \cos(2\pi f_1 t)$  で表される電圧信号  $V_1$  を印加する。電圧信号  $V_1$  の振幅は  $A$ 、周波数は  $f_1$  であり、 $t$  は時刻を表す。また、対象領域 27A 内の Y 電極 23 に、 $V_2 = A \cos(2\pi f_2 t)$  で表される電圧信号  $V_2$  を印加する。電圧信号  $V_2$  の振幅は電圧信号  $V_1$  の振幅と等しい  $A$ 、周波数は  $f_2$  である。

【0072】

電極 27B と対象領域 27A 内の X 電極 22 の各々との間は静電容量  $C$  を有する平行平板コンデンサとしてモデル化することができ、電極 27B と対象領域 27A 内の Y 電極 23 の各々との間は静電容量  $C$  を有する平行平板コンデンサとしてモデル化することができる。

10

【0073】

このとき、電極 27B に現れる電圧  $V_P$  は、抵抗値  $R$  が十分高いとき、 $V_P = (V_1 + V_2) / 2$  となる。

【0074】

ひとつの X 電極 22 と指をモデル化した電極 27B との間に働く静電気力を図 3A に示すように  $F_{e1}$  とあらわす。 $F_{e1}$  は、平行平板コンデンサの電極間に働く力として知られている公式を適用すると、次のように求められる。ここで  $\epsilon$  は X 電極上の絶縁膜の誘電率、 $S$  は平行平板コンデンサの電極面積である。

【0075】

【数 1】

20

$$F_{e1} = \frac{1}{2\epsilon S} \left( C \frac{V_2 - V_1}{2} \right)^2$$

【0076】

同様に、ひとつの Y 電極 23 と指をモデル化した電極 27B との間に働く静電気力を図 3A に示すように  $F_{e2}$  とあらわすと  $F_{e2}$  は次のように求められる。

30

【0077】

【数 2】

$$F_{e2} = \frac{1}{2\epsilon S} \left( C \frac{V_1 - V_2}{2} \right)^2$$

40

【0078】

静電気力  $F_{e1}$  と静電気力  $F_{e2}$  とを人の指先で区別できない程度に電極の間隔が細かいのであれば、 $F_{e1}$  および  $F_{e2}$  の個々の力を合計した力がマクロ的に指に働くものとみなすことができる。指をモデル化した電極 27B に働くすべての力の合計  $F$  は、図 3A より  $F = 2(F_{e1} + F_{e2})$  であるから、前記の  $V_1$ 、 $V_2$ 、数 1 および数 2 の値を用いることで、次のように得ることができる。

【0079】

【数 3】

$$F = \frac{A^2 C^2}{2 \varepsilon S} \{1 - \cos 2\pi(f_1 + f_2)t\} \{1 - \cos 2\pi(f_1 - f_2)t\}$$

【0080】

数 3 より、モデル化した電極 27B に働くすべての力の合計 F は、値域が  $[0, A^2 C^2 / (\varepsilon S)]$  で周波数が  $(f_1 + f_2)$  である周期関数に、値域が  $[0, 2]$  で、周波数が  $(f_1 - f_2)$  の絶対値である周期関数を乗算して得られるものであることがわかる。その包絡線の周波数は  $(f_1 - f_2)$  の絶対値となる。

10

【0081】

この基本形態では、周波数  $f_1 = 1000 \text{ Hz}$ 、周波数  $f_2 = 1240 \text{ Hz}$  としているため、その差の絶対値は  $240 \text{ Hz}$  となる。このため指に働く引力 F は、数 3 に示すように  $240 \text{ Hz}$  で変化する。従って、人間が触覚提示部 20 の表面を指でなぞると、 $240 \text{ Hz}$  の周波数で摩擦力の変化が生じる。 $240 \text{ Hz}$  は人間の皮膚の機械受容器が感度を有する周波数であるので、テクスチャ感の知覚をもたらすことができる。

【0082】

さらに発明者らは、電圧信号の周波数に対するテクスチャ感の知覚の有無を実験によって確認した。支持基板 21 上の全ての X 電極 22 および Y 電極 23 に同一の電圧信号を印加し、テクスチャ感の有無を確認した結果、電圧信号の周波数が  $5 \text{ Hz}$  より大きく  $500 \text{ Hz}$  未満の範囲内にある場合にテクスチャ感が知覚され、電圧信号の周波数がこの範囲内にはテクスチャ感が知覚されないことが確認された。

20

【0083】

また、支持基板 21 上の全ての X 電極 22 に周波数  $f_1$  の電圧信号を印加し、全ての Y 電極 23 に周波数  $f_2$  の電圧信号を印加し、 $f_1$  と  $f_2$  との差の絶対値に対するテクスチャ感の知覚の有無を実験的に確認した。その結果、 $f_1$  と  $f_2$  との差の絶対値が  $10 \text{ Hz}$  より大きく  $1000 \text{ Hz}$  未満の場合テクスチャ感が知覚され、 $f_1$  と  $f_2$  との差の絶対値が  $10 \text{ Hz}$  以下または  $1000 \text{ Hz}$  以上の場合テクスチャ感が知覚されないことが確認された。

30

【0084】

これらの結果から、X 電極に印加する電圧信号の周波数を  $f_1$  とし、Y 電極に印加する電圧信号の周波数を  $f_2$  とした場合、 $f_1$  および  $f_2$  を共に  $500 \text{ Hz}$  以上とし、 $f_1$  と  $f_2$  との差の絶対値が  $10 \text{ Hz}$  より大きく  $1000 \text{ Hz}$  未満となるように  $f_1$  と  $f_2$  を設定すれば、周波数  $f_1$  の電圧信号を与えた X 電極と周波数  $f_2$  の電圧信号を与えた Y 電極とが交差する領域にテクスチャ感を提示し、他の領域にはテクスチャ感を提示しない触覚提示部 20 が実現可能となる。

【0085】

さらに、数 3 とその考察に記載した事項から、指に働く引力の周波数がテクスチャ感の知覚に作用していると考えられたので、発明者らは指に働く引力の周波数と触覚の知覚との関係を確認する実験を行った。図 3D は、図 3A ~ 4 に示した触覚提示部 20 で、指に働く引力の周波数に対する触覚の変化をユーザが知覚するために必要な電圧信号の振幅の閾値の関係を測定したグラフである。

40

【0086】

図 3D のグラフは、支持基板 21 上の全ての X 電極 22 と全ての Y 電極 23 に、同一の電圧信号を周波数を変えながら印加し、触覚の変化を知覚するのに必要な振幅の閾値を測定した結果である。下軸は全ての X 電極 22 と全ての Y 電極 23 に印加した電圧信号の周波数、左軸は触覚の変化を知覚するのに必要な電圧信号の振幅の閾値を示している。

【0087】

この実験では、操作者の指に働く引力の周波数は印加した電圧信号の周波数  $f_1$  の 2 倍

50

となる。この関係を導出するためには、図 3 C に示した抵抗 R 4 9 の抵抗値を無限大を除いた有限な値、極端にはゼロと置き、X 電極 2 2 および Y 電極 2 3 に印加する電圧信号の周波数を共に  $f_1$  と置いて静電気力  $F$  を求めればよい。図 3 D では、指に働く引力の周波数を上軸に示している。即ち、指に働く引力の周波数と知覚に必要な振幅の閾値との関係は図 3 D の上軸と左軸とによって表される。

【 0 0 8 8 】

図 3 D のグラフより、指に働く引力の周波数が 2 0 0 H z 付近のとき、閾値が最小値となることがわかる。即ち、人間の皮膚の受容器は、指に働く引力の周波数が 2 0 0 H z 付近で、最も高い感度でテクスチャ感を知覚するといえる。また、この図 3 D のグラフより、閾値と周波数の関係のグラフの谷底は指に働く引力の周波数が 2 0 0 H z 付近であることだけでなく、グラフの谷の始まりと終わりは各々 1 0 H z 付近と 1 0 0 0 H z 付近であることもわかる。

10

【 0 0 8 9 】

即ち、引力の周波数が 1 0 ~ 1 0 0 0 H z の範囲内でテクスチャ感が知覚される。この範囲外の周波数ではテクスチャ感が知覚されず、摩擦感が知覚される。

【 0 0 9 0 】

以上の実験での作用は、次の通り説明できる。支持基板 2 1 上の所定の X 電極 2 2 に周波数  $f_1$  の電圧信号を印加し、所定の Y 電極 2 3 に周波数  $f_1$  と異なる周波数  $f_2$  の電圧信号を印加すると、当該 X 電極と当該 Y 電極の交差部を含む対象領域 2 7 A では周波数 ( $f_1 - f_2$ ) の絶対値の引力が指に働く。

20

【 0 0 9 1 】

このため、周波数 ( $f_1 - f_2$ ) の絶対値を 1 0 H z より大きく 1 0 0 0 H z 未満とすれば、所定の X 電極 2 2 と所定の Y 電極 2 3 の交差部を含んでなる対象領域 2 7 A にテクスチャ感を提示することができる。

【 0 0 9 2 】

当該交差部を含んでなる対象領域 2 7 A を除いた前記 X 電極上の領域では、平行平板コンデンサの電極間に働く力の公式から、周波数  $f_1$  の 2 倍の周波数の引力が指にはたらく、当該交差部を含んでなる対象領域 2 7 A を除いた前記 Y 電極上の領域では周波数  $f_2$  の 2 倍の周波数の引力が指に働く。

【 0 0 9 3 】

30

このため  $f_1$  および  $f_2$  を共に 5 0 0 H z 以上とすることで所定の X 電極と所定の Y 電極の交差部を含んでなる対象領域 2 7 A を除く所定の X 電極上の領域又は所定の Y 電極上の領域では共に 1 0 0 0 H z 以上の引力が指に働き、テクスチャ感が提示されない。従って、対象領域 2 7 A を第 1 の領域と称し、他の領域を第 2 の領域と称すと、当該触覚提示部を第 1 の領域と第 2 の領域とで、同時に異なる触覚を提示可能なように構成することもできる。

【 0 0 9 4 】

既存の触覚提示装置では、テクスチャ感を提示するための各電極に対して独立した複数の配線を引き回すためのスペースが必要であり、その結果テクスチャ感を提示するための電極同士の間隔が広くなり、触覚提示装置の空間解像度が低い、という問題点を有している。その点、この触覚提示部 2 0 では、テクスチャ感を提示するための電極が配線を兼ねているので、空間解像度を高めることができる。

40

【 0 0 9 5 】

さらにこの形態によれば、電極の形状が視認されにくくなるため、視覚表示部 2 0 と重ね合わせて利用する場合にも、表示装置本来の表示品位の低下を抑制することができる。そして、既存の触覚提示装置では、配線が引き回された領域に本来不要なテクスチャ感が提示されるという問題を有しているが、この形態によればこの問題も解消される。

【 0 0 9 6 】

以上で説明した例では対象領域 2 7 A が 1 つのみであるが、この例は対象領域が複数箇所である場合にも容易に拡張できる。即ち、X 電極と Y 電極の各々に印加される周波数の

50

差の絶対値が、各々の対象領域においては  $10 \sim 1000 \text{ Hz}$  の範囲内（望ましくは  $200 \text{ Hz}$  付近）、対象領域以外においてはその範囲外となるよう、電圧信号を印加する電極番号とその周波数とを決定すればよい。

【0097】

このように、この触覚提示部20は、X電極22およびY電極23の上の触覚提示面上の任意の領域に、他の領域と異なる触覚を提示することが可能である。その領域の位置あるいは触覚提示の有無は、X電極22およびY電極23に印加する電圧信号によって自在に制御可能である。また、その電圧信号の波形および振幅を変更することによって、多様な触覚を提示することが可能である。

【0098】

第1の実施形態で用いた触覚提示部20は次の特徴を有する触覚提示装置で構成される。即ち、支持基板21と、支持基板上の第1の方向に延在している互いに平行な複数のX電極22と、支持基板上の第2の方向に延在しかつX電極と互いに絶縁されている互いに平行な複数のY電極23とを備え、各X電極のうち外部から入力された対象領域27Aに該当するX電極に対して第1の周波数の電圧信号を印加し、各Y電極のうち対象領域に該当するY電極に対して第2の周波数の電圧信号を印加する駆動回路を備えると共に、第1および第2の周波数がいずれも  $500 [\text{Hz}]$  以上であり、第1および第2の周波数の差の絶対値が  $10 [\text{Hz}]$  より大きく  $1000 [\text{Hz}]$  未満である期間を有する触覚提示装置である。

【0099】

これによって、触覚提示部20は、X電極22およびY電極23の配置された領域のうちの特定の対象領域（1箇所でも複数箇所でもよい）に対してユーザが知覚可能な静電気を発生させ、その領域に対してテクスチャ感を提示することが可能となる。

【0100】

以上で説明した触覚提示部20それ自体の構成は、図15で説明した試作品と基本的に同一である。しかしながら、本実施形態は、図2A～Eで説明したように、視覚表示部10と触覚提示部20との間が、可視光線に対して透明性を有する樹脂40によって充填されているという構成を採っている。

【0101】

この構成を採ることによって、指の変形によって生じた機械的振動が大面積の触覚提示部20に伝わった際に、当該触覚提示部のパネル全面が振動することを抑制することができる。また、共鳴の原因となる視覚表示部10と触覚提示部20との間の空隙を無くすることができる。一方、人間が対象領域を指で触った時に感じられるテクスチャ感を弱めることはない。即ち、触覚提示部20がテクスチャ感を提示する機能に対しては特に問題はない。本実施形態では、事務所など静粛性が保たれている場所（目安として約  $50 \text{ dB}$ ）であれば特に気にならずに使用できるというレベルにまで、音鳴りの発生を抑制することができた。

【0102】

（第1の実施形態の変形）

図3Eは、本発明の第1の実施形態の変形に係るディスプレイ装置150の構成について示す説明図である。また図3Fは、図3Eに示したディスプレイ装置150の断面構造について示す説明図である。

【0103】

このディスプレイ装置150は第1の実施形態と共通する部分が多いため、相違点を中心に説明する。第1の実施形態に係るディスプレイ装置100では、樹脂が視覚表示部の表示領域全体に充填されていたが、これに対してディスプレイ装置150では、図3E～Fに示すように、視覚表示部10と触覚提示部20とが対向する領域の一部にのみ樹脂160が充填されている。より詳しくは、樹脂160は視覚表示部10と触覚提示部20とそれぞれの中心付近に充填されている。

【0104】



このような構造であっても、触覚提示部を伝搬する振動が吸収され、また共鳴空間が減少することで、指の変形によって生じる振動が空中に音波として放出されることを抑制することが可能である。

【0105】

(第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態は、前述した本発明の第1の実施形態の構成からシャーシを省略し、そのかわりに樹脂を、可視光線に対して透明性を有する樹脂によって構成された粘着テープ240によって構成している。

この構成によっても、本発明の第1の実施形態と同一の効果が得られ、さらに部品点数を削減して機器の薄型化に適したものとなる。以下、これをより詳細に説明する。

10

【0106】

図4は、本発明の第2の実施形態に係るディスプレイ装置200の構造について示す斜視図である。ディスプレイ装置200は、各々第1の実施形態と同一の視覚表示部10と触覚提示部20とを積層して構成されている。視覚表示部10には、やはり第1の実施形態と同一のタッチ座標検出部11を配設している。

【0107】

図5Aは、図4に示したディスプレイ装置200の断面構造について示す説明図である。ディスプレイ装置200もやはりいわゆるモジュールではあるが、視覚表示部10がシャーシに収容されたものではないという点で第1の実施形態と異なる。

【0108】

20

そして、視覚表示部10と触覚提示部20との間が、可視光線に対して透明性を有する樹脂によって構成された粘着テープ240によって接着されている。粘着テープ240、別称OCA(Optical Clear Adhesive)は、前述のOCRと同等の可視光線に対しての透明性を有している。

【0109】

本発明の第2の実施形態のディスプレイ装置の詳細をより詳細に説明する。図5Bは、図5Aに示した断面構造をさらに詳細に示す説明図である。本発明の第2の実施形態では、視覚表示部10としてTFTカラー液晶ディスプレイを採用している。視覚表示部10は下の層から順に、第1偏光板241、TFT基板242、液晶243、カラーフィルタ基板244、第2偏光板245を積層することによって構成されている。

30

【0110】

第2偏光板245のさらに上には、低反射フィルム246が糊付けされており、その上に粘着テープ240(OCA)を介して触覚提示部20が貼り付けられている。触覚提示部20とカラーフィルタ基板244との間に、低反射フィルム246や第2偏光板245といった弾性体である光学フィルムが存在して、それらが両者の空隙を埋めているという構造である。また、液晶243の端部はシール材247となっている。

【0111】

このような構造を取ることで、低反射フィルムや偏光板が触覚提示部を伝搬する振動を吸収し、また共鳴空間が減少するので、指の変形によって生じる振動が空中に音波として放出されることを抑制することが可能となる。

40

【0112】

本実施形態のディスプレイ装置200は、第1の実施形態のディスプレイ装置100と比べて、粘着テープ240の素材の選択において幅が少ないという点で不利ではある。しかしながら、最終製品として組み上げられた機器の薄型化、小型化、軽量化などの点においては有利である。

【0113】

ディスプレイ装置は、最終製品として組み上げられる段階までには何らかの外装ケースには必ず収容される。従って、このディスプレイ装置をシャーシに収容された形のモジュールとするか否かは、最終製品の製造上の都合によって選択すればよい。

【0114】

50

(第3の実施形態)

本発明の第3の実施形態は、前述した本発明の第1および第2の実施形態の構成に加えて、視覚表示部10と触覚提示部20との間に充填されている樹脂340が、周縁部341における弾性率(ヤング率)が中央部342における弾性率よりも高く設定されている構成とした。また、樹脂340が硬化性樹脂であると共に、周縁部341における硬化率が中央部342における硬化率よりも高いものとした。

この構成によっても、本発明の第1~2の実施形態と同一の効果が得られ、さらに振動吸収性をより高めたものとなる。以下、これをより詳細に説明する。

【0115】

図6は、本発明の第3の実施形態に係るディスプレイ装置300の構造について示す斜視図である。また図7は、図6に示したディスプレイ装置300の断面構造について示す説明図である。

10

【0116】

ディスプレイ装置300は、各々第1の実施形態と同一の視覚表示部10と触覚提示部20とを積層して構成されている。視覚表示部10には、やはり第1の実施形態と同一のタッチ座標検出部11が併設されている。また、第1の実施形態と同様に、視覚表示部10はシャーシ30に収容されている。

【0117】

ただし、視覚表示部10と触覚提示部20との間を充填する樹脂340は、周縁部341の弾性率(ヤング率)が中央部342のそれと比べて高く設定されている。

20

【0118】

この樹脂340は、液体状態で視覚表示部10と触覚提示部20との間に塗布してから両者を貼り合わせ、紫外線のような活性エネルギー線、熱、湿気などを作用させることによって硬化させるものである。あるいは、紫外線と熱による硬化、紫外線と湿気による硬化のように、複数の硬化作用を組み合わせたものであってもよい。即ち、周縁部341と中央部342との間で、この硬化工程の進行度(即ち硬化率)を意識的に異なったものとすることによって、異なる弾性率(ヤング率)を有するものとすることができる。

【0119】

このような構成は、例えば樹脂340が紫外線硬化性のものである場合には、硬化工程における紫外線の照射時間、照射方向(外周から照射、前面から照射など)、および光量などを意識的に変えることによって実現できる。たとえば、周縁部341に対して外周から視覚表示部10と触覚提示部20との間の隙間に向けて紫外線を照射し、その後で前面から周縁部341と中央部342の両方に対して紫外線を照射することによって、周縁部341における硬化率を中央部342よりも高めることができる。

30

【0120】

前述した第1の実施形態で使用した樹脂40は、弾性率(ヤング率)は約40kPaのものを使用した。これは、一般的な接着剤の中では、低い(柔らかい)方のヤング率である。振動吸収性を高めるという意味では、樹脂340のヤング率は低い方が望ましいが、低くしすぎると視覚表示部10と触覚提示部20との間の接着強度が弱くなり、最終製品として機器を組み上げる上で障害となる。

40

【0121】

本実施形態では、上記の構成とすることによって、視覚表示部10と触覚提示部20との間の接着強度を周縁部341において確保しつつ、中央部342において弾性率(ヤング率)を低くして、より振動吸収性を高めることが可能となる。以上の説明では、第1の実施形態の構成を、樹脂の周縁部と中央部とで異なる硬化率を有するものとしたが、もちろん第2の実施形態の構成をそのように改変してもよい。

【0122】

(第4の実施形態)

本発明の第4の実施形態は、前述した本発明の第1~3の実施形態の構成に加えて、第1および第2の周波数の差の絶対値が10[Hz]より大きく1000[Hz]未満であ

50

り、第1および第2の周波数がいずれも10000[Hz]以上であるという構成とした。

この構成によっても、本発明の第1～3の実施形態と同一の効果が得られ、さらに発生する振動の多くが可聴帯域外のものとなるので、音鳴りの現象による不快感をより軽減しやすくなる。以下、これをより詳細に説明する。

#### 【0123】

図8は、本発明の第4の実施形態に係るディスプレイ装置400の構造について示す斜視図である。また図9は、図8に示したディスプレイ装置400の断面構造について示す説明図である。ディスプレイ装置400は、第1の実施形態と同一の視覚表示部10（タッチ座標検出部11を含む）と、第1の実施形態と異なる触覚提示部420とを積層して構成されている。そして、ディスプレイ装置400は第1の実施形態と同一のシャーシ30に收容され、視覚表示部10と触覚提示部420との間が、第1の実施形態と同一の樹脂40によって充填されている。

10

#### 【0124】

図10は、図8および9に示した触覚提示部420を平面視した場合の構造について示す説明図である。触覚提示部420は、第1の実施形態と同一の平面状の支持基板21、複数のX電極22と、複数のY電極23と、制御部26とを備え、さらに第1の実施形態と異なるX電極駆動回路424、Y電極駆動回路425とを備える。

#### 【0125】

X電極駆動回路424およびY電極駆動回路425は、制御部26から入力された制御情報に応じて、X電極22もしくはY電極23のうちの必要な範囲の電極に、必要な周波数の電圧信号を印加する。ただし、X電極駆動回路424およびY電極駆動回路425がX電極22およびY電極23の各々に印加する電圧信号の周波数はいずれも10000Hz以上であり、かつ周波数の差の絶対値は10Hzより大きく1000Hz未満（より望ましくは200Hz付近）である。

20

#### 【0126】

図11は、図8～10に示したディスプレイ装置400の駆動について示す説明図である。ここで示す例では、対象領域Cに対してテクスチャ感を提示することを意図して、Y電極23の中で対象領域Cの範囲を通るものに周波数 $f_1 = 10000\text{Hz}$ 、X電極22の中で対象領域Cの範囲を通るものに周波数 $f_2 = 10240\text{Hz}$ の電圧信号を印加し、対象領域Cにおいて240Hzのうなり振動を発生させている。その他のX電極922およびY電極923は接地する。もしくは周波数 $f_1$ および $f_2$ と各々10000Hz以上の差のある周波数を印加してもよい。

30

#### 【0127】

これによって、対象領域Cにおいて人間の指との間で発生するうなり振動は（人間が皮膚感覚を通じて強くテクスチャ感を知覚できる）240Hzであるが、X電極922にのみ周波数 $f_2 = 10240\text{Hz}$ の電圧信号が印加されている領域である領域Bにおいて人間の指との間で発生する引力の周波数は $f_2$ の2倍の20480Hz、およびY電極923にのみ周波数 $f_1 = 10000\text{Hz}$ の電圧信号が印加されている領域である領域Aにおいて人間の指との間で発生する引力の周波数は $f_1$ の2倍の20000Hzである。

40

#### 【0128】

即ち、対象領域C以外の領域AおよびBで発生する振動の周波数は、いずれも可聴帯域の上限の20kHz以上であるので、これで音鳴りの現象を大きく低減できる。対象領域Cでのみ、可聴帯域内である240Hzの振動が発生していることになるが、これに起因する音鳴りは樹脂40によって、第1の実施形態で説明したものと同様の作用で抑制される。即ち、本実施形態によって、音鳴りの現象による不快感を軽減することがより容易となる。

#### 【0129】

#### （応用形態）

図12は、本発明の応用形態に係る電子機器500の構成について示す説明図である。

50

電子機器 500 は、具体的にはスマートフォン、タブレット型電子ブックリーダー、あるいはノートブック型パーソナルコンピュータなどである。

#### 【0130】

電子機器 500 は、前述したディスプレイ装置 100、150、200、300、400 のうちのいずれかが一つを情報表示用のモジュールとして組み込んだものである。ここで、視覚表示部 10 に付属するタッチ座標検出部 11 は、現在の主流である静電容量方式タッチパネルを採用すると触覚提示部 20 または 420 との間で機能が両立しなくなるので、光学式タッチパネルなどを使用することが望ましい。

#### 【0131】

電子機器 500 は、内蔵されたプロセッサ 501 による処理結果がディスプレイ装置 100 (150、200、300、400) に表示され、その表示に応じてユーザが当該ディスプレイ装置を操作入力する。なお、電子機器 500 はプロセッサを内蔵せず、(例えばデスクトップ型パーソナルコンピュータなどのような) 外部装置による処理結果を表示し、これに応じた操作入力を当該外部装置に返すというものであってもよい。

10

#### 【0132】

ディスプレイ装置 100 (150、200、300、400) 上に、複数の操作キー 502 が表示され、これに合わせて触覚提示部 20 または 420 が、各々の操作キー 502 に対応する位置に複数の孤立したテクスチャ感を提示する。ユーザはこのテクスチャ感によって操作キーの位置を探り当てることができ、視覚に大きく頼ることなくキー入力を行うことが可能となる。

20

#### 【0133】

これまで本発明について図面に示した特定の実施形態をもって説明してきたが、本発明は図面に示した実施形態に限定されるものではなく、本発明の効果を奏する限り、これまで知られたいかなる構成であっても採用することができる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0134】

本発明は、タッチパネルを搭載した電子機器全般に対して適用可能である。特に、個人によって所有もしくは使用され、且つ事務所など静粛性が保たれている場所で使用されることの想定される電子機器、より具体的にはスマートフォン、タブレット端末、ノートブック型パーソナルコンピュータ、携帯型ゲーム機、音楽プレイヤーなどにおける応用に適している。

30

#### 【符号の説明】

#### 【0135】

100、150、200、300、400 ディスプレイ装置

10 視覚表示部

11 タッチ座標検出部

20、420 触覚提示部

21 支持基板

22 X 電極

23 Y 電極

40

24、424 X 電極駆動回路

25、425 Y 電極駆動回路

26 制御部

27 ブリッジ電極

27A 対象領域

27B 電極

27C 抵抗

28 接続部

29 絶縁膜

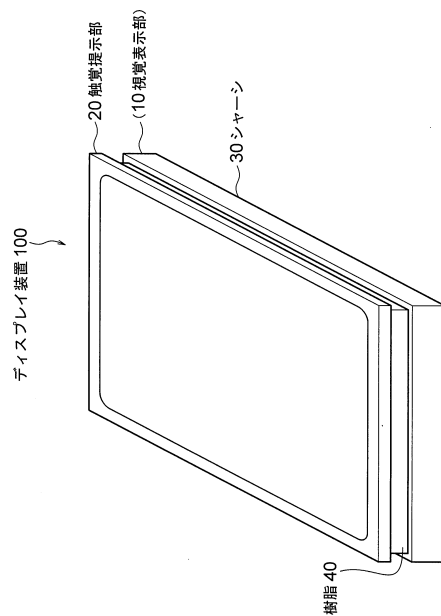
30 シャーシ

50

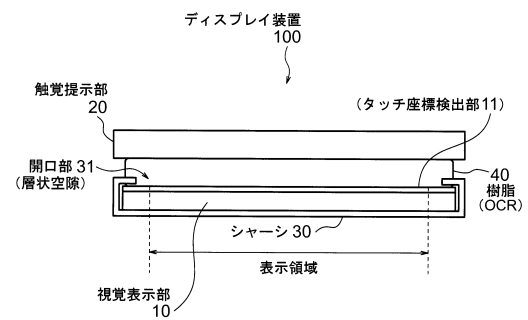
3 1 開口部  
 4 0、1 6 0、3 4 0 樹脂  
 5 0 筐体  
 5 1 ねじ  
 2 4 0 粘着テープ  
 2 4 1 第 1 偏光板  
 2 4 2 T F T 基板  
 2 4 3 液晶  
 2 4 4 カラーフィルタ基板  
 2 4 5 第 2 偏光板  
 2 4 6 低反射フィルム  
 2 4 7 シール材  
 3 4 1 周縁部  
 3 4 2 中央部  
 5 0 0 電子機器  
 5 0 1 プロセッサ  
 5 0 2 操作キー

10

【図 1】

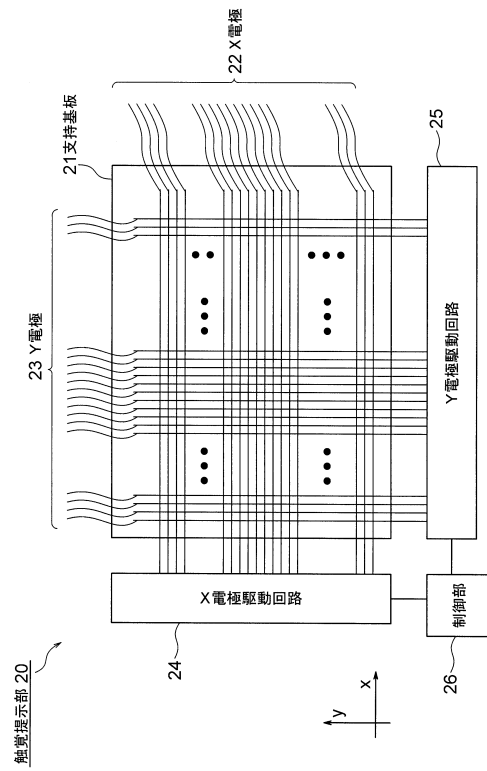


【図 2 A】

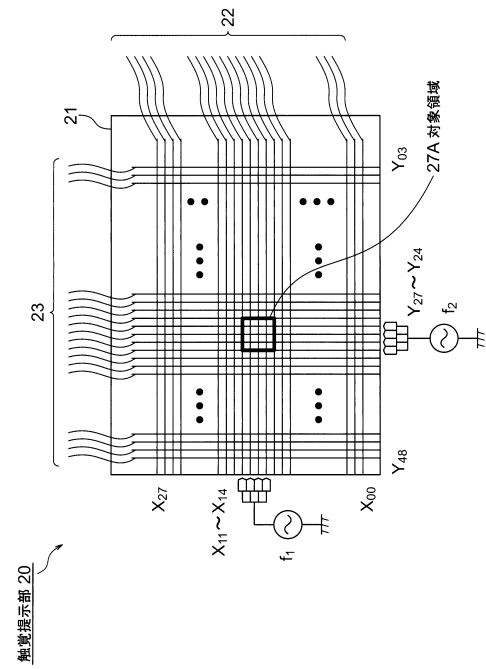




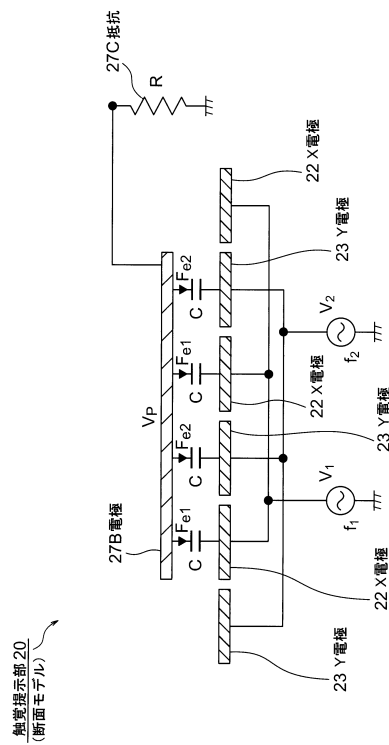
【図 3 A】



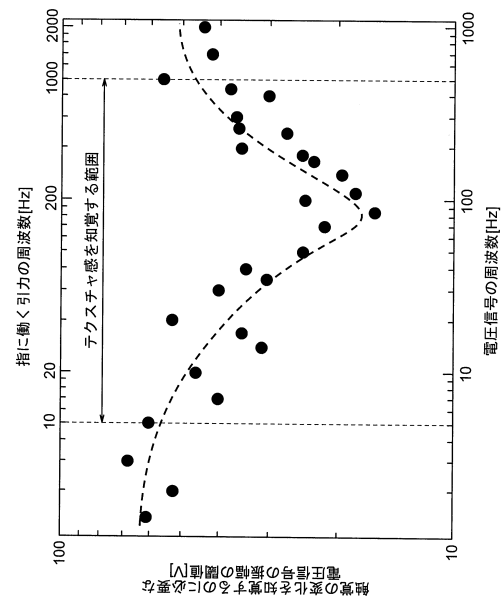
【図 3 B】



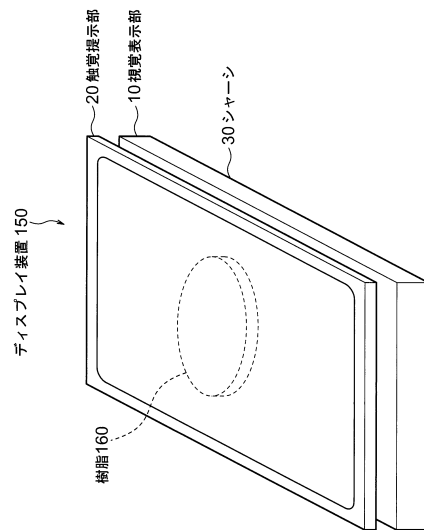
【図 3 C】



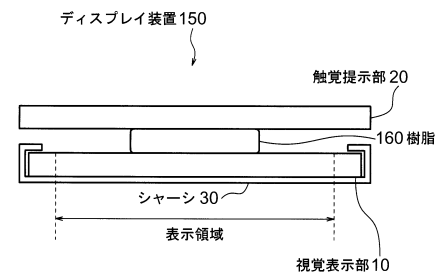
【図 3 D】



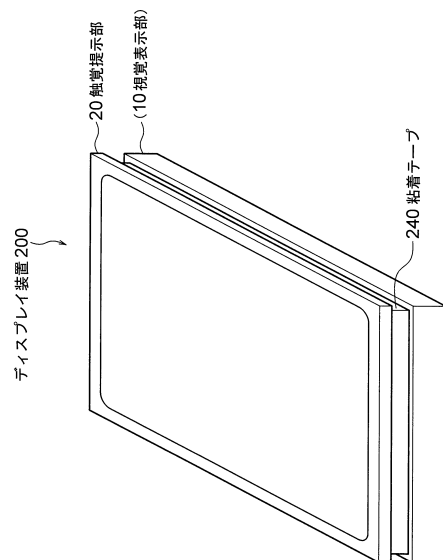
【図 3 E】



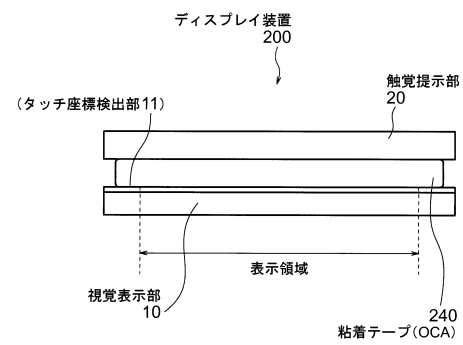
【図 3 F】



【図 4】

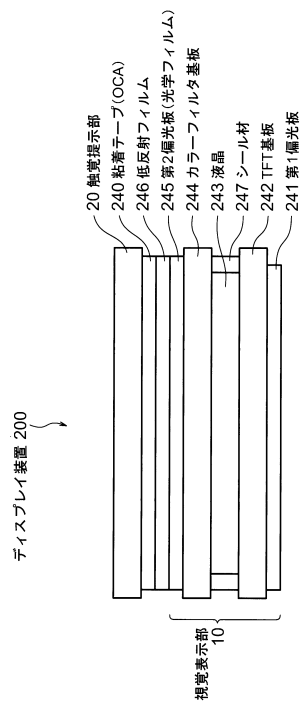


【図 5 A】

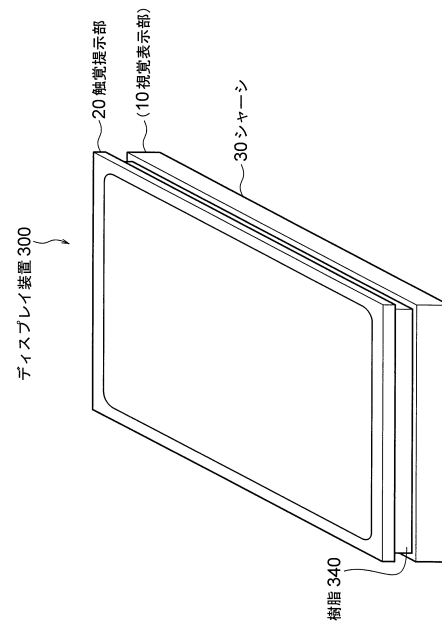




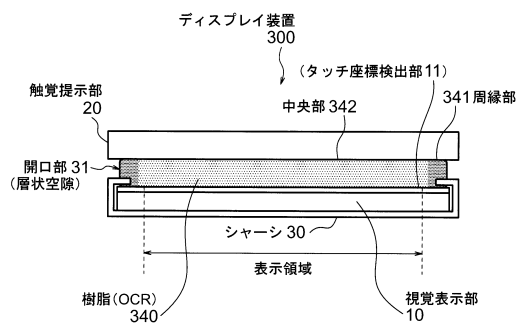
【図 5 B】



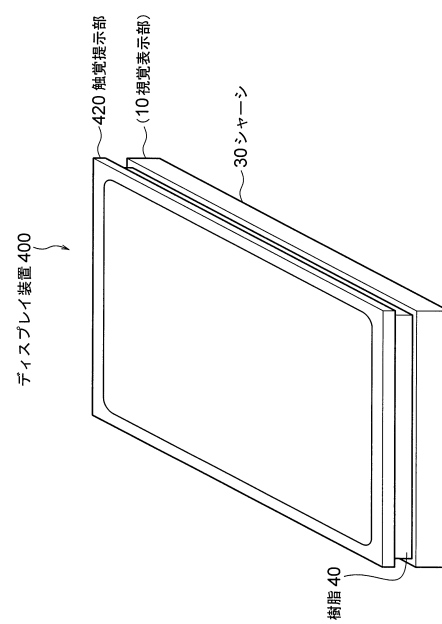
【図 6】



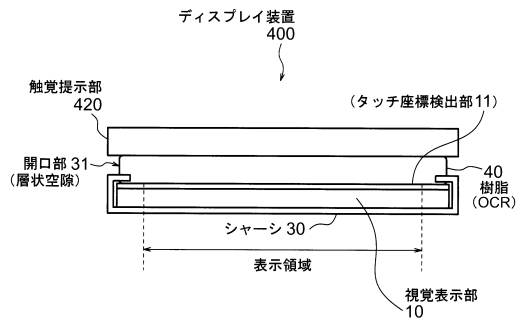
【図 7】



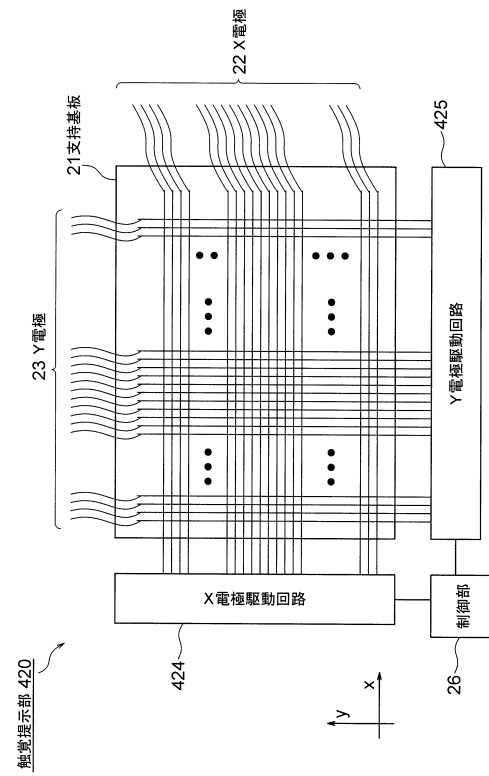
【図 8】



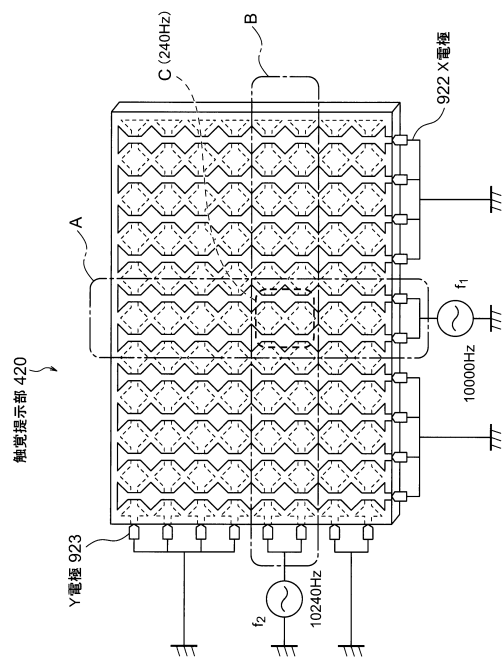
【図 9】



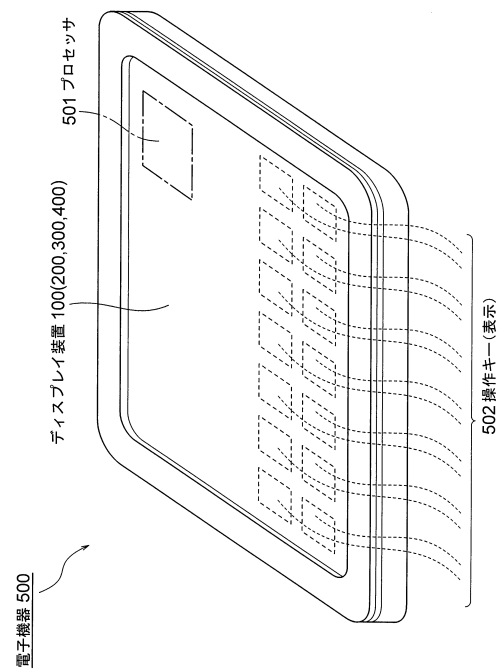
【図 10】



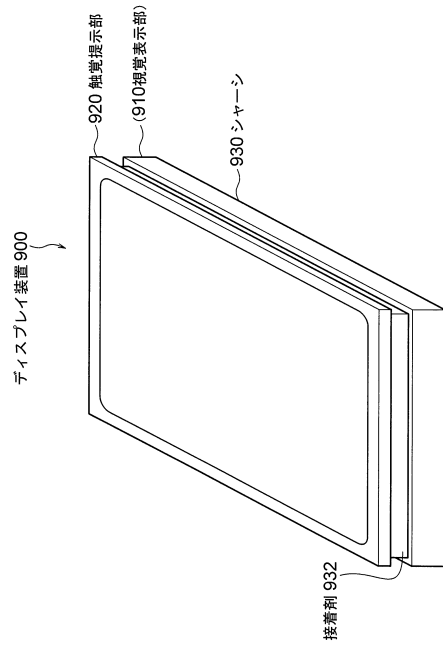
【図 11】



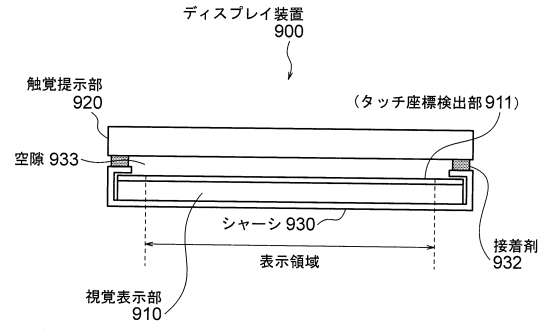
【図 12】



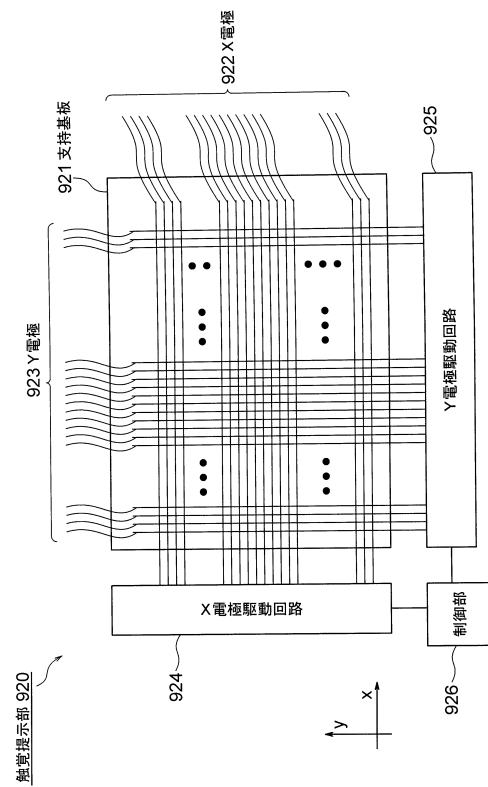
【図 13】



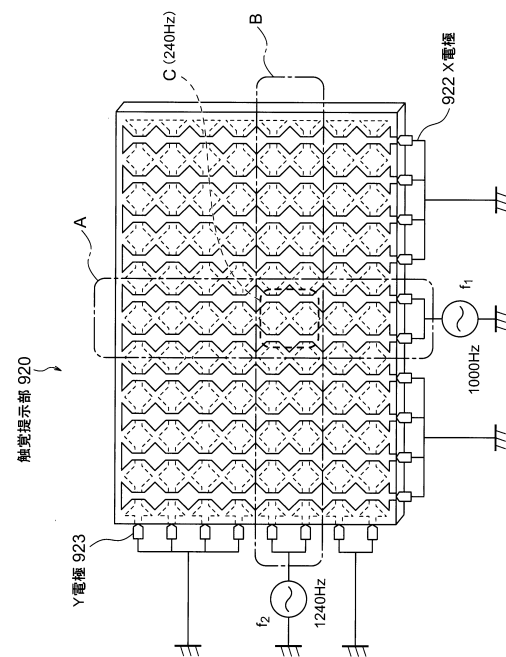
【図 14】



【図 15】



【図 16】



---

フロントページの続き

審査官 滝谷 亮一

(56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0022217(US, A1)  
特開2011-158851(JP, A)  
米国特許出願公開第2013/0307789(US, A1)  
特開2005-242315(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G06F 3/041  
G06F 3/01