

(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2019-187143

(P2019-187143A)

(43) 公開日 令和1年10月24日(2019.10.24)

(51) Int.Cl.  
H02N 2/04 (2006.01)

F I  
H02N 2/04

テーマコード (参考)  
5H681

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2018-77072 (P2018-77072)  
(22) 出願日 平成30年4月12日 (2018.4.12)

(出願人による申告) 平成27年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、「次世代人工知能・ロボット中核技術開発/革新的ロボット要素技術分野/スライドリングマテリアルを用いた柔軟センサーおよびアクチュエータの研究開発」に係る委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000241463  
豊田合成株式会社  
愛知県清須市春日長畑1番地  
(74) 代理人 100105957  
弁理士 恩田 誠  
(74) 代理人 100068755  
弁理士 恩田 博宣  
(72) 発明者 今井 亮  
愛知県清須市春日長畑1番地 豊田合成株式会社 内  
(72) 発明者 破田野 貴司  
愛知県清須市春日長畑1番地 豊田合成株式会社 内  
Fターム(参考) 5H681 BB13 DD23 DD27 DD39 DD82  
DD95 DD98 FF16 GG11

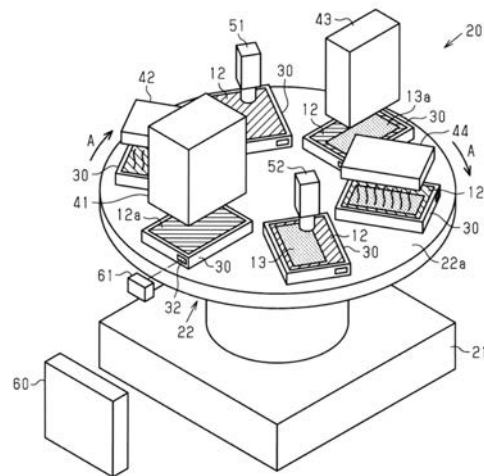
(54) 【発明の名称】 積層型誘電アクチュエータの製造方法

(57) 【要約】

【課題】機械化を可能とした積層型誘電アクチュエータの製造方法を提供する。

【解決手段】積層型誘電アクチュエータの製造方法は、誘電エラストマー製の誘電層12と、誘電層12の一方の面に設けられた導電エラストマー製の電極層13とを備える単位層が積層された積層体を有する誘電アクチュエータを製造する方法であって、誘電エラストマー製の膜12aを形成する第1工程と、誘電エラストマー製の膜12aを硬化させて誘電層12を形成する第2工程と、誘電層12上に導電エラストマー製の膜13aを形成する第3工程と、導電エラストマー製の膜13aを硬化させて電極層13を形成する第4工程と、を備え、循環する搬送経路上において搬送方向Aに並んで配置された複数の基台30がそれぞれ循環される間に、複数の基台30上にて、第1工程から第4工程までを順に行うことをそれぞれ複数回繰り返すことにより複数の基台30上に積層体を形成する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

誘電エラストマー製の誘電層と、前記誘電層の一方の面に設けられた導電エラストマー製の電極層とを備える単位層が積層された積層体を有する積層型誘電アクチュエータを製造する方法であって、

前記誘電エラストマー製の膜を形成する第 1 工程と、

前記誘電エラストマー製の膜を硬化させて前記誘電層を形成する第 2 工程と、

前記誘電層上に前記導電エラストマー製の膜を形成する第 3 工程と、

前記導電エラストマー製の膜を硬化させて前記電極層を形成する第 4 工程と、を備え、循環する搬送経路上において搬送方向に並んで配置された複数の基台がそれぞれ循環される間に、複数の前記基台上にて、前記第 1 工程から前記第 4 工程までを順に行うことをそれぞれ複数回繰り返すことにより複数の前記基台上に前記積層体を形成する、

積層型誘電アクチュエータの製造方法。

**【請求項 2】**

前記第 1 工程、前記第 2 工程、前記第 3 工程、及び前記第 4 工程を前記搬送経路上における互いに異なる位置にて行う、

請求項 1 に記載の積層型誘電アクチュエータの製造方法。

**【請求項 3】**

前記第 1 工程と前記第 3 工程との間に、当該第 1 工程により形成された当該膜の検査を行う第 1 検査工程と、

前記第 3 工程と前記第 1 工程との間に、当該第 3 工程により形成された当該膜の検査を行う第 2 検査工程と、を備える、

請求項 1 または請求項 2 に記載の積層型誘電アクチュエータの製造方法。

**【請求項 4】**

前記第 1 検査工程及び前記第 2 検査工程は、それぞれ画像解析による検査を行う工程であり、

前記第 2 工程の後に前記第 1 検査工程を行うとともに、前記第 4 工程の後に前記第 2 検査工程を行う、

請求項 3 に記載の積層型誘電アクチュエータの製造方法。

**【請求項 5】**

前記搬送経路の所定位置を前記基台が通過する際に、前記基台に対して予め付与された個別の識別情報を検出部により検出し、前記検出部による検出回数に基づいて当該基台の循環回数を導出する、

請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか一項に記載の積層型誘電アクチュエータの製造方法。

**【請求項 6】**

当該基台の循環回数が所定の数に達した場合に、当該基台を前記搬送経路から取り出す、

請求項 5 に記載の積層型誘電アクチュエータの製造方法。

**【請求項 7】**

前記循環回数が前記所定の数に達して前記搬送経路から取り出された当該基台上に形成された前記積層体に対して追加の硬化工程を行う、

請求項 6 に記載の積層型誘電アクチュエータの製造方法。

**【請求項 8】**

前記第 3 工程において、当該基台上に形成された前記誘電層に対する前記誘電エラストマー製の膜の形成範囲を、前回の前記第 3 工程における前記膜の形成範囲と異ならせる、

請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれか一項に記載の積層型誘電アクチュエータの製造方法。

**【請求項 9】**

前記第 3 工程において、当該基台を回転させることにより、前記膜の形成範囲を、前回の前記第 3 工程における前記膜の形成範囲と異ならせる、

請求項 8 に記載の積層型誘電アクチュエータの製造方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、積層型誘電アクチュエータの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、誘電エラストマー製の誘電層上に電極層を設けた単位層の繰り返しによって構成される積層型誘電アクチュエータ（以下、誘電アクチュエータ）の製造方法が開示されている。同文献に記載の製造方法は、1枚の誘電層上に複数の電極層を形成したものを、電極層同士が重なるように折り畳むことによって誘電アクチュエータを製造する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特表2016-509826号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、特許文献1に記載の製造方法の場合には、以下の不都合が生じる。すなわち、誘電層や電極層の厚さは数十 $\mu\text{m}$ と薄く、かつエラストマー製であるため、電極層同士が重なるように折り畳む際の取り扱いが難しいといった不都合や、位置合わせが難しいといった不都合が生じ、機械化が困難である。

20

【0005】

本発明の目的は、機械化を可能とした積層型誘電アクチュエータの製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するための積層型誘電アクチュエータの製造方法は、誘電エラストマー製の誘電層と、前記誘電層の一方の面に設けられた導電エラストマー製の電極層とを備える単位層が積層された積層体を有する積層型誘電アクチュエータを製造する方法であって、前記誘電エラストマー製の膜を形成する第1工程と、前記誘電エラストマー製の膜を硬化させて前記誘電層を形成する第2工程と、前記誘電層上に前記導電エラストマー製の膜を形成する第3工程と、前記導電エラストマー製の膜を硬化させて前記電極層を形成する第4工程と、を備え、循環する搬送経路上において搬送方向に並んで配置された複数の基台がそれぞれ循環される間に、複数の前記基台上にて、前記第1工程から前記第4工程までを順に行うことをそれぞれ複数回繰り返すことにより複数の前記基台上に前記積層体を形成する。

30

【0007】

同方法によれば、積層体を形成する各工程が基台上において行われるため、特許文献1に記載の製造方法に比べて、取り扱いが容易となり、機械化が可能となる。

40

また、上記方法によれば、硬化途中の状態における誘電エラストマー製の膜の上に導電エラストマー製の膜を形成することが可能となるとともに、硬化途中の状態における導電エラストマー製の膜の上に誘電エラストマー製の膜を形成することが可能となる。これにより、積層体の形成に要する時間を短縮することができる。

【0008】

上記積層型誘電アクチュエータの製造方法において、前記第1工程、前記第2工程、前記第3工程、及び前記第4工程を前記搬送経路上における互いに異なる位置にて行うことが好ましい。

【0009】

同方法によれば、4つ以上の基台を搬送経路上に配置すれば、各工程を同時に行うこと

50

が可能となる。これにより、各工程設備の稼働効率を高めることができる。したがって、積層体の形成に要する時間を短縮することができる。

【0010】

上記積層型誘電アクチュエータの製造方法において、前記第1工程と前記第3工程との間に、当該第1工程により形成された当該膜の検査を行う第1検査工程と、前記第3工程と前記第1工程との間に、当該第3工程により形成された当該膜の検査を行う第2検査工程と、を備えることが好ましい。

【0011】

同方法によれば、第3工程までに、第1工程により形成された膜の検査が行われる。このため、第1工程において形成された膜が不良であった場合に、当該膜が形成された基台を第3工程に進む前に搬送経路から取り出すことが可能となる。また、第1工程までに、第3工程により形成された膜の検査が行われる。このため、第3工程において形成された膜が不良であった場合に、当該膜が形成された基台を第1工程に進む前に搬送経路から取り出すことが可能となる。このため、直前に形成された膜に不良があった場合に、その後の無駄な膜の形成を抑制することができる。

10

【0012】

上記積層型誘電アクチュエータの製造方法において、前記第1検査工程及び前記第2検査工程は、それぞれ画像解析による検査を行う工程であり、前記第2工程の後に前記第1検査工程を行うとともに、前記第4工程の後に前記第2検査工程を行うことが好ましい。

【0013】

第1検査工程及び第2検査工程がそれぞれ画像解析により当該膜の検査を行う場合、当該膜の表面に溶剤が存在する場合などには、ハレーションが生じやすく、検査精度が悪化するおそれがある。また、第2, 4工程において膜を硬化させる際に、膜から気泡が発生することで膜に不良が発生するおそれがある。

20

【0014】

この点、上記方法によれば、第2工程において膜が硬化された後に第1検査工程が行われるとともに、第4工程において膜が硬化された後に第2検査工程が行われる。このため、当該膜の表面から溶剤が除去された後に検査工程が行われることで、上述したハレーションの発生を抑制することができ、検査精度の悪化を抑制することができる。また、当該膜から気泡が発生した後に検査工程が行われることで、膜の不良を発見することができる。

30

【0015】

上記積層型誘電アクチュエータの製造方法において、前記搬送経路の所定位置を前記基台が通過する際に、前記基台に対して予め付与された個別の識別情報を検出部により検出し、前記検出部により前記識別情報が検出される毎に制御装置により当該基台の循環回数をカウントアップすることで前記循環回数を管理することが好ましい。

【0016】

同方法によれば、基台の循環回数を個別に管理することができるため、例えば単位層の形成及び積層途中において膜の形成不良が発生した基台を搬送経路から取り出し、その後、当該基台の配置されていた箇所新たな基台を配置することで、単位層の形成及び積層を、他の基台と並行して行うことができる。

40

【0017】

上記積層型誘電アクチュエータの製造方法において、当該基台の前記循環回数が所定の数に達した場合に、当該基台を前記搬送経路から取り出すことが好ましい。

同方法によれば、基台の循環回数が所定の数に達した場合、すなわち単位層が所定数積層されて積層体が形成された場合に、基台を搬送経路から確実に取り出すことができる。

【0018】

上記積層型誘電アクチュエータの製造方法において、前記循環回数が前記所定の数に達して前記搬送経路から取り出された当該基台上に形成された前記積層体に対して追加の硬化工程を行うことが好ましい。

50

## 【 0 0 1 9 】

同方法によれば、循環回数が所定の数に達して搬送経路から取り出された基台上の積層体を更に硬化させることができる。このため、第2工程及び第4工程においては、第3工程または第1工程を行うことのできる程度の短い硬化時間で済む。したがって、積層体の形成に要する時間を短縮することができる。

## 【 0 0 2 0 】

上記積層型誘電アクチュエータの製造方法において、前記第3工程において、当該基台上に形成された前記誘電層に対する前記誘電エラストマー製の膜の形成範囲を、前回の前記第3工程における前記膜の形成範囲と異ならせることが好ましい。

## 【 0 0 2 1 】

同方法によれば、積層体の積層方向において隣り合う2つの電極層の形成範囲、すなわち正極層と負極層との形成範囲を異ならせることができる。

上記積層型誘電アクチュエータの製造方法において、前記第3工程において、当該基台を回転させることにより、前記膜の形成範囲を、前回の前記第3工程における前記膜の形成範囲と異ならせることが好ましい。

## 【 0 0 2 2 】

同方法によれば、基台を回転させることにより、積層体の積層方向において隣り合う2つの電極層の形成範囲、すなわち正極層と負極層との形成範囲を容易に異ならせることができる。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 3 】

本発明によれば、機械化が可能となる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 4 】

【 図 1 】 積層型誘電アクチュエータの製造方法の一実施形態により製造される誘電アクチュエータの断面図。

【 図 2 】 同実施形態における誘電アクチュエータの製造装置の斜視図。

【 図 3 】 同製造装置における基台を中心に拡大して示す斜視図。

【 図 4 】 図 3 の 4 - 4 線に沿った断面図。

【 図 5 】 同実施形態の第3工程を説明する図であって、( a ) は基台の循環回数が奇数であるときの基台上に形成された膜のパターンを示す平面図、( b ) は基台の循環回数が偶数であるときの基台上に形成された膜のパターンを示す平面図。

【 図 6 】 同実施形態における誘電アクチュエータの積層体の製造方法を示す説明図。

【 図 7 】 基台上に形成される膜のパターンの変更例を示す平面図。

【 図 8 】 搬送経路の変更例を示す模式図。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 5 】

以下、図1～図6を参照して、積層型誘電アクチュエータの製造方法の一実施形態について説明する。

まず、本実施形態の積層型誘電アクチュエータ（以下、誘電アクチュエータ10）について説明する。

## 【 0 0 2 6 】

図1に示すように、誘電アクチュエータ10は、その厚さ方向に単位層11が積層された積層体10aを有している。積層体10aは、単位層11として、第1単位層11Aと第2単位層11Bとを備えており、第1単位層11Aと第2単位層11Bとが交互に配置されている。

## 【 0 0 2 7 】

第1単位層11Aは、誘電エラストマー製の誘電層12を備えている。誘電層12は、その厚さが例えば、20～200μmである薄膜状に形成されている。

誘電層12を構成する誘電エラストマーは特に限定されるものではなく、公知の誘電ア

10

20

30

40

50

クチュエータに用いられる誘電エラストマーを用いることができる。上記誘電エラストマーとしては、例えば、架橋ポリロタキサン、シリコンエラストマー、アクリルエラストマー、ウレタンエラストマーが挙げられる。これら誘電エラストマーのうちの一つを用いてもよいし、複数種を併用してもよい。

【0028】

誘電層12の一方の面(同図の上面)の中央部には、導電エラストマー製の電極層13が配置されている。電極層13は、その厚さが例えば、10~100 $\mu\text{m}$ である薄膜状に形成されている。

【0029】

電極層13を構成する導電エラストマーは特に限定されるものではなく、公知の誘電アクチュエータに用いられる導電エラストマーを用いることができる。上記導電エラストマーとしては、例えば、絶縁性高分子及び導電性フィラーを含有する導電エラストマーが挙げられる。

10

【0030】

上記絶縁性高分子としては、例えば、ポリロタキサン、シリコンエラストマー、アクリルエラストマー、ウレタンエラストマーが挙げられる。これら絶縁性高分子のうちの一つを用いてもよいし、複数種を併用してもよい。

【0031】

上記導電性フィラーとしては、例えば、ケッチェンブラック(登録商標)、カーボンブラック、銅や銀等の金属粒子が挙げられる。これら導電性フィラーのうちの一つを用いてもよいし、複数種を併用してもよい。

20

【0032】

図1に示すように、第1単位層11Aでは、誘電層12の一方の面(同図の上面)の中央部における特定方向の一方側(同図の左側)に寄った位置に、電極層13(正極層13A)が配置され、電極層13(正極層13A)の周囲に誘電層12が配置されている。

【0033】

第2単位層11Bの構成は、電極層13及び電極層13の周囲を囲む誘電層12の配置が異なる点を除いて、第1単位層11Aの構成と同じである。すなわち、第2単位層11Bでは、誘電層12の一方の面(同図の上面)の中央部における特定方向の他方側(同図の右側)に寄った位置に電極層13(負極層13B)が配置され、電極層13(負極層13B)の周囲に誘電層12が配置されている。

30

【0034】

そして、上記の第1単位層11A及び第2単位層11Bが交互に配置されることにより、各電極層13の間に誘電層12が配置された誘電アクチュエータ10が構成される。単位層11の積層数は特に限定されるものではないが、例えば、第1単位層11A及び第2単位層11Bの合計数が5~1000層である。

【0035】

また、最下部に配置された第1単位層11Aの下には、誘電層12が設けられている。

次に、図6を参照して、誘電アクチュエータ10の積層体10aの製造方法について説明する。積層体10aは、誘電エラストマー製の膜12aを形成する第1工程、同膜12aを硬化させて誘電層12を形成する第2工程、誘電層12上に導電エラストマー製の膜13aを形成する第3工程、及び同膜13aを硬化させて電極層13を形成する第4工程を順に行うことを複数回繰り返すことにより形成される。

40

【0036】

(第1工程)

図6に示すように、先ず、基台30(図2~図5参照)の上面に、低粘度の誘電エラストマーの原料組成物を塗布することにより膜12aを形成する。本実施形態の原料組成物には、溶剤が含まれている。なお、図6では基台30を省略して図示している。

【0037】

(第2工程)

50

次に、膜 1 2 a に対して硬化処理を施すことにより、最外層に位置する誘電層 1 2 を形成する。

【 0 0 3 8 】

( 第 3 工程 )

次に、先に形成された誘電層 1 2 の上面の一部に、低粘度の導電エラストマーの原料組成物を部分的に印刷することにより膜 1 3 a を形成する。本実施形態の原料組成物には、溶剤が含まれている。このとき、誘電層 1 2 の上面のうち電極層 1 3 の周囲には、誘電層 1 2 が露出する露出部分 1 2 c が設けられる。

【 0 0 3 9 】

( 第 4 工程 )

次に、膜 1 3 a に対して硬化処理を施すことにより、導電エラストマー製の電極層 1 3 を形成する。

【 0 0 4 0 】

次に、第 1 工程を行う、すなわち、電極層 1 3 の上部、及び電極層 1 3 の周囲に位置する誘電層 1 2 の露出部分 1 2 c の上部を覆うように誘電エラストマーの原料組成物を塗布することにより膜 1 2 a を形成する。このとき、塗布された原料組成物は、自身の流動性に基づいて、その上面が水平に近づくようにレベリングされて、電極層 1 3 に塗布された部分の上面と、露出部分 1 2 c に塗布された部分の上面との段差が小さくなる。

【 0 0 4 1 】

次に、第 2 工程を行う、すなわち、膜 1 2 a に対して硬化処理を施すことにより、誘電層 1 2 を形成する。

その後、第 3 工程、第 4 工程、第 1 工程、及び第 2 工程を順に行うことにより、誘電層 1 2 と電極層 1 3 とを備える単位層 1 1 が形成される。

【 0 0 4 2 】

次に、形成された単位層 1 1 の上面を構成する誘電層 1 2 を、先に形成された誘電層 1 2 として、第 3 工程、第 4 工程、第 1 工程、及び第 2 工程を順に行うことにより、新たな単位層 1 1 が、先に形成された単位層 1 1 の上に接合した状態で形成される。

【 0 0 4 3 】

このとき、先に形成された単位層 1 1 が第 1 単位層 1 1 A である場合、新たな単位層 1 1 として第 2 単位層 1 1 B が形成されるように、電極層 1 3 の形成位置を調整する。また、先に形成された単位層 1 1 が第 2 単位層 1 1 B である場合、新たな単位層 1 1 として第 1 単位層 1 1 A が形成されるように、電極層 1 3 の形成位置を調整する。

【 0 0 4 4 】

そして、単位層 1 1 の積層数が所定の数となるまで、第 3 工程、第 4 工程、第 1 工程、及び第 2 工程を順に繰り返し行うことにより、単位層 1 1 が積層された積層体 1 0 a が得られる。

【 0 0 4 5 】

次に、図 2 ~ 図 5 を参照して、本実施形態における誘電アクチュエータ 1 0 の積層体 1 0 a を製造する製造装置 2 0 について説明する。

図 2 に示すように、製造装置 2 0 は、ベース 2 1 の上に固定された回転テーブル 2 2 を備えている。回転テーブル 2 2 は、平面視時計回り方向（同図中の矢印方向）に回転される円盤状の天板 2 2 a を備えている。

【 0 0 4 6 】

回転テーブル 2 2 の天板 2 2 a の上には、長方形板状をなす複数の基台 3 0 が、天板 2 2 a の回転方向に沿って並んで配置されている。

( 基台 3 0 )

図 2 に示すように、基台 3 0 の長方形の長辺が天板 2 2 a の径方向に沿うようにして天板 2 2 a に対して基台 3 0 が位置決めされている。基台 3 0 の下面の中央部には、天板 2 2 a に対する基台 3 0 の位置決めのための下面視長形状の係合凹部 3 1 が形成されている（図 3 参照）。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

本実施形態では、6つの基台30が等間隔、すなわち60度間隔にて配置されている。回転テーブル22の天板22aが回転すると、各基台30は、天板22aの軸線を中心に回転されて搬送される。ここで、天板22aの軸線を中心とする各基台30の回転軌跡が、本発明に係る循環する搬送経路に相当する。以降において、天板22aの回転方向を、基台30の搬送方向（以下、搬送方向A）と称することがある。また、天板22aの径方向における内側及び外側を単に内側及び外側と称することがある。

## 【 0 0 4 8 】

図2及び図3に示すように、各基台30の内側及び外側の両側面には、基台30に対して予め付与された個別の識別情報を示す識別コード32が設けられている。識別コード32は、例えばバーコードである。なお、識別コード32としてQRコード（登録商標）を採用することもできる。

10

## 【 0 0 4 9 】

図2に示すように、天板22aの上方には、第1工程にて用いられる塗布装置41、第2工程にて用いられる第1加熱装置42、第1検査工程にて用いられる第1カメラ51、第3工程にて用いられる印刷装置43、第4工程にて用いられる第2加熱装置44、及び第2検査工程にて用いられる第2カメラ52が設けられている。

## 【 0 0 5 0 】

## （塗布装置41）

塗布装置41は、例えばダイコータ装置であり、誘電エラストマーの原料組成物を基台30の上面または電極層13上に塗布することで平面視長形状の膜12aを形成する。本実施形態では、塗布装置41により1つの膜12aを形成する。

20

## 【 0 0 5 1 】

## （第1加熱装置42）

第1加熱装置42は、例えば熱板加熱装置であり、第1工程において形成された膜12aを非接触にて加熱して硬化させることで誘電層12を形成する。

## 【 0 0 5 2 】

## （第1カメラ51）

第1カメラ51は、例えばCCDカメラであり、第1工程において形成された膜12aを撮影する。第1カメラ51による撮影結果は、画像解析による膜12aの検査を行うために制御装置60に対して出力される。

30

## 【 0 0 5 3 】

## （印刷装置43）

印刷装置43は、例えばインクジェット印刷装置であり、導電エラストマーの原料組成物を誘電層12上の所定の範囲に噴射することで平面視長形状の膜13aを形成する。本実施形態では、印刷装置43により1つの膜13aを形成する。

## 【 0 0 5 4 】

## （第2加熱装置44）

第2加熱装置44は、例えば熱板加熱装置であり、第3工程において形成された膜13aを非接触にて加熱して硬化させることで電極層13を形成する。

40

## 【 0 0 5 5 】

## （第2カメラ52）

第2カメラ52は、例えばCCDカメラであり、第3工程において形成された膜13aを撮影する。第2カメラ52による撮影結果は、画像解析による膜13aの検査を行うために制御装置60に対して出力される。

## 【 0 0 5 6 】

## （回転装置23）

図3及び図4に示すように、回転テーブル22には、天板22aに対して各基台30を回転させる回転装置23が設けられている。

## 【 0 0 5 7 】

50

図4に示すように、天板22aには、ロータリアクチュエータ24が設けられている。ロータリアクチュエータ24は、例えばエアシリンダであり、天板22aの上面から突出する回転軸24aを有している。回転軸24aの先端には、係合部25が連結されている。係合部25は、基台30の係合凹部31に対応した直方体状をなしている。基台30の係合凹部31が係合部25に相対変位不能に係合されることにより、天板22aに対して基台30が位置決めされる。

**【0058】**

(検出部61)

図2に示すように、天板22aの周囲には、基台30が、第1工程、第2工程、第1検査工程、第3工程、第4工程、及び第2検査工程に進んだ際に、基台30の識別コード32を検出する検出部61が工程毎に設けられている。なお、図2では、第1工程に対応する検出部61のみを図示している。

10

**【0059】**

(制御装置60)

制御装置60は、回転テーブル22の駆動制御処理、塗布装置41の駆動制御処理、第1加熱装置42の通電制御処理、第1カメラ51の撮影制御処理及び画像解析処理、印刷装置43の駆動制御処理、第2加熱装置44の通電制御処理、並びに第2カメラ52の撮影制御処理及び画像解析処理を行う。また、制御装置60は、回転装置23の駆動制御処理を行う。また、制御装置60は、検出部61による検出回数に基づいて当該基台30の循環回数を導出する。

20

**【0060】**

各種制御処理は、制御装置60により以下のように行われる。

まず、各基台30が各係合部25により位置決めされて天板22a上に配置された状態において、塗布装置41の直下に位置する1番目の基台30に対して第1工程が行われる。

**【0061】**

第1工程が完了すると、次に、回転テーブル22が回転されることで、1番目の基台30は、第1加熱装置42の直下まで移動する。そして、1番目の基台30に対して第2工程が行われる。またこのとき、塗布装置41の直下に移動した2番目の基台30に対して第1工程が行われる。

30

**【0062】**

第2工程が完了すると、次に、回転テーブル22が回転されることで、1番目の基台30は、第1カメラ51の直下まで移動する。そして、1番目の基台30に対して第1検査工程が行われる。ここで、第1検査工程では、膜12aの欠けの有無を周知の画像解析により判定する。またこのとき、2番目の基台30に対して第2工程が行われるとともに、3番目の基台30に対して第1工程が行われる。

**【0063】**

第1検査工程が完了すると、次に、回転テーブル22が回転されることで、1番目の基台30は、印刷装置43の直下まで移動する。そして、1番目の基台30に対して第3工程が行われる。またこのとき、2番目の基台30に対して第1検査工程が行われるとともに、3番目の基台30に対して第2工程が行われる。また、4番目の基台30に対して第1工程が行われる。

40

**【0064】**

ここで、第3工程においては、図5に示すように、基台30の循環回数が偶数である場合(図5(b)参照)には、奇数である場合(図5(a)参照)に対して、回転装置23により基台30が180度回転される。これにより、誘電層12に対する誘電エラストマー製の膜13aの形成範囲が、前回の第3工程における膜13aの形成範囲と異なることとなる。

**【0065】**

第3工程が完了すると、次に、回転テーブル22が回転されることで、1番目の基台3

50

0 は、第 2 加熱装置 4 4 の直下まで移動する。そして、1 番目の基台 3 0 に対して第 4 工程が行われる。またこのとき、2 番目の基台 3 0 に対して第 3 工程が行われるとともに、3 番目の基台 3 0 に対して第 1 検査工程が行われる。また、4 番目の基台 3 0 に対して第 2 工程が行われるとともに、5 番目の基台 3 0 に対して第 1 工程が行われる。

【0066】

第 4 工程が完了すると、次に、回転テーブル 2 2 が回転されることで、1 番目の基台 3 0 は、第 2 カメラ 5 2 の直下まで移動する。そして、1 番目の基台 3 0 に対して第 2 検査工程が行われる。ここで、第 2 検査工程では、膜 1 3 a の欠けの有無を周知の画像解析により判定する。またこのとき、2 番目の基台 3 0 に対して第 4 工程が行われるとともに、3 番目の基台 3 0 に対して第 3 工程が行われる。また、4 番目の基台 3 0 に対して第 1 検査工程が行われるとともに、5 番目の基台 3 0 に対して第 2 工程が行われる。また、6 番目の基台 3 0 に対して第 1 工程が行われる。

10

【0067】

第 2 検査工程が完了すると、次に、回転テーブル 2 2 が回転されることで、1 番目の基台 3 0 は、再び塗布装置 4 1 の直下まで移動する。

このようにして、6 つの基台 3 0 上にて、上述した第 1 工程から第 2 検査工程までを順に行うことをそれぞれ複数回繰り返す。

【0068】

こうして基台 3 0 の循環回数が所定の数に達して積層体 1 0 a が形成されると、当該基台 3 0 が図示しないロボットアームによって天板 2 2 a から取り出される。そして、当該基台 3 0 上に形成された積層体 1 0 a に対して追加の加熱工程が行われる。

20

【0069】

次に、本実施形態の作用効果について説明する。

(1) 回転テーブル 2 2 の天板 2 2 a 上において天板 2 2 a の回転方向 (搬送方向 A) に並んで配置された複数の基台 3 0 がそれぞれ循環される間に、複数の基台 3 0 上にて、第 1 工程から第 4 工程までを順に行うことをそれぞれ複数回繰り返すことにより複数の基台 3 0 上に積層体 1 0 a を形成するようにした。

【0070】

こうした方法によれば、積層体 1 0 a を形成する各工程が基台 3 0 上において行われるため、特許文献 1 に記載の製造方法に比べて、取り扱いが容易となり、機械化が可能となる。

30

【0071】

また、上記方法によれば、硬化途中の状態における誘電エラストマー製の膜 1 2 a の上に導電エラストマー製の膜 1 3 a を形成することが可能となるとともに、硬化途中の状態における導電エラストマー製の膜 1 3 a の上に誘電エラストマー製の膜 1 2 a を形成することが可能となる。これにより、積層体 1 0 a の形成に要する時間を短縮することができる。

【0072】

(2) 第 2 工程の後に、画像解析により、第 1 工程により形成された膜 1 2 a の検査を行うようにした (第 1 検査工程)。また、第 4 工程の後に、画像解析により、第 3 工程により形成された膜 1 3 a の検査を行うようにした (第 2 検査工程)。

40

【0073】

こうした方法によれば、第 1 工程において形成された膜 1 2 a が不良であった場合に、当該膜 1 2 a が形成された基台 3 0 を第 3 工程に進む前に天板 2 2 a から取り出すことが可能となる。また、第 3 工程において形成された膜 1 3 a が不良であった場合に、当該膜 1 3 a が形成された基台 3 0 を第 1 工程に進む前に天板 2 2 a から取り出すことが可能となる。このため、直前に形成された膜 1 2 a , 1 3 a に不良があった場合に、その後の無駄な膜 1 3 a , 1 2 a の形成を抑制することができる。

【0074】

ところで、カメラ 5 1 , 5 2 による撮影の際に、当該膜 1 2 a , 1 3 a の表面に残存す

50

る溶剤によってハレーションが生じやすく、検査精度が悪化するおそれがある。また、第2, 4工程において膜12a, 13aを加熱して硬化させる際に、気泡が発生することで膜12a, 13aに不良が発生するおそれがある。

【0075】

この点、本実施形態によれば、第2工程において膜12aが加熱された後に第1検査工程が行われるとともに、第4工程において膜13aが加熱された後に第2検査工程が行われる。このため、当該膜12a, 13aの表面から溶剤が除去された後に検査工程が行われることで、上述したハレーションの発生を抑制することができ、検査精度の悪化を抑制することができる。また、当該膜12a, 13aから気泡が発生した後に検査工程が行われることで、膜12a, 13aの不良を発見することができる。

10

【0076】

(3) 第1工程、第2工程、第3工程、及び第4工程、第1検査工程、第2検査工程を回転テーブル22の天板22a(搬送経路)上における互いに異なる位置にて行うようにした。

【0077】

こうした方法によれば、各工程を同時に行うことが可能となる。これにより、各工程設備の稼働効率を高めることができる。したがって、積層体10aの形成に要する時間を短縮することができる。

【0078】

(4) 各検出部61を基台30が通過する際に、基台30に対して予め付与された個別の識別コード32を検出部61により検出し、検出部61による検出回数に基づいて当該基台30の循環回数を導出するようにした。

20

【0079】

こうした方法によれば、基台30の循環回数を個別に管理することができる。このため、例えば単位層11の形成及び積層途中において膜12a(13a)の形成不良が発生した基台30を回転テーブル22の天板22aから取り出し、その後、当該基台30の配置されていた箇所に新たな基台30を配置することで、単位層11の形成及び積層を、他の基台30と並行して行うことができる。

【0080】

(5) 当該基台30の循環回数が所定の数に達した場合に、当該基台30を回転テーブル22の天板22aから取り出すようにした。

30

こうした方法によれば、基台30の循環回数が所定の数に達した場合、すなわち単位層11が所定数積層されて積層体10aが形成された場合に、基台30を天板22aから確実に取り出すことができる。

【0081】

(6) 循環回数が所定の数に達して回転テーブル22の天板22aから取り出された当該基台30上に形成された積層体10aに対して追加の加熱工程(硬化工程)を行うようにした。

【0082】

こうした方法によれば、循環回数が所定の数に達して搬送経路から取り出された基台30上の積層体10aを更に硬化させることができる。このため、第2工程及び第4工程においては、第3工程または第1工程を行うことのできる程度の短い加熱(硬化)時間で済む。したがって、積層体10aの形成に要する時間を短縮することができる。

40

【0083】

(7) 第3工程において、印刷装置43により所定の範囲に対して導電性エラストマー製の膜13aを形成する一方、当該基台30を回転させることにより、当該基台30上に形成された誘電層12に対する誘電エラストマー製の膜13aの形成範囲を、前回の第3工程における膜13aの形成範囲と異ならせるようにした。

【0084】

こうした方法によれば、基台30を回転させることにより、積層体10aの積層方向に

50

において隣り合う２つの電極層１３の形成範囲、すなわち正極層１３Ａと負極層１３Ｂとの形成範囲を容易に異ならせることができる。

【００８５】

本実施形態は、以下のように変更して実施することができる。本実施形態及び以下の変更例は、技術的に矛盾しない範囲で互いに組み合わせて実施することができる。

・回転装置２３のロータリアクチュエータ２４はエアシリンダに限定されず、電動モータを用いてもよい。

【００８６】

・第３工程において、印刷装置４３によって、基台３０上に形成された誘電層１２に対する誘電エラストマー製の膜１３ａの形成範囲を、前回の第３工程における膜１３ａの形成範囲と異ならせるようにすれば、回転装置２３を省略することができる。

10

【００８７】

・積層体１０ａが完全に硬化しているのであれば、回転テーブル２２の天板２２ａ上から取り出された基台３０上に積層された積層体１０ａに対して行われる追加の硬化工程を省略すればよい。

【００８８】

・バーコードやＱＲコードなどの識別コード３２に代えて、基台３０の個別の識別情報を有するＩＣチップを設けるようにしてもよい。

・第１検査工程を第１工程と第２工程との間に行うようにしてもよい。また、第２検査工程を第３工程と第４工程との間に行うようにしてもよい。

20

【００８９】

・第１，２検査工程を省略することもできる。

・第１工程において用いられる塗布装置４１は、ダイコータ装置に限定されず、他に例えば、マスクを用いてスプレー等により塗布する装置であってもよい。また、第１工程において、第３工程と同様なインクジェット印刷装置を用いることもできる。

【００９０】

・図７に示すように、基台３０上に誘電エラストマー製の複数（例えば４つ）の膜１２ａを形成するようにしてもよい。この場合、４つの膜１２ａを硬化して形成された誘電層１２上にそれぞれ導電エラストマー製の４つの膜１３ａを形成すればよい。

【００９１】

・第２工程において用いられる第１加熱装置４２は熱板加熱装置に限定されず、他に例えば赤外線加熱装置であってもよい。また、基台３０にヒータ等の加熱手段を設け、上方からの加熱と下方からの加熱とを併用してもよい。第２工程は、膜１２ａを加熱乾燥させて硬化させる工程に限定されず、原料組成物に応じて適宜変更することができる。例えば、紫外線照射により膜１２ａを硬化させるようにしてもよい。また、第４工程において用いられる第２加熱装置４４についても同様な変更を行うことができる。

30

【００９２】

・第３工程は、印刷装置４３を用いて膜１３ａを形成する工程に限定されず、マスクを用いてスプレー等により塗布して膜１３ａを形成することもできる。

・本発明に係る搬送経路は、回転テーブル２２に限定されず、他に例えば、コンベアなどを用いて循環する搬送経路を構成してもよい。また、膜１２ａ，１３ａを硬化させる第２，４工程に要する時間が他の工程に要する時間に比べて長い場合には、第２，４工程を行う加熱装置４２，４４を複数設け、複数の加熱装置４２（４４）間において基台３０を搬送機構により搬送するようにすればよい。

40

【００９３】

図８に示す変更例では、第１コンベア７１と第２コンベア７２とが互いに平行に配置されている。第１コンベア７１は、その長手方向の一方の側（同図の右側）に向けて基台３０を搬送する。また、第２コンベア７２は、その長手方向の他方の側（同図の左側）に向けて基台３０を搬送する。ここで、第１コンベア７１と第２コンベア７２との間には、塗布装置４１、２つの第１加熱装置４２、第１カメラ５１、印刷装置４３、２つの第２加熱

50

装置 4 4、及び第 2 カメラ 5 2 がそれらの作業台と共に各コンベア 7 1、7 2 の長手方向に沿って設けられている。また、同図に示す短い矢印は、コンベア 7 1、7 2 と作業台との間、あるいは作業台間において基台 3 0 を搬送する搬送機構または多関節ロボットである。

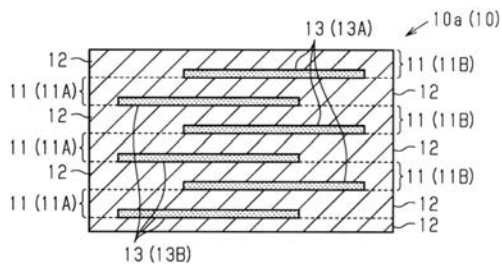
【符号の説明】

【0094】

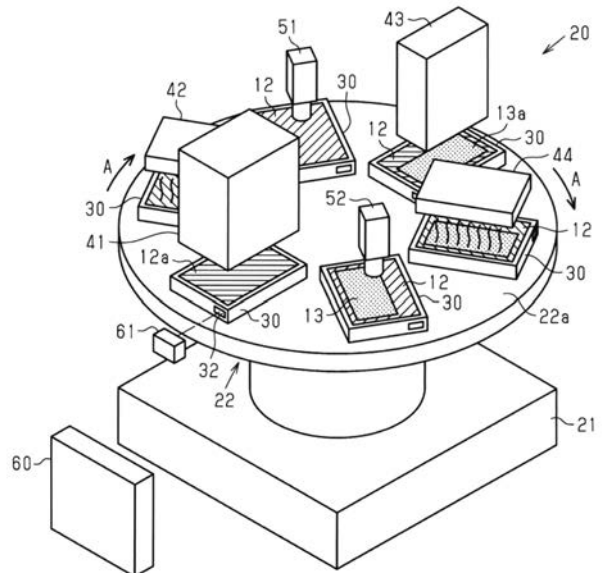
1 0 ... 誘電アクチュエータ、1 0 a ... 積層体、1 1 ... 単位層、1 1 A ... 第 1 単位層、1 1 B ... 第 2 単位層、1 2 ... 誘電層、1 2 a ... 膜、1 2 c ... 露出部分、1 3 ... 電極層、1 3 A ... 正極層、1 3 B ... 負極層、1 3 a ... 膜、2 0 ... 製造装置、2 1 ... ベース、2 2 ... 回転テーブル、2 2 a ... 天板、2 3 ... 回転装置、2 4 ... ロータリアクチュエータ、2 4 a ... 回転軸、2 5 ... 係合部、3 0 ... 基台、3 1 ... 係合凹部、3 2 ... 識別コード、4 1 ... 塗布装置、4 2 ... 第 1 加熱装置、4 2 a ... 熱板、4 3 ... 印刷装置、4 4 ... 第 2 加熱装置、4 4 a ... 熱板、5 1 ... 第 1 カメラ、5 2 ... 第 2 カメラ、6 0 ... 制御装置、6 1 ... 検出部、7 1、7 2 ... コンベア。

10

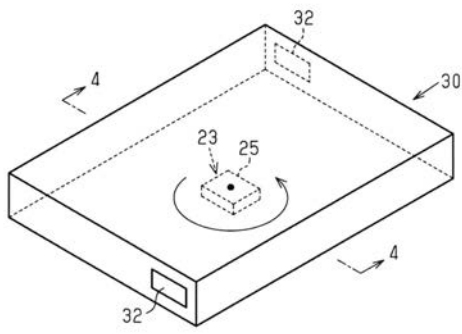
【図 1】



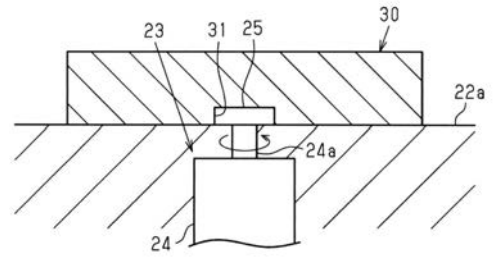
【図 2】



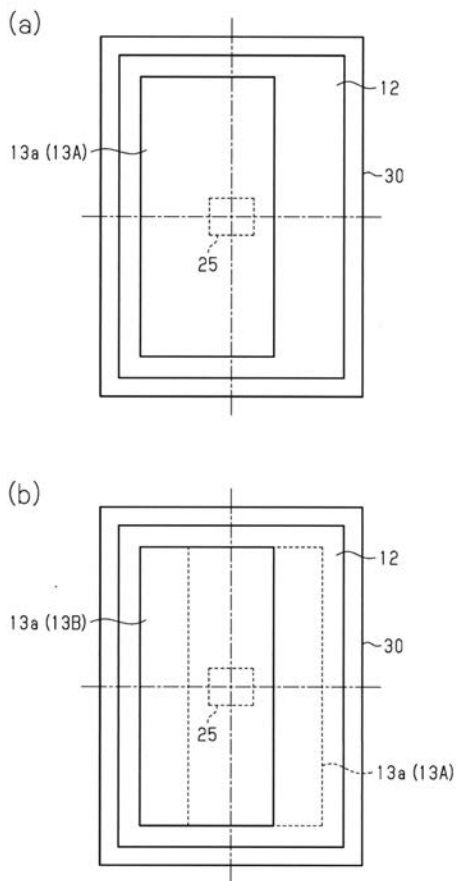
【 図 3 】



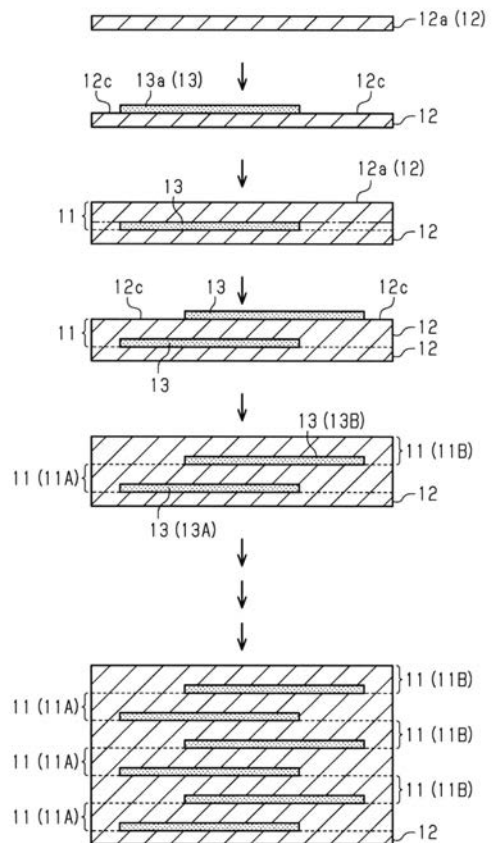
【 図 4 】



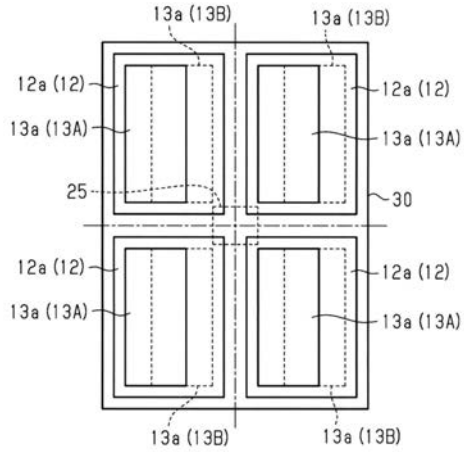
【 図 5 】



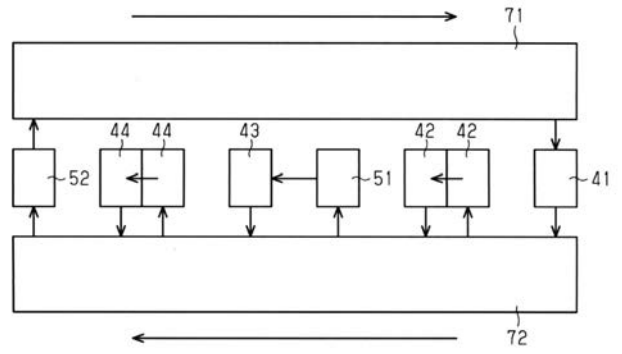
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】平成31年4月10日 (2019.4.10)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】図面

【 補正対象項目名 】図 1

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 図 1 】

