

(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2010-95594

(P2010-95594A)

(43) 公開日 平成22年4月30日 (2010.4.30)

|                                 |                |             |
|---------------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                    | F I            | テーマコード (参考) |
| <b>C 0 9 J</b> 5/02 (2006.01)   | C 0 9 J 5/02   | 4 F 1 0 0   |
| <b>C 0 9 J</b> 183/04 (2006.01) | C 0 9 J 183/04 | 4 J 0 4 0   |
| <b>C 0 9 J</b> 183/06 (2006.01) | C 0 9 J 183/06 |             |
| <b>B 3 2 B</b> 38/00 (2006.01)  | B 3 2 B 31/12  |             |

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 30 頁)

|           |                              |          |                               |
|-----------|------------------------------|----------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-266672 (P2008-266672) | (71) 出願人 | 000002369                     |
| (22) 出願日  | 平成20年10月15日 (2008.10.15)     |          | セイコーエプソン株式会社                  |
|           |                              |          | 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号              |
|           |                              | (74) 代理人 | 100091292                     |
|           |                              |          | 弁理士 増田 達哉                     |
|           |                              | (74) 代理人 | 100091627                     |
|           |                              |          | 弁理士 朝比 一夫                     |
|           |                              | (72) 発明者 | 内藤 信宏                         |
|           |                              |          | 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 |
|           |                              | (72) 発明者 | 佐藤 充                          |
|           |                              |          | 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 |

最終頁に続く

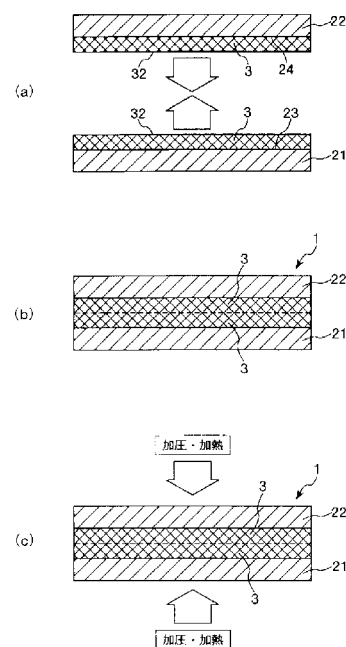
(54) 【発明の名称】 接合方法および接合体

## (57) 【要約】

【課題】 2つの基材同士を、短時間かつ低コストで接合する接合方法、および、かかる接合方法により接合された接合体を提供すること。

【解決手段】 本発明の接合方法は、接合膜を介して互いに接合すべき第1の基材21と第2の基材22とを用意する工程と、前記第1の基材21および前記第2の基材22の少なくとも一方に、シリコン材料を含有する液状材料35を供給することにより液状被膜30を形成する工程と、前記液状被膜30を乾燥して、前記第1の基材21および前記第2の基材22の少なくとも一方に、接合膜3を得る工程と、前記接合膜3にプラズマを接触させることにより、前記接合膜3の表面32付近に接着性を発現させる工程と、当該接着性が発現した接合膜3を介して前記第1の基材21と前記第2の基材22とを接触させ、前記第1の基材21と前記第2の基材22とが前記接合膜3を介して接合された接合体1を得る工程とを有する。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

接合膜を介して互いに接合すべき第 1 の基材と第 2 の基材とを用意する工程と、

前記第 1 の基材および前記第 2 の基材の少なくとも一方に、シリコン材料を含有する液状材料を供給することにより液状被膜を形成する工程と、

前記液状被膜を乾燥して、前記第 1 の基材および前記第 2 の基材の少なくとも一方に、接合膜を得る工程と、

前記接合膜にプラズマを接触させることにより、前記接合膜の表面付近に接着性を発現させる工程と、

当該接着性が発現した接合膜を介して前記第 1 の基材と前記第 2 の基材とを接触させ、前記第 1 の基材と前記第 2 の基材とが前記接合膜を介して接合された接合体を得る工程とを有することを特徴とする接合方法。

10

**【請求項 2】**

前記プラズマの接触を、大気圧下で行う請求項 1 に記載の接合方法。

**【請求項 3】**

前記プラズマの接触は、互いに対向する電極間に電圧を印加した状態で、これらの間にガスを導入することにより、プラズマ化された前記ガスを前記接合膜に供給することによりなされる請求項 1 または 2 に記載の接合方法。

**【請求項 4】**

前記電極間の距離は、0.5 ~ 10 mm である請求項 3 に記載の接合方法。

20

**【請求項 5】**

前記電極間に印加する電圧は、1.0 ~ 3.0 kV p - p である請求項 3 または 4 に記載の接合方法。

**【請求項 6】**

前記プラズマは、ヘリウムガスを主成分とするガスをプラズマ化したものである請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の接合方法。

**【請求項 7】**

前記プラズマは、ヘリウムガスを主成分とするガスをプラズマ化したものであり、当該ガスの前記電極間への供給速度は、1 ~ 20 S L M である請求項 3 ないし 5 のいずれかに記載の接合方法。

30

**【請求項 8】**

前記ガス中の前記ヘリウムガスの含有量は、85 vol % 以上である請求項 6 または 7 に記載の接合方法。

**【請求項 9】**

前記シリコン材料は、その主骨格がポリジメチルシロキサンで構成される請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の接合方法。

**【請求項 10】**

前記シリコン材料は、シラノール基を有する請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の接合方法。

**【請求項 11】**

前記接合膜の平均厚さは、10 ~ 10000 nm である請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の接合方法。

40

**【請求項 12】**

前記第 1 の基材および前記第 2 の基材の少なくとも前記接合膜と接触する部分は、シリコン材料、金属材料またはガラス材料を主材料として構成されている請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の接合方法。

**【請求項 13】**

前記第 1 の基材および前記第 2 の基材の前記接合膜と接触する面には、あらかじめ、前記接合膜との密着性を高める表面処理が施されている請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の接合方法。

50

**【請求項 1 4】**

前記表面処理は、プラズマ処理または紫外線照射処理である請求項 1 3 に記載の接合方法。

**【請求項 1 5】**

請求項 1 ないし 1 4 のいずれかに記載の接合方法により、前記第 1 の基材と前記第 2 の基材とを、前記接合膜を介して接合してなることを特徴とする接合体。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、接合方法および接合体に関するものである。

10

**【背景技術】****【0002】**

各種の材料で構成される基材同士を接合する場合に、一方の基材の接合すべき面に紫外線を照射することにより、2つの基材を接合する方法が開示されている（例えば、特許文献 1～3 参照。）。

ところが、これらの方法では、I：紫外線照射に 1 分～数十分を要する、II：紫外線照射を短時間で行った場合、2つの基材を圧着するのに数十分以上を要する、III：場合によっては、2つの基材を加圧しながら、紫外線を照射することを要する等の問題がある。

すなわち、これらの方法を用いた場合、2つの基材同士を接合するのに、長時間を要したり、その操作が煩雑になるという問題がある。

20

**【0003】**

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 2 1 2 6 1 3 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 7 - 1 3 0 8 3 6 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 8 - 1 9 3 4 8 号公報

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

本発明の目的は、2つの基材同士を、短時間かつ低コストで接合し得る接合方法、および、かかる接合方法により接合された接合体を提供することにある。

**【課題を解決するための手段】**

30

**【0005】**

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の接合方法は、接合膜を介して互いに接合すべき第 1 の基材と第 2 の基材とを用意する工程と、

前記第 1 の基材および前記第 2 の基材の少なくとも一方に、シリコン材料を含有する液状材料を供給することにより液状被膜を形成する工程と、

前記液状被膜を乾燥して、前記第 1 の基材および前記第 2 の基材の少なくとも一方に、接合膜を得る工程と、

前記接合膜にプラズマを接触させることにより、前記接合膜の表面付近に接着性を発現させる工程と、

40

当該接着性が発現した接合膜を介して前記第 1 の基材と前記第 2 の基材とを接触させ、前記第 1 の基材と前記第 2 の基材とが前記接合膜を介して接合された接合体を得る工程とを有することを特徴とする。

これにより、2つの基材同士を、短時間かつ低コストで接合することができる。

**【0006】**

本発明の接合方法では、前記プラズマの接触を、大気圧下で行うことが好ましい。

大気圧下で行われるプラズマの接触、すなわち、大気圧プラズマ処理によれば、接合膜の周囲が減圧状態とならないので、プラズマの作用により、例えば、接合膜を構成するシリコン材料が含んでいるポリジメチルシロキサン骨格が備えるメチル基を切断、除去して、接合膜の表面付近に接着性を発現させる際に、この切断が不要に進行するのを防止す

50

ることができる。

【 0 0 0 7 】

本発明の接合方法では、前記プラズマの接触は、互いに対向する電極間に電圧を印加した状態で、これらの間にガスを導入することにより、プラズマ化された前記ガスを前記接合膜に供給することによりなされることが好ましい。

これにより、容易かつ確実に、接合膜にプラズマを接触させ、接合膜の表面付近に接着性を確実に発現させることができる。

【 0 0 0 8 】

本発明の接合方法では、前記電極間の距離は、0.5～10mmであることが好ましい。

これにより、電極間に電界をより確実に発生させることができ、接合膜の表面付近に接着性を確実に発現させることができる。

本発明の接合方法では、前記電極間に印加する電圧は、1.0～3.0kVp-pであることが好ましい。

これにより、電極間に電界をより確実に発生させることができ、接合膜の表面付近に接着性を確実に発現させることができる。

【 0 0 0 9 】

本発明の接合方法では、前記プラズマは、ヘリウムガスを主成分とするガスをプラズマ化したものであることが好ましい。

これにより、接合膜の活性化の程度を制御し易くなる。

本発明の接合方法では、前記プラズマは、ヘリウムガスを主成分とするガスをプラズマ化したものであり、当該ガスの前記電極間への供給速度は、1～20SLMであることが好ましい。

これにより、プラズマにより接合膜を活性化させる効果をさらに顕著に発揮させることができる。

【 0 0 1 0 】

本発明の接合方法では、前記ガス中の前記ヘリウムガスの含有量は、85vol%以上であることが好ましい。

このような速度でプラズマを接合膜に接触させることにより、短時間であるにもかかわらず、接合膜を十分かつ確実に活性化させることができる。

本発明の接合方法では、前記シリコン材料は、その主骨格がポリジメチルシロキサンで構成されることが好ましい。

かかる化合物は、比較的入手が容易で、かつ安価であるとともに、かかる化合物を含有する接合膜にエネルギーを付与することにより、化合物を構成するメチル基が容易に切断されて、その結果として、接合膜に確実に接着性を発現させることができるため、シリコン材料として好適に用いられる。

【 0 0 1 1 】

本発明の接合方法では、前記シリコン材料は、シラノール基を有することが好ましい。

これにより、液状被膜を乾燥させて接合膜を得る際に、隣接するシリコン材料が有するシラノール基に含まれる水酸基同士が結合することとなり、得られる接合膜の膜強度が優れたものとなる。

【 0 0 1 2 】

本発明の接合方法では、前記接合膜の平均厚さは、10～10000nmであることが好ましい。

これにより、第1の基材と第2の基材とを接合した接合体の寸法精度が著しく低下するのを防止しつつ、これらをより強固に接合することができる。

本発明の接合方法では、前記第1の基材および前記第2の基材の少なくとも前記接合膜と接触する部分は、シリコン材料、金属材料またはガラス材料を主材料として構成されていることが好ましい。

10

20

30

40

50

これにより、表面処理を施さなくても、十分な接合強度が得られる。

【 0 0 1 3 】

本発明の接合方法では、前記第 1 の基材および前記第 2 の基材の前記接合膜と接触する面には、あらかじめ、前記接合膜との密着性を高める表面処理が施されていることが好ましい。

これにより、基材の接合面が清浄化および活性化され、接合面に対して接合膜が化学的に作用し易くなる。その結果、基材の接合面と接合膜との接合強度を高めることができる。

本発明の接合方法では、前記表面処理は、プラズマ処理または紫外線照射処理であることが好ましい。

これにより、接合膜を形成するために、基材の表面を特に最適化することができる。

本発明の接合体は、本発明の接合方法により、前記第 1 の基材と前記第 2 の基材とを、前記接合膜を介して接合してなることを特徴とする。

これにより、信頼性の高い接合体が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 4 】

以下、本発明の接合方法および接合体を、添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

< 接合方法 >

本発明の接合方法は、[ 1 ] 接合膜を介して互いに接合すべき第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とを用意する工程と、[ 2 ] 第 1 の基材 2 1 および第 2 の基材 2 2 の少なくとも一方に、シリコン材料を含有する液状材料を供給することにより液状被膜 3 0 を形成する工程と、[ 3 ] 液状被膜を乾燥して、第 1 の基材 2 1 および第 2 の基材 2 2 の少なくとも一方に、接合膜 3 を得る工程と、[ 4 ] 接合膜 3 にプラズマを接触させることにより、接合膜 3 の表面付近に接着性を発現させる工程と、[ 5 ] 接着性が発現した接合膜 3 を介して第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とを接触させ、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とが接合膜 3 を介して接合された接合体 1 を得る工程とを有する。

以下、この本発明の接合方法の第 1 実施形態を、工程ごとに詳述する。

【 0 0 1 5 】

< 第 1 実施形態 >

図 1 および図 2 は、本発明の接合方法の第 1 実施形態を説明するための図（縦断面図）である。なお、以下の説明では、図 1 および図 2 中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

[ 1 ] まず、図 1 ( a ) に示すように、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とを用意する。なお、図 1 ( a ) では、第 2 の基材 2 2 を省略している。

このような第 1 の基材 2 1 および第 2 の基材 2 2 の各構成材料は、それぞれ特に限定されないが、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン - プロピレン共重合体、エチレン - アクリル酸エステル共重合体、エチレン - アクリル酸共重合体、ポリブテン - 1、エチレン - 酢酸ビニル共重合体 ( EVA ) 等のポリオレフィン、環状ポリオレフィン、変性ポリオレフィン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリスチレン、ポリアミド、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリカーボネート、ポリ - ( 4 - メチルペンテン - 1 )、アイオノマー、アクリル系樹脂、ポリメチルメタクリレート ( PMMA )、アクリロニトリル - ブタジエン - スチレン共重合体 ( ABS 樹脂 )、アクリロニトリル - スチレン共重合体 ( AS 樹脂 )、ブタジエン - スチレン共重合体、ポリオキシメチレン、ポリビニルアルコール ( PVA )、エチレン - ビニルアルコール共重合体 ( EVOH )、ポリエチレンテレフタレート ( PET )、ポリエチレンナフタレート、ポリブチレンテレフタレート ( PBT )、ポリシクロヘキサントレフタレート ( PCT ) 等のポリエステル、ポリエーテル、ポリエーテルケトン ( PEK )、ポリエーテルエーテルケトン ( PEEK )、ポリエーテルイミド、ポリアセタール ( POM )、ポリフェニレンオキシド、変性ポリフェニレンオキシド、ポリサルホン、ポリエーテルサルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリ

10

20

30

40

50

アリレート、芳香族ポリエステル（液晶ポリマー）、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン、その他フッ素系樹脂、スチレン系、ポリオレフィン系、ポリ塩化ビニル系、ポリウレタン系、ポリエステル系、ポリアミド系、ポリブタジエン系、トランスポリイソプレン系、フッ素ゴム系、塩素化ポリエチレン系等の各種熱可塑性エラストマー、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、アラミド系樹脂、不飽和ポリエステル、シリコーン樹脂、ポリウレタン等、またはこれらを主とする共重合体、ブレンド体、ポリマーアロイ等の樹脂系材料、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Zn、Pt、Au、Ag、Cu、Pd、Al、W、Ti、V、Mo、Nb、Zr、Pr、Nd、Smのような金属、またはこれらの金属を含む合金、炭素鋼、ステンレス鋼、インジウム錫酸化物（ITO）、ガリウムヒ素のような金属系材料、単結晶シリコン、多結晶シリコン、非晶質シリコンのようなシリコン系材料、ケイ酸ガラス（石英ガラス）、ケイ酸アルカリガラス、ソーダ石灰ガラス、カリ石灰ガラス、鉛（アルカリ）ガラス、バリウムガラス、ホウケイ酸ガラスのようなガラス系材料、アルミナ、ジルコニア、 $MgAl_2O_4$ 、フェライト、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、窒化チタン、炭化ケイ素、炭化ホウ素、炭化チタン、炭化タングステンのようなセラミックス系材料、グラファイトのような炭素系材料、またはこれらの各材料の１種または２種以上を組み合わせた複合材料等が挙げられる。

10

#### 【0016】

また、第１の基材２１および第２の基材２２は、それぞれ、その表面に、Niめっきのようなめっき処理、クロメート処理のような不動態化処理、または窒化処理等を施したものであってもよい。

20

なお、第１の基材２１の構成材料と第２の基材２２の構成材料とは、それぞれ同じでも、異なってもよい。

#### 【0017】

また、第１の基材２１の熱膨張率と第２の基材２２の熱膨張率は、ほぼ等しいのが好ましい。これらの熱膨張率がほぼ等しければ、第１の基材２１と第２の基材２２とを接合した際に、その接合界面に熱膨張に伴う応力が発生し難くなる。その結果、最終的に得られる接合体１において、剥離を確実に防止することができる。

なお、後に詳述するが、第１の基材２１の熱膨張率と第２の基材２２の熱膨張率が互いに異なる場合でも、後述する工程において、第１の基材２１と第２の基材２２とを接合する際の条件を最適化することにより、これらを高い寸法精度で強固に接合することができる。

30

#### 【0018】

また、２つの基材２１、２２は、互いに剛性が異なるのが好ましい。これにより、２つの基材２１、２２をより強固に接合することができる。

また、２つの基材２１、２２のうち、少なくとも一方の構成材料は、樹脂材料であるのが好ましい。樹脂材料は、その柔軟性により、２つの基材２１、２２を接合した際に、その接合界面に発生する応力（例えば、熱膨張に伴う応力等）を緩和することができる。このため、接合界面が破壊し難くなり、結果的に、２つの基材２１、２２が高い接合強度で接合された接合体１を得ることができる。

40

#### 【0019】

なお、上記のような観点から、２つの基材２１、２２のうちの少なくとも一方は、可撓性を有しているのが好ましい。これにより、接合膜３を介した２つの基材２１、２２の接合強度のさらなる向上を図ることができる。さらに、２つの基材２１、２２の双方が可撓性を有している場合には、全体として可撓性を有し、機能性の高い接合体１が得られる。

また、各基材２１、２２の形状は、それぞれ、接合膜３を支持する面を有するような形状であればよく、例えば、板状（層状）、塊状（ブロック状）、棒状等とされる。

#### 【0020】

なお、本実施形態では、図１、２に示すように、各基材２１、２２がそれぞれ板状をしている。これにより、各基材２１、２２は撓み易くなり、２つの基材２１、２２を重ね

50

合わせたときに、互いの形状に沿って十分に變形し得るものとなる。このため、２つの基材２１、２２を重ね合わせたときの密着性が高くなり、最終的に得られる接合体１における２つの基材２１、２２同士の接合強度が高くなる。

【００２１】

また、各基材２１、２２が撓むことによって、接合界面に生じる応力を、ある程度緩和する作用が期待できる。

この場合、各基材２１、２２の平均厚さは、特に限定されないが、０．０１～１０ｍｍ程度であるのが好ましく、０．１～３ｍｍ程度であるのがより好ましい。

次に、必要に応じて、第１の基材２１の接合面２３に形成される接合膜３との密着性を高める表面処理を施す。これにより、接合面２３を清浄化および活性化され、接合面２３に対して接合膜３が化学的に作用し易くなる。その結果、後述する工程において、接合面２３上に接合膜３を形成したとき、接合面２３と接合膜３との接合強度を高めることができる。

【００２２】

この表面処理としては、特に限定されないが、例えば、スパッタリング処理、プラスト処理のような物理的表面処理、酸素プラズマ、窒素プラズマ等を用いたプラズマ処理、コロナ放電処理、エッチング処理、電子線照射処理、紫外線照射処理、オゾン暴露処理のような化学的表面処理、または、これらを組み合わせた処理等が挙げられる。

なお、表面処理を施す第１の基材２１が、樹脂材料（高分子材料）で構成されている場合には、特に、コロナ放電処理、窒素プラズマ処理等が好適に用いられる。

【００２３】

また、表面処理として、特にプラズマ処理または紫外線照射処理を行うことにより、接合面２３を、より清浄化および活性化することができる。その結果、接合面２３と接合膜３との接合強度を特に高めることができる。

また、第１の基材２１の構成材料によっては、上記のような表面処理を施さなくても、接合膜３との接合強度が十分に高くなるものがある。このような効果が得られる第１の基材２１の構成材料としては、例えば、前述したような各種金属系材料、各種シリコン系材料、各種ガラス系材料等を主材料とするものが挙げられる。

【００２４】

このような材料で構成された第１の基材２１は、その表面が酸化膜で覆われており、この酸化膜の表面には、水酸基が結合（露出）している。したがって、このような酸化膜で覆われた第１の基材２１を用いることにより、上記のような表面処理を施さなくても、第１の基材２１の接合面２３と接合膜３との接合強度を高めることができる。

なお、この場合、第１の基材２１の全体が上記のような材料で構成されていなくてもよく、少なくとも接合膜３を形成する接合面２３付近が上記のような材料で構成されていればよい。

【００２５】

また、表面処理に代えて、第１の基材２１の接合面２３に、あらかじめ、中間層を形成しておいてもよい。

この中間層は、いかなる機能を有するものであってもよく、例えば、接合膜３との密着性を高める機能、クッション性（緩衝機能）、応力集中を緩和する機能等を有するものが好ましい。このような中間層上に接合膜３を成膜することにより、最終的に、信頼性の高い接合体１を得ることができる。

【００２６】

かかる中間層の構成材料としては、例えば、アルミニウム、チタンのような金属系材料、金属酸化物、シリコン酸化物のような酸化物系材料、金属窒化物、シリコン窒化物のような窒化物系材料、グラファイト、ダイヤモンドライクカーボンのような炭素系材料、シランカップリング剤、チオール系化合物、金属アルコキシド、金属－ハロゲン化合物のような自己組織化膜材料、樹脂系接着剤、樹脂フィルム、樹脂コーティング材、各種ゴム材料、各種エラストマーのような樹脂系材料等が挙げられ、これらのうちの１種または２種

10

20

30

40

50

以上を組み合わせる用いることができる。

【0027】

また、これらの各材料で構成された中間層の中でも、酸化物系材料で構成された中間層によれば、第1の基材21と接合膜3との間の接合強度を特に高めることができる。

【0028】

一方、第1の基材21と同様、第2の基材22の接合面24（後述する工程において、接合膜3と密着する面）にも、必要に応じて、あらかじめ接合膜3との密着性を高める表面処理を施してもよい。これにより、接合面24を清浄化および活性化する。その結果、後述する工程において、接合面24と接合膜3とを密着させ、これらを接合したとき、接合面24と接合膜3との接合強度を高めることができる。

10

【0029】

この表面処理としては、特に限定されないが、前述の第1の基材21の接合面23に対する表面処理と同様の処理を用いることができる。

また、第1の基材21の場合と同様に、第2の基材22の構成材料によっては、上記のような表面処理を施さなくても、接合膜3との密着性が十分に高くなるものがある。このような効果が得られる第2の基材22の構成材料としては、例えば、前述したような各種金属系材料、各種シリコン系材料、各種ガラス系材料等を主材料とするものが挙げられる。

【0030】

すなわち、このような材料で構成された第2の基材22は、その表面が酸化膜で覆われており、この酸化膜の表面には、水酸基が結合（露出）している。したがって、このような酸化膜で覆われた第2の基材22を用いることにより、上記のような表面処理を施さなくても、第2の基材22の接合面24と接合膜3との接合強度を高めることができる。

20

なお、この場合、第2の基材22の全体が上記のような材料で構成されていなくてもよく、少なくとも接合面24付近が上記のような材料で構成されていればよい。

また、第2の基材22の接合面24に、以下の基や物質を有する場合には、上記のような表面処理を施さなくても、第2の基材22の接合面24と接合膜3との接合強度を十分に高くすることができる。

【0031】

このような基や物質としては、例えば、水酸基、チオール基、カルボキシル基、アミノ基、ニトロ基、イミダゾール基のような各種官能基、各種ラジカル、開環分子または、2重結合、3重結合のような不飽和結合を有する脱離性中間体分子、F、Cl、Br、Iのようなハロゲン、過酸化物からなる群から選択される少なくとも1つの基や物質、または、これらの基が脱離することにより、末端化されていない原子が有する未結合手（ダングリングボンド）が挙げられる。

30

【0032】

このうち、脱離性中間体分子は、開環分子または不飽和結合を有する炭化水素分子であるのが好ましい。このような炭化水素分子は、開環分子および不飽和結合の顕著な反応性に基づき、接合膜3に対して強固に作用する。したがって、このような炭化水素分子を有する接合面24は、接合膜3に対して特に強固に接合可能なものとなる。

40

また、接合面24が有する官能基は、特に水酸基が好ましい。これにより、接合面24は、接合膜3に対して特に容易かつ強固に接合可能なものとなる。特に接合膜3の表面に水酸基が露出している場合には、水酸基同士間に生じる水素結合に基づいて、接合面24と接合膜3との間を短時間で強固に接合することができる。

【0033】

また、このような基や物質を有するように、接合面24に対して上述したような各種表面処理を適宜選択して行うことにより、接合膜3に対して強固に接合可能な第2の基材22が得られる。

このうち、第2の基材22の接合面24には、水酸基が存在しているのが好ましい。このような接合面24には、水酸基が露出した接合膜3との間に、水素結合に基づく大きな

50



引力が生じる。これにより、最終的に、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とを特に強固に接合することができる。

また、表面処理に代えて、第 2 の基材 2 2 の接合面 2 4 に、あらかじめ、表面層を形成しておいてもよい。

#### 【 0 0 3 4 】

この表面層は、いかなる機能を有するものであってもよく、例えば、前記第 1 の基材 2 1 の場合と同様に、接合膜 3 との密着性を高める機能、クッション性（緩衝機能）、応力集中を緩和する機能等を有するものが好ましい。このような表面層を介して、第 2 の基材 2 2 と接合膜 3 とを接合することにより、最終的に、信頼性の高い接合体 1 を得ることができる。

10

かかる表面層の構成材料には、例えば、前記第 1 の基材 2 1 の接合面 2 3 に形成する中間層の構成材料と同様の材料を用いることができる。

なお、上記のような表面処理および表面層の形成は、必要に応じて行えばよく、特に高い接合強度を必要としない場合には、省略することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

[ 2 ] 次に、シリコン材料を含有する液状材料 3 5 を、第 1 の基材 2 1 の接合面 2 3 上に供給する。これにより、図 1 ( b ) に示すように、第 1 の基材 2 1 上に、液状被膜 3 0 が形成される。

ここで、接合面 2 3 に液状材料 3 5 を付与する方法としては、例えば、浸漬法、液滴吐出法（例えば、インクジェット法）、スピンコート法、ドクターブレード法、バーコート法、刷毛塗り等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができる。

20

#### 【 0 0 3 6 】

液状材料 3 5 の粘度（ $25^{\circ}\text{C}$ ）は、これを接合面 2 3 に付与する方法によっても若干異なるが、通常、 $0.5 \sim 200 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  程度であるのが好ましく、 $3 \sim 20 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  程度であるのがより好ましい。液状材料 3 5 の粘度をかかるとする範囲とすることにより、均一な膜厚の液状被膜 3 0 を形成することが容易となる。さらに、液状材料 3 5 の粘度がかかるとする範囲であれば、液状材料 3 5 は、接合膜 3 を形成するのに必要かつ十分な量のシリコン材料を含むものとなる。

#### 【 0 0 3 7 】

また、接合面 2 3 への液状材料 3 5 の付与に液滴吐出法を用いる場合には、液状材料 3 5 の粘度をかかるとする範囲内とすれば、具体的には、液滴の量（液状材料 3 5 の 1 滴の量）を、平均で、 $0.1 \sim 40 \text{ pL}$  程度に、より現実的には  $1 \sim 30 \text{ pL}$  程度に設定し得る。これにより、接合面 2 3 に供給された際の液滴 3 1 の着弾径が小さなものとなることから、微細な形状を有する接合膜 3 であっても確実に形成することができるようになる。

30

#### 【 0 0 3 8 】

この液状材料 3 5 は、前述のようにシリコン材料を含有するものであるが、シリコン材料単独で、液状をなし目的とする粘度範囲である場合、シリコン材料をそのまま液状材料 3 5 として用いることができる。また、シリコン材料単独で、固形状または高粘度の液状をなす場合には、液状材料 3 5 として、シリコン材料の溶液または分散液を用いることができる。

40

#### 【 0 0 3 9 】

シリコン材料を溶解または分散するための溶媒または分散媒としては、例えば、アンモニア、水、過酸化水素、四塩化炭素、エチレンカーボネイト等の無機溶媒や、メチルエチルケトン（MEK）、アセトン、等のケトン系溶媒、メタノール、エタノール、イソブタノール等のアルコール系溶媒、ジエチルエーテル、ジイソプロピルエーテル等のエーテル系溶媒、メチルセロソルブ等のセロソルブ系溶媒、ヘキサン、ペンタン等の脂肪族炭化水素系溶媒、トルエン、キシレン、ベンゼン等の芳香族炭化水素系溶媒、ピリジン、ピラジン、フラン等の芳香族複素環化合物系溶媒、N, N - ジメチルホルムアミド（DMF）等のアミド系溶媒、ジクロロメタン、クロロホルム等のハロゲン化合物系溶媒、酢酸エチ

50

ル、酢酸メチル等のエステル系溶媒、ジメチルスルホキシド（DMSO）、スルホラン等の硫黄化合物系溶媒、アセトニトリル、プロピオニトリル、アクリロニトリル等のニトリル系溶媒、ギ酸、トリフルオロ酢酸等の有機酸系溶媒のような各種有機溶媒、または、これらを含む混合溶媒等を用いることができる。

#### 【0040】

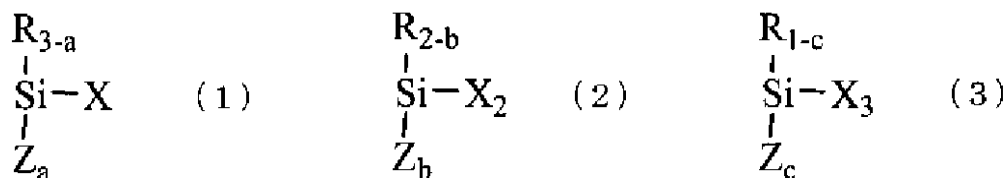
シリコーン材料は、液状材料35中に含まれ、次工程[3]において、この液状材料35を乾燥させることにより形成される接合膜3の主材料となるものである。

ここで、「シリコーン材料」とは、ポリオルガノシロキサン骨格を有する化合物であり、通常、主骨格（主鎖）部分が主としてオルガノシロキサン単位の繰り返しからなる化合物のことを言い、主鎖の途中から枝分かれする分枝状の構造を有するものであってもよく、主鎖が環状をなす環状体であってもよく、主鎖の末端同士が連結しない直鎖状のものであってもよい。

例えば、ポリオルガノシロキサン骨格を有する化合物において、オルガノシロキサン単位は、その末端部では下記一般式（1）で表わされる構造単位を有し、連結部では下記一般式（2）で表わされる構造単位を有し、また、分枝部では下記一般式（3）で表わされる構造単位を有している。

#### 【0041】

##### 【化1】



#### 【0042】

[式中、各Rは、それぞれ独立して、置換または無置換の炭化水素基を表し、各Zは、それぞれ独立して、水酸基または加水分解基を表し、Xはシロキサン残基を表し、aは0または1～3の整数を表し、bは0または1～2の整数を表し、cは0または1を表す。]

#### 【0043】

なお、シロキサン残基とは、酸素原子を介して隣接する構造単位が有するケイ素原子に結合しており、シロキサン結合を形成している置換基のことを表す。具体的には、-O-(Si)構造（Siは隣接する構造単位が有するケイ素原子）となっている。

このようなシリコーン材料において、ポリオルガノシロキサン骨格は、分枝状をなすもの、すなわち上記一般式（1）で表わされる構造単位、上記一般式（2）で表わされる構造単位および上記一般式（3）で表わされる構造単位で構成されているのが好ましい。この分枝状をなすポリオルガノシロキサン骨格を有する化合物（以下、「分枝状化合物」と略すこともある。）は、主骨格（主鎖）部分が主としてオルガノシロキサン単位の繰り返しからなる化合物であり、主鎖の途中でオルガノシロキサン単位の繰り返しが分枝するとともに、主鎖の末端同士が連結しないものである。

#### 【0044】

この分枝状化合物を用いることにより、次工程[3]において、液状材料35中に含まれるこの化合物の分枝鎖同士が互いに絡まり合うようにして接合膜3が形成されることから、得られる接合膜3は特に膜強度に優れたものとなる。

なお、上記一般式（1）～上記一般式（3）中、基R（置換または無置換の炭化水素基）としては、例えば、メチル基、エチル基、プロピル基等のアルキル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基等のシクロアルキル基、フェニル基、トリル基、ピフェニル基等のアリール基、ベンジル基、フェニルエチル基等のアラルキル基等が挙げられる。さらに

、これらの基の炭素原子に結合している水素原子の一部または全部が、Ⅰ)フッ素原子、塩素原子、臭素原子のようなハロゲン原子、Ⅱ)グリシドキシ基のようなエポキシ基ⅢⅣ)メタクリル基のような(メタ)アクリロイル基、Ⅳ)カルボキシル基、スルフォニル基のようなアニオン性基等で置換された基等が挙げられる。

【0045】

加水分解基としては、メトキシ基、エトキシ基、プロポキシ基、ブトキシ基等のアルコキシ基、ジメチルケトオキシム基、メチルエチルケトオキシム基等のケトオキシム基、アセトキシ基等のアシルオキシ基、イソプロペニルオキシ基、イソブテニルオキシ基等のアルケニルオキシ基等が挙げられる。

また、分枝状化合物は、その分子量が、 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^6$  程度のものであるのが好ましく、 $1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^6$  程度のものであるのがより好ましい。分子量をかける範囲内に設定することにより、液状材料35の粘度を上述したような範囲内に比較的容易に設定することができる。

【0046】

このような分枝状化合物は、シラノール基を有するものであるのが好ましい。すなわち、上記一般式(1)～上記一般式(3)で表わされる構造単位において、各基Zは水酸基であるのが好ましい。これにより、次工程[3]において、液状被膜30を乾燥させて接合膜3を得る際に、隣接する分枝状化合物が有するシラノール基に含まれる水酸基同士が結合することとなり、得られる接合膜3の膜強度が優れたものとなる。さらに、第1の基材21として、前述したように、その接合面(表面)23から水酸基が露出しているものを用いた場合には、分枝状化合物が備える水酸基と、第1の基材21が備える水酸基とが結合することから、分枝状化合物を物理的な結合ばかりでなく、化学的な結合によっても第1の基材21に結合させることができる。その結果、接合膜3は、第1の基材21の接合面23に対して、強固に結合したものとなる。

【0047】

また、シラノール基が有するシリコン原子に連結している炭化水素基は、フェニル基であるのが好ましい。すなわち、基Zが水酸基である上記一般式(1)～上記一般式(3)で表わされる構造単位に存在する基Rは、フェニル基であるのが好ましい。これにより、シラノール基の反応性がより向上するため、隣接する分枝状化合物が有する水酸基同士の結合がより円滑に行われるようになる。

【0048】

さらに、シラノール基が存在しないシリコン原子に連結している炭化水素基は、メチル基であるのが好ましい。すなわち、基Zが存在しない上記一般式(1)～上記一般式(3)で表わされる構造単位に存在する基Rは、メチル基であるのが好ましい。このように、基Zが存在しない上記一般式(1)～上記一般式(3)で表わされる構造単位に存在する基Rがメチル基である化合物は、比較的入手が容易で、かつ安価であるとともに、後工程[4]において、接合膜3にプラズマを接触させることにより、メチル基が容易に切断されて、その結果として、接合膜3に確実に接着性を発現させることができるため、分枝状化合物(シリコン材料)として好適に用いられる。

以上のことを考慮すると、分枝状化合物としては、例えば、下記一般式(4)で表わされる化合物が好適に用いられる。

【0049】

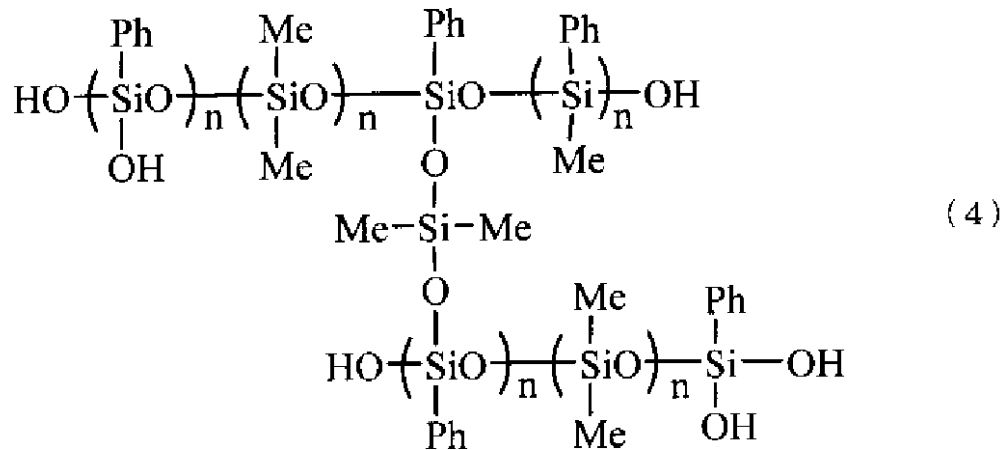
10

20

30

40

【化 2】



10

〔式中、 $n$  は、それぞれ独立して、0 または 1 以上の整数を表す。〕

【0050】

さらに、上述した分枝状化合物は、比較的柔軟性に富む材料である。そのため、後工程 [5] において、接合膜 3 を介して第 1 の基材 2 1 に第 2 の基材 2 2 を接合して接合体 1 を得る際に、例えば、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 との各構成材料が互いに異なるものを用いる場合であったとしても、各基材 2 1、2 2 間に生じる熱膨張に伴う応力を確実に緩和することができる。これにより、最終的に得られる接合体 1 において、剥離が生じるのを確実に防止することができる。

20

【0051】

また、分枝状化合物は、耐薬品性に優れているため、薬品類等に長期にわたって曝されるような部材の接合に際して効果的に用いることができる。具体的には、例えば、樹脂材料を浸食し易い有機系インクが用いられる工業用インクジェットプリンタの液滴吐出ヘッドを製造する際に、接合膜 3 を用いて接合すれば、その耐久性を確実に向上させることができる。また、分枝状化合物は、耐熱性にも優れていることから、高温下に曝されるような部材の接合に際しても効果的に用いることができる。

30

【0052】

[3] 次に、第 1 の基材 2 1 上に供給された液状材料 3 5、すなわち、液状被膜 3 0 を乾燥する。これにより、図 1 (c) に示すように、第 1 の基材 2 1 上に接合膜 3 が得られる。

液状被膜 3 0 を乾燥させる際の温度は、25 以上であるのが好ましく、25 ~ 100 程度であるのがより好ましい。

また、乾燥させる時間は、0.5 ~ 48 時間程度であるのが好ましく、15 ~ 30 時間程度であるのがより好ましい。

40

【0053】

かかる条件で液状被膜 3 0 を乾燥させることにより、次工程 [4] において、プラズマに接触させることにより接着性が好適に発現する接合膜 3 を確実に形成することができる。また、シリコン材料として前記工程 [2] で説明したようなシラノール基を有するものを用いた場合には、シリコン材料が有するシラノール基同士を、さらには、シリコン材料が有するシラノール基と第 1 の基材 2 1 が有する水酸基とを、確実に結合させることができるため、形成される接合膜 3 を膜強度に優れ、かつ第 1 の基材 2 1 に対して強固に結合したものとすることができる。

【0054】

さらに、乾燥させる際の雰囲気圧力は、大気圧であってもよいが、減圧であるのが好

50

ましい。具体的には、減圧の程度は、 $133.3 \times 10^{-5} \sim 1333 \text{ Pa}$  ( $1 \times 10^{-5} \sim 10 \text{ Torr}$ ) 程度であるのが好ましく、 $133.3 \times 10^{-4} \sim 1333.3 \text{ Pa}$  ( $1 \times 10^{-4} \sim 1 \text{ Torr}$ ) 程度であるのがより好ましい。これにより、接合膜 3 の膜密度が高まり、すなわち、接合膜 3 が緻密化して、接合膜 3 をより優れた膜強度を有するものとすることができる。

以上のように、接合膜 3 を形成する際の条件を適宜設定することにより、形成される接合膜 3 の膜強度等を所望のものとするすることができる。

#### 【0055】

接合膜 3 の平均厚さは、 $10 \sim 10000 \text{ nm}$  程度であるのが好ましく、 $3000 \sim 6000 \text{ nm}$  程度であるのがより好ましい。供給する液状材料 35 の量を適宜設定して、形成される接合膜 3 の平均厚さを前記範囲内とすることにより、第 1 の基材 21 と第 2 の基材 22 とを接合した接合体の寸法精度が著しく低下するのを防止しつつ、より強固に接合することができる。

すなわち、接合膜 3 の平均厚さが前記下限値を下回った場合は、接合膜 3 を介した第 1 の基材 21 と第 2 の基材 22 との接合に十分な接合強度が得られないおそれがある。一方、接合膜 3 の平均厚さが前記上限値を上回った場合は、接合体の寸法精度が著しく低下するおそれがある。

#### 【0056】

さらに、接合膜 3 の平均厚さにかかる範囲とすることにより、接合膜 3 がある程度弾性に富むものとなることから、後工程 [5] において、第 1 の基材 21 と第 2 の基材 22 とを接合する際に、接合膜 3 と接触させる第 2 の基材 22 の接合面 24 にパーティクル等が付着していても、このパーティクルを接合膜 3 で取り囲むようにして接合膜 3 と接合面 24 とが接合することとなる。そのため、このパーティクルが存在することによって、接合膜 3 と接合面 24 との界面における接合強度が低下したり、この界面において剥離が生じたりするのを的確に抑制または防止することができる。

また、本発明では、液状材料 35 を供給して接合膜 3 を形成する構成となっていることから、たとえ第 1 の基材 21 の接合面 23 に凹凸が存在している場合であっても、その凹凸の高さにもよるが、凹凸の形状を吸収するようにして接合膜 3 を形成することができる。その結果、接合膜 3 の表面 32 がほぼ平坦面を構成することとなる。

#### 【0057】

[4] 次に、接合面 23 に形成された接合膜 3 の表面 32 に対してプラズマを接触させる。

接合膜 3 にプラズマを接触させると、この接合膜 3 では、特に表面 32 付近の分子結合の一部が選択的に切断されることに起因して、表面 32 が活性化されて表面 32 付近に第 2 の基材 22 に対する接着性が発現する。

このような状態の第 1 の基材 21 は、第 2 の基材 22 と、化学的結合に基づいて強固に接合可能なものとなる。

#### 【0058】

なお、本明細書中において、表面 32 が「活性化された」状態とは、上述のように接合膜 3 の表面 32 の分子結合の一部、具体的には、例えば、ポリジメチルシロキサン骨格が備えるメチル基が切断されて、接合膜 3 を構成する原子が終端化されないで、未結合手（または、「ダングリングボンド」）が生じた状態の他、この未結合手を持っていた原子が、水酸基（OH 基）によって終端化された状態、さらに、これらの状態が混在した状態を含めて、接合膜 3 が「活性化された」状態と言うこととする。

ここで、従来のように、接合膜 3 の表面 32 の活性化のために、紫外線を用いた場合には、次のような問題がある。

#### 【0059】

A：接合膜 3 の表面 32 の活性化に長時間（例えば、1 分～数十分）を要する。また、紫外線照射を短時間にした場合、第 1 の基材 21 と第 2 の基材 22 とを接合する工程において、その接合に長時間（数十分以上）を要する。すなわち、接合体 1 を得るのに長時間

10

20

30

40

50

を要する。

B：また、紫外線を用いた場合、この紫外線は、接合膜3を厚さ方向に透過し易い。このため、基材（本実施形態では、第1の基材21）の構成材料（例えば、樹脂材料）等によっては、基材の接合膜3との界面（接触面）において劣化が生じ、接合膜3が基材から剥離し易くなる。

【0060】

さらに、紫外線3は、接合膜3の厚さ方向に透過する際に、接合膜3全体に作用し、その全体において、例えば、ポリジメチルシロキサン骨格が備えるメチル基が切断、除去される。すなわち、接合膜3中における有機成分の量が極端に低下し、その無機化が進行する。このため、有機成分の存在に起因する接合膜3の柔軟性が全体として低下し、得られる接合体1では、接合膜3の層内剥離が生じ易くなる。

10

【0061】

C：さらに、接合された接合体1を、第1の基材21を第2の基材22から剥離して、各基材21、22をそれぞれ分別してリサイクルや再利用に用いる場合、この操作は、接合体1に対して、剥離用エネルギーを付与することにより各基材21、22同士を剥離し得る。このとき、例えば、接合膜3中に残存するメチル基（有機成分）がポリジメチルシロキサン骨格から切断、除去され、切断された有機成分がガスとなる。このガス（ガス状の有機成分）は、接合膜3にへき乖を生じさせ、接合膜3が分割される。

【0062】

しかしながら、紫外線を照射した場合、前述のように、接合膜3全体の無機化が進行するため、剥離用エネルギーを付与した場合でも、ガスになる有機成分が極めて少なく、接合膜3にへき乖が生じ難い。

20

これに対して、本発明では、接合膜3の表面32の活性化にプラズマが用いられる。プラズマを用いることにより、接合膜3の表面32付近において、選択的に、この接合膜3を構成する材料の分子結合の一部、例えば、ポリジメチルシロキサン骨格が備えるメチル基が切断される。

【0063】

なお、このプラズマによる分子結合の切断は、プラズマの荷電に基づく化学的な作用のみならず、プラズマのペニング効果に基づく物理的な作用によって引き起こされるため、極めて短時間で生じる。したがって、接合膜3を、極めて短時間（例えば、数秒程度）で活性化させることが可能であり、結果として、接合体1を短時間で製造することができる。

30

また、プラズマは、接合膜3の表面32に選択的に作用し、その内部にまで影響を及ぼし難い。このため、分子結合の切断は、接合膜3の表面32付近で選択的に生じる。すなわち、接合膜3は、その表面32付近で選択的に活性化される。しかがって、紫外線を用いて接合膜3を活性化させる場合の不都合（前述したようなBおよびCの不都合）が生じ難い。

【0064】

このように、接合膜3の活性化にプラズマを用いることにより、接合体1において、接合膜3の層内剥離が生じ難く、第1の基材21を第2の基材22から剥離する場合には、この剥離操作を確実に行うことができる。

40

また、紫外線照射により接合膜3を活性化させる場合、照射する紫外線の強度に依存する接合膜3の活性化の程度の変化が極めて大きい。このため、第1の基材21と第2の基材22との接合に適した程度に接合膜3を活性化させるのには、紫外線照射の厳密な条件管理が必要である。また、厳密な管理をしない場合、得られる接合体1間における、第1の基材21と第2の基材22との接合強度のバラつきが生じる。

【0065】

これに対して、プラズマにより接合膜3を活性化させる場合、接触させるプラズマの濃度に依存する接合膜3の活性化の程度の変化は穏やかである。したがって、第1の基材21と第2の基材22との接合に適した程度に接合膜3を活性化させるのに、プラズマを発

50

生させる条件を厳密に管理する必要がない。換言すれば、接合膜 3 の活性化にプラズマを用いる場合、接合体 1 の製造条件の許容範囲が広い。また、厳密な管理をしなくとも、得られる接合体 1 間において、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 との接合強度のバラつきが生じ難い。

#### 【 0 0 6 6 】

さらに、紫外線照射により接合膜 3 を活性化させる場合、接合膜 3 の活性化すなわち接合膜 3 中の有機物の脱離に伴って、接合膜 3 自体が収縮（特に、膜厚の低下）するという問題がある。接合膜 3 が収縮した場合、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とを高い接合強度で接合することが困難となる。

これに対して、プラズマにより接合膜 3 を活性化させる場合、前述したように、接合膜 3 の表面付近が選択的に活性化されるため、接合膜 3 の収縮はないか極めて少ない。したがって、接合膜 3 を比較的薄く形成した場合であっても、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とを高い接合強度で接合することができる。また、この場合、高い寸法精度の接合体 1 を得ることができるとともに、接合体 1 の薄型化を図ることも可能である。

#### 【 0 0 6 7 】

以上のように、プラズマにより接合膜 3 を活性化させる場合には、紫外線により接合膜 3 を活性化させる場合に比べて、多くのメリットがある。

接合膜 3 に対するプラズマの接触は、減圧下で行うようにしてもよいが、大気圧下において行うのが好ましい。すなわち、接合膜 3 を大気圧プラズマで処理するのが好ましい。大気圧プラズマ処理によれば、接合膜 3 の周囲が減圧状態とならないので、プラズマの作用により、例えば、ポリジメチルシロキサン骨格が備えるメチル基を切断、除去する際（接合膜 3 の活性化の際）に、この切断が不要に進行するのを防止することができる。

かかる大気圧下におけるプラズマ処理は、例えば、図 3 に示す大気圧プラズマ処理装置を用いて行うことができる。

#### 【 0 0 6 8 】

図 3 は、大気圧プラズマ装置の構成を示す概略図である。

図 3 に示す大気圧プラズマ装置 1 0 0 0 は、接合膜 3 が形成された第 1 の基材 2 1（以下、単に「被処理基板 W」と言う。）を搬送する搬送装置 1 0 0 2 と、搬送装置 1 0 0 2 の上方に設置されたヘッド 1 0 1 0 とを備えている。

この大気圧プラズマ装置 1 0 0 0 では、ヘッド 1 0 1 0 が備える印加電極 1 0 1 5 と対向電極 1 0 1 9 との間に、プラズマが発生するプラズマ発生領域 P が形成される。

以下、各部の構成について説明する。

#### 【 0 0 6 9 】

搬送装置 1 0 0 2 は、被処理基板 W を積載可能な移動ステージ 1 0 2 0 を有している。この移動ステージ 1 0 2 0 は、搬送装置 1 0 0 2 が有する移動手段（図示せず）の作動により、x 軸方向に移動することができる。

なお、移動ステージ 1 0 2 0 は、例えば、ステンレス鋼、アルミニウム等の金属材料で構成されている。

ヘッド 1 0 1 0 は、ヘッド本体 1 1 0 1 と、印加電極 1 0 1 5 と、対向電極 1 0 1 9 とを有している。

#### 【 0 0 7 0 】

ヘッド 1 0 1 0 には、移動ステージ 1 0 2 0（搬送装置 1 0 0 2）の上面とヘッド 1 0 1 0 の下面 1 1 0 3 との間隙 1 1 0 2 に、プラズマ化された処理ガス G を供給するガス供給流路 1 0 1 8 が設けられている。

ガス供給流路 1 0 1 8 は、ヘッド 1 0 1 0 の下面 1 1 0 3 に形成された開口部 1 1 8 1 で開口している。また、図 3 に示すように、下面 1 1 0 3 の左側には、段差が形成されている。これにより、ヘッド本体 1 1 0 1 の左側部分と移動ステージ 1 0 2 0 との間隙 1 1 0 4 が、間隙 1 1 0 2 よりも小さく（狭く）なっている。このため、プラズマ化された処理ガス G が間隙 1 1 0 4 に入り込むのを抑制または防止されて、x 軸正方向に優先的に流れるようになっている。

10

20

30

40

50

## 【0071】

なお、ヘッド本体1101は、例えば、アルミナ、石英等の誘電体材料で構成されている。

ヘッド本体1101には、ガス供給流路1018を挟むように、印加電極1015と対向電極1019とが対抗して設置され、これにより一对の平行平板型電極が構成されている。これらのうち、印加電極1015は高周波電源1017に電氣的に接続され、対向電極1019は接地されている。

これら印加電極1015および対向電極1019は、例えば、ステンレス鋼、アルミニウム等の金属材料で構成されている。

## 【0072】

このような大気圧プラズマ装置1000を用いて、被処理基板Wをプラズマ処理する場合、まず、印加電極1015と対向電極1019との間に電圧を印加して、電界Eを発生させる。この状態で、ガス供給流路1018に、処理ガスGを流入させる。このとき、ガス供給路1018に流入した処理ガスGは、電界Eの作用により放電してプラズマ化される。このプラズマ化された処理ガスGは、下面1103側の開口部1181から、間隙1102内に供給される。これにより、プラズマ化された処理ガスGが被処理基板Wに設けられた接合膜3の表面32に接触して、プラズマ処理が施される。

かかる大気圧プラズマ装置1000を用いることにより、容易かつ確実に、接合膜3にプラズマを接触させ、接合膜3を活性化させることができる。

## 【0073】

ここで、印加電極1015と移動ステージ1020（被処理基板W）と間の距離、すなわち、間隙1102高さ（図3中、h1で示す長さ）は、高周波電源1017の出力や、被処理基板Wに施すプラズマ処理の種類等を考慮して適宜決定されるが、0.5～10mm程度であるのが好ましく、0.5～2mm程度であるのがより好ましい。これにより、接合膜3にプラズマを接触させて、接合膜3をより確実に活性化させることができる。

## 【0074】

また、印加電極1015と対向電極1019との間に印加する電圧は、1.0～3.0kVp-p程度であるのが好ましく、1.0～1.5kVp-p程度であるのがより好ましい。これにより、印加電極1015と移動ステージ1020と間に電界Eをより確実に発生させることができ、ガス供給路1018に供給された処理ガスGを確実にプラズマ化させることができる。

## 【0075】

高周波電源1017の周波数（印加する電圧の周波数）は、特に限定されないが、10～50MHz程度であるのが好ましく、10～40MHz程度であるのが好ましい。

処理ガスGの種類としては、特に限定されないが、例えば、ヘリウムガス、アルゴンガスのような希ガス、酸素ガス等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を組み合わせ用いることができる。中でも、処理ガスGには、希ガスを主成分とするガスを用いるのが好ましく、特にヘリウムガスを主成分とするガスを用いるのが好ましい。

## 【0076】

すなわち、処理に用いるプラズマは、ヘリウムガスを主成分とするガスをプラズマ化したものであるのが好ましい。ヘリウムガスを主成分とするガス（処理ガスG）は、プラズマ化の際にオゾンが発生させ難く、このため、接合膜3の表面32のオゾンによる変質（酸化）を防止することができる。その結果、接合膜3の活性化の程度が低下するのを抑制すること、すなわち、接合膜3を確実に活性化させることができる。さらに、ヘリウムガスのプラズマは、前述したペニング効果が極めて高く、接合膜3の活性化を短時間でかつ確実にを行うことができる観点からも好ましい。

## 【0077】

この場合、ヘリウムガスを主成分とするガスのガス供給路1018への供給速度は、1～20SLM程度であるのが好ましく、5～15SLM程度であるのがより好ましい。これにより、接合膜3の活性化の程度を制御し易くなる。

10

20

30

40

50



また、このガス（処理ガスG）中のヘリウムガスの含有量は、85 vol %以上が好ましく、90 vol %以上（100 %も含む）がより好ましい。これにより、前述した効果をさらに顕著に発揮させることができる。

また、移動ステージ1020の移動速度は、特に限定されないが、1～20 mm / 秒程度であるのが好ましく、3～6 mm / 秒程度であるのがより好ましい。このような速度でプラズマを接合膜3に接触させることにより、短時間であるにもかかわらず、接合膜3を十分かつ確実に活性化させることができる。

#### 【0078】

[5]次に、接合膜3と第2の基材22とが密着するように、第1の基材21と第2の基材22とを重ね合わせる（図2（e）参照）。これにより、前記工程[4]において、接合膜3の表面32に第2の基材22に対する接着性が発現していることから、接合膜3と第2の基材22の接合面24とが化学的に結合する。その結果、第1の基材21と第2の基材22とが接合膜3を介して接合され、図2（f）に示すような接合体1が得られる。

このような接合方法によれば、高温（例えば、700 以上）での熱処理を必要としないことから、耐熱性の低い材料で構成された第1の基材21および第2の基材22をも、接合に供することができる。

#### 【0079】

また、接合膜3を介して第1の基材21と第2の基材22とを接合しているため、各基材21、22の構成材料に制約がないという利点もある。

以上のことから、本発明によれば、第1の基材21および第2の基材22の各構成材料の選択の幅をそれぞれ広げることができる。

また、第1の基材21の熱膨張率と第2の基材22の熱膨張率が互いに異なっている場合には、できるだけ低温下で接合を行うのが好ましい。接合を低温下で行うことにより、接合界面に発生する熱応力のさらなる低減を図ることができる。

#### 【0080】

具体的には、第1の基材21と第2の基材22との熱膨張率の差にもよるが、第1の基材21および第2の基材22の温度が25～50 程度である状態下で、第1の基材21と第2の基材22とを貼り合わせるのが好ましく、25～40 程度である状態下で貼り合わせるのがより好ましい。このような温度範囲であれば、第1の基材21と第2の基材22との熱膨張率の差がある程度大きくても、接合界面に発生する熱応力を十分に低減することができる。その結果、接合体1における反りや剥離等の発生を確実に抑制または防止することができる。

#### 【0081】

また、この場合、具体的な第1の基材21と第2の基材22との間の熱膨張係数の差が、 $5 \times 10^{-5} / K$ 以上あるような場合には、上記のようにして、できるだけ低温下で接合を行うことが特に推奨される。

ここで、本工程において、第1の基材21と第2の基材22とを接合するメカニズムについて説明する。

#### 【0082】

例えば、第2の基材22の接合面24に水酸基が露出している場合を例に説明すると、本工程において、第1の基材21に形成された接合膜3と、第2の基材22の接合面24とが接触するように、これらを重ね合わせたとき、接合膜3の表面32に存在する水酸基と、第2の基材22の接合面24に存在する水酸基とが、水素結合によって互いに引き合い、水酸基同士の間引力が発生する。この引力によって、第1の基材21と第2の基材22とが接合されると推察される。

また、この水素結合によって互いに引き合う水酸基同士は、温度条件等によって、脱水縮合を伴って表面から切断される。その結果、第1の基材21と第2の基材22との接触界面では、水酸基が結合していた結合手同士が結合する。これにより、第1の基材21と第2の基材22とがより強固に接合されると推察される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 3 】

また、第 1 の基材 2 1 の接合膜 3 の表面や内部、および、第 2 の基材 2 2 の接合面 2 4 や内部に、それぞれ終端化されていない結合手すなわち未結合手（ダングリングボンド）が存在している場合、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とを貼り合わせた時、これらの未結合手同士が再結合する。この再結合は、互いに重なり合う（絡み合う）ように複雑に生じることから、接合界面にネットワーク状の結合が形成されることとなる。これにより、接合膜 3 と第 2 の基材 2 2 とが特に強固に接合される。

## 【 0 0 8 4 】

なお、前記工程 [ 4 ] で活性化された接合膜 3 の表面は、その活性状態が経時的に緩和してしまう。このため、前記工程 [ 4 ] の終了後、できるだけ早く本工程 [ 5 ] を行うようにするのが好ましい。具体的には、前記工程 [ 4 ] の終了後、60 分以内に本工程 [ 5 ] を行うようにするのが好ましく、5 分以内に行うのがより好ましい。かかる時間内であれば、接合膜 3 の表面が十分な活性状態を維持しているので、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とを貼り合わせたとき、これらの間に十分な接合強度を得ることができる。

10

## 【 0 0 8 5 】

換言すれば、活性化させる前の接合膜 3 は、シリコン材料を乾燥させて得られた接合膜であるため、化学的に比較的安定であり、耐候性に優れている。このため、活性化させる前の接合膜 3 は、長期にわたる保存に適したものとなる。したがって、そのような接合膜 3 を備えた第 1 の基材 2 1 を多量に製造または購入して保存しておき、本工程の貼り合わせを行う直前に、必要な個数のみに前記工程 [ 4 ] に記載したエネルギーの付与を行うようにすれば、接合体 1 の製造効率の観点から有効である。

20

以上のようにして、図 4 ( f ) に示す接合体（本発明の接合体）1 を得ることができる。

## 【 0 0 8 6 】

このようにして得られた接合体 1 は、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 との間の接合強度が  $5 \text{ MPa}$  (  $50 \text{ kgf} / \text{cm}^2$  ) 以上であるのが好ましく、 $10 \text{ MPa}$  (  $100 \text{ kgf} / \text{cm}^2$  ) 以上であるのがより好ましい。このような接合強度を有する接合体 1 は、その剥離を十分に防止し得るものとなる。また、本発明の接合方法によれば、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とが上記のような大きな接合強度で接合された接合体 1 を効率よく作製することができる。

30

なお、接合体 1 を得る際、または、接合体 1 を得た後に、この接合体 1 に対して、必要に応じ、以下の 2 つの工程（[ 6 A ] および [ 6 B ] ）のうちの少なくとも 1 つの工程（接合体 1 の接合強度を高める工程）を行うようにしてもよい。これにより、接合体 1 の接合強度のさらなる向上を容易に図ることができる。

## 【 0 0 8 7 】

[ 6 A ] 図 2 ( g ) に示すように、得られた接合体 1 を、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とが互いに近づく方向に加圧する。

これにより、第 1 の基材 2 1 の表面および第 2 の基材 2 2 の表面に、それぞれ接合膜 3 の表面がより近接し、接合体 1 における接合強度をより高めることができる。

また、接合体 1 を加圧することにより、接合体 1 中の接合界面に残存していた隙間を押し潰して、接合面積をさらに広げることができる。これにより、接合体 1 における接合強度をさらに高めることができる。

40

## 【 0 0 8 8 】

なお、この圧力は、第 1 の基材 2 1 および第 2 の基材 2 2 の各構成材料や各厚さ、接合装置等の条件に応じて、適宜調整すればよい。具体的には、第 1 の基材 2 1 および第 2 の基材 2 2 の各構成材料や各厚さ等に応じて若干異なるものの、 $5 \sim 60 \text{ MPa}$  程度であるのが好ましく、 $20 \sim 50 \text{ MPa}$  程度であるのがより好ましい。これにより、接合体 1 の接合強度を確実に高めることができる。なお、この圧力が前記上限値を上回っても構わないが、第 1 の基材 2 1 および第 2 の基材 2 2 の各構成材料によっては、各基材 2 1、2 2 に損傷等が生じるおそれがある。

50

また、加圧する時間は、特に限定されないが、１０秒～３０分程度であるのが好ましい。なお、加圧する時間は、加圧する際の圧力に応じて適宜変更すればよい。具体的には、接合体１を加圧する際の圧力が高いほど、加圧する時間を短くしても、接合強度の向上を図ることができる。

【００８９】

[６Ｂ] 図２（ｇ）に示すように、得られた接合体１を加熱する。

これにより、接合体１における接合強度をより高めることができる。

このとき、接合体１を加熱する際の温度は、室温より高く、接合体１の耐熱温度未満であれば、特に限定されないが、好ましくは２５～１００程度とされ、より好ましくは５０～１００程度とされる。かかる範囲の温度で加熱すれば、接合体１が熱によって変質・劣化するのを確実に防止しつつ、接合強度を確実に高めることができる。

【００９０】

また、加熱時間は、特に限定されないが、１～３０分程度であるのが好ましい。

また、前記工程[６Ａ]および[６Ｂ]の双方を行う場合、これらを同時に行うのが好ましい。すなわち、図２（ｇ）に示すように、接合体１を加圧しつつ、加熱するのが好ましい。これにより、加圧による効果と、加熱による効果とが相乗的に発揮され、接合体１の接合強度を特に高めることができる。

以上のような工程を行うことにより、接合体１における接合強度のさらなる向上を容易に図ることができる。

【００９１】

<<第２実施形態>>

次に、本発明の接合方法の第２実施形態について説明する。

図４は、本発明の接合方法の第２実施形態を説明するための図（縦断面図）である。なお、以下の説明では、図４中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

以下、接合方法の第２実施形態について説明するが、前記第１実施形態にかかる接合方法との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【００９２】

本実施形態にかかる接合方法は、第１の基材２１の接合面（表面）２３に接合膜３が形成されている他に、さらに第２の基材２２の接合面（表面）２４にも接合膜３が形成されている。そして、それぞれの基材２１、２２が備える接合膜３の表面３２付近に接着性を発現させ、これら接合膜３同士を接触させることにより、第１の基材２１と第２の基材２２とを接合させて、接合体１を得た以外は前記第１実施形態と同様である。

すなわち、本実施形態の接合方法は、第１の基材２１上および第２の基材２２上の双方に接合膜３を形成して、これら接合膜３同士を一体化させることにより、第１の基材２１と第２の基材２２とを接合する接合方法である。

【００９３】

[１’] まず、前記工程[１]と同様の第１の基材２１と第２の基材２２とを用意する。

[２’] 次に、前記工程[２]および前記工程[３]で説明したのと同様にして、第１の基材２１の接合面２３に接合膜３を形成するとともに、第２の基材２２の接合面２４にも接合膜３を形成する。

[３’] 次に、前記工程[４]で説明したのと同様にして、第１の基材２１に形成された接合膜３と、第２の基材２２に形成された接合膜３の双方にプラズマを接触させることにより、各接合膜３の表面３２付近に接着性を発現させる。

【００９４】

[４’] 次に、図４（ａ）に示すように、各基材２１、２２が備える接着性が発現した接合膜３同士を、それぞれが密着するように、各基材２１、２２同士を貼り合わせる。これにより、双方の基材２１、２２に形成された接合膜３により、基材２１、２２同士が接合され、図４（ｂ）に示すような接合体１が得られる。

以上のようにして接合体１を得ることができる。

なお、接合体 1 を得た後、この接合体 1 に対して、必要に応じ、前記第 1 実施形態の工程 [ 6 A ] および [ 6 B ] のうちの少なくとも 1 つの工程を行うようにしてもよい。

【 0 0 9 5 】

例えば、図 4 ( c ) に示すように、接合体 1 を加圧しつつ、加熱することにより、接合体 1 の各基材 2 1、2 2 同士がより近接する。これにより、各接合膜 3 の界面における水酸基の脱水縮合や未結合手同士の再結合が促進される。その結果、接合膜 3 の一体化がより進行し、最終的には、ほぼ完全に一体化される。

なお、前記第 1 および第 2 実施形態では、接合膜 3 を第 1 の基材 2 1 および第 2 の基材 2 2 の一方または双方の全面に形成する場合について説明したが、本発明では、接合膜 3 は、第 1 の基材 2 1 および第 2 の基材 2 2 の一方または双方の表面の一部の領域に選択的に形成するようにしてもよい。

【 0 0 9 6 】

この場合、接合膜 3 を形成する領域の大きさを適宜設定することのみで、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とが接合される領域を簡単に選択することができる。これにより、例えば、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とが接合する接合膜 3 の面積や形状を制御して、接合体 1 の接合強度を容易に調整することができる。その結果、例えば、接合膜 3 を容易に剥離可能な接合体 1 が得られる。

【 0 0 9 7 】

すなわち、接合体 1 の接合強度を調整可能であると同時に、接合体 1 を分離する際の強度 ( 割裂強度 ) を調整可能である。

かかる観点から、容易に分離可能な接合体 1 を作製する場合には、接合体 1 の接合強度は、人の手で容易に分離可能な程度の大きさであるのが好ましい。これにより、接合体 1 を分離する際、装置等を用いることなく、簡単に行うことができる。

また、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 とが接合する接合膜 3 の面積や形状を適宜設定することにより、接合膜 3 に生じる応力の局所集中を緩和することができる。これにより、例えば、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 との間で熱膨張率差が大きい場合でも、各基材 2 1、2 2 を確実に接合することができる。

【 0 0 9 8 】

さらに、この場合、接合膜 3 を形成しない領域 ( 非膜形成領域 ) 4 2 では、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 との間に、接合膜 3 の厚さに相当する距離 ( 高さ ) の空間が形成される。この空間を活かすため、接合膜 3 を形成する領域 ( 膜形成領域 ) の形状を適宜調整することにより、第 1 の基材 2 1 と第 2 の基材 2 2 との間に、閉空間や流路を形成したりすることができる。

【 0 0 9 9 】

また、接合膜 3 にプラズマを接触させるのに先立って、接合膜 3 を構成するシリコン材料同士を架橋する架橋処理を、接合膜 3 に対して行うようにしてもよい。この場合、接合膜 3 の耐薬品性 ( 耐溶剤性 ) を向上させることができる。

かかる接合膜 3 は、有機溶剤を含む組成物を収納する製品を構成する部材同士を接合する場合に好適に使用することができる。このような製品としては、以下に説明するようなインクジェット式記録ヘッド ( 液滴吐出ヘッド ) 等が挙げられる。

また、架橋処理には、例えば、加熱処理、触媒導入処理等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができる。

【 0 1 0 0 】

< 液滴吐出ヘッド >

次に、本発明の接合体をインクジェット式記録ヘッドに適用した場合の実施形態について説明する。

図 5 は、本発明の接合体を適用して得られたインクジェット式記録ヘッド ( 液滴吐出ヘッド ) を示す分解斜視図、図 6 は、図 5 に示すインクジェット式記録ヘッドの主要部の構成を示す断面図、図 7 は、図 5 に示すインクジェット式記録ヘッドを備えるインクジェットプリンタの実施形態を示す概略図である。なお、図 5 は、通常使用される状態とは、上

10

20

30

40

50

下逆に示されている。

【0101】

図5に示すインクジェット式記録ヘッド10は、図7に示すようなインクジェットプリンタ9に搭載されている。

図7に示すインクジェットプリンタ9は、装置本体92を備えており、上部後方に記録用紙Pを設置するトレイ921と、下部前方に記録用紙Pを排出する排紙口922と、上部面に操作パネル97とが設けられている。

【0102】

操作パネル97は、例えば、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、LEDランプ等で構成され、エラーメッセージ等を表示する表示部（図示せず）と、各種スイッチ等で構成される操作部（図示せず）とを備えている。

また、装置本体92の内部には、主に、往復動するヘッドユニット93を備える印刷装置（印刷手段）94と、記録用紙Pを1枚ずつ印刷装置94に送り込む給紙装置（給紙手段）95と、印刷装置94および給紙装置95を制御する制御部（制御手段）96とを有している。

【0103】

制御部96の制御により、給紙装置95は、記録用紙Pを一枚ずつ間欠送りする。この記録用紙Pは、ヘッドユニット93の下部近傍を通過する。このとき、ヘッドユニット93が記録用紙Pの送り方向とほぼ直交する方向に往復移動して、記録用紙Pへの印刷が行なわれる。すなわち、ヘッドユニット93の往復動と記録用紙Pの間欠送りとが、印刷における主走査および副走査となって、インクジェット方式の印刷が行なわれる。

【0104】

印刷装置94は、ヘッドユニット93と、ヘッドユニット93の駆動源となるキャリッジモータ941と、キャリッジモータ941の回転を受けて、ヘッドユニット93を往復動させる往復動機構942とを備えている。

ヘッドユニット93は、その下部に、多数のノズル孔111を備えるインクジェット式記録ヘッド10（以下、単に「ヘッド10」と言う。）と、ヘッド10にインクを供給するインクカートリッジ931と、ヘッド10およびインクカートリッジ931を搭載したキャリッジ932とを有している。

なお、インクカートリッジ931として、イエロー、シアン、マゼンタ、ブラック（黒）の4色のインクを充填したものをを用いることにより、フルカラー印刷が可能となる。

【0105】

往復動機構942は、その両端をフレーム（図示せず）に支持されたキャリッジガイド軸944と、キャリッジガイド軸944と平行に延在するタイミングベルト943とを有している。

キャリッジ932は、キャリッジガイド軸944に往復動自在に支持されるとともに、タイミングベルト943の一部に固定されている。

キャリッジモータ941の作動により、プーリを介してタイミングベルト943を正逆走行させると、キャリッジガイド軸944に案内されて、ヘッドユニット93が往復動する。そして、この往復動の際に、ヘッド10から適宜インクが吐出され、記録用紙Pへの印刷が行われる。

【0106】

給紙装置95は、その駆動源となる給紙モータ951と、給紙モータ951の作動により回転する給紙ローラ952とを有している。

給紙ローラ952は、記録用紙Pの送り経路（記録用紙P）を挟んで上下に対向する従動ローラ952aと駆動ローラ952bとで構成され、駆動ローラ952bは給紙モータ951に連結されている。これにより、給紙ローラ952は、トレイ921に設置した多数枚の記録用紙Pを、印刷装置94に向かって1枚ずつ送り込めるようになっている。なお、トレイ921に代えて、記録用紙Pを収容する給紙カセットを着脱自在に装着し得るような構成であってもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 0 7 】

制御部 9 6 は、例えばパーソナルコンピュータやデジタルカメラ等のホストコンピュータから入力された印刷データに基づいて、印刷装置 9 4 や給紙装置 9 5 等を制御することにより印刷を行うものである。

制御部 9 6 は、いずれも図示しないが、主に、各部を制御する制御プログラム等を記憶するメモリ、圧電素子（振動源）1 4 を駆動して、インクの吐出タイミングを制御する圧電素子駆動回路、印刷装置 9 4（キャリッジモータ 9 4 1）を駆動する駆動回路、給紙装置 9 5（給紙モータ 9 5 1）を駆動する駆動回路、および、ホストコンピュータからの印刷データを入手する通信回路と、これらに電氣的に接続され、各部での各種制御を行う CPU とを備えている。

10

## 【 0 1 0 8 】

また、CPU には、例えば、インクカートリッジ 9 3 1 のインク残量、ヘッドユニット 9 3 の位置等を検出可能な各種センサ等が、それぞれ電氣的に接続されている。

制御部 9 6 は、通信回路を介して、印刷データを入手してメモリに格納する。CPU は、この印刷データを処理して、この処理データおよび各種センサからの入力データに基づいて、各駆動回路に駆動信号を出力する。この駆動信号により圧電素子 1 4、印刷装置 9 4 および給紙装置 9 5 は、それぞれ作動する。これにより、記録用紙 P に印刷が行われる。

以下、ヘッド 1 0 について、図 5 および図 6 を参照しつつ詳述する。

## 【 0 1 0 9 】

20

ヘッド 1 0 は、ノズル板 1 1 と、インク室基板 1 2 と、振動板 1 3 と、振動板 1 3 に接合された圧電素子（振動源）1 4 とを備えるヘッド本体 1 7 と、このヘッド本体 1 7 を収納する基体 1 6 とを有している。なお、このヘッド 1 0 は、オンデマンド形のピエゾジェット式ヘッドを構成する。

ノズル板 1 1 は、例えば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、石英ガラスのようなシリコン系材料、Al、Fe、Ni、Cu またはこれらを含む合金のような金属系材料、アルミナ、酸化鉄のような氧化物系材料、カーボンブラック、グラファイトのような炭素系材料等で構成されている。

## 【 0 1 1 0 】

30

このノズル板 1 1 には、インク滴を吐出するための多数のノズル孔 1 1 1 が形成されている。これらのノズル孔 1 1 1 間のピッチは、印刷精度に応じて適宜設定される。

ノズル板 1 1 には、インク室基板 1 2 が固着（固定）されている。

このインク室基板 1 2 は、ノズル板 1 1、側壁（隔壁）1 2 2 および後述する振動板 1 3 により、複数のインク室（キャピティ、圧力室）1 2 1 と、インクカートリッジ 9 3 1 から供給されるインクを貯留するリザーバ室 1 2 3 と、リザーバ室 1 2 3 から各インク室 1 2 1 に、それぞれインクを供給する供給口 1 2 4 とが区画形成されている。

## 【 0 1 1 1 】

40

各インク室 1 2 1 は、それぞれ短冊状（直方体状）に形成され、各ノズル孔 1 1 1 に対応して配設されている。各インク室 1 2 1 は、後述する振動板 1 3 の振動により容積可変であり、この容積変化により、インクを吐出するよう構成されている。

インク室基板 1 2 を得るための母材としては、例えば、シリコン単結晶基板、各種ガラス基板、各種樹脂基板等を用いることができる。これらの基板は、いずれも汎用的な基板であるので、これらの基板を用いることにより、ヘッド 1 0 の製造コストを低減することができる。

## 【 0 1 1 2 】

一方、インク室基板 1 2 のノズル板 1 1 と反対側には、振動板 1 3 が接合され、さらに振動板 1 3 のインク室基板 1 2 と反対側には、複数の圧電素子 1 4 が設けられている。

また、振動板 1 3 の所定位置には、振動板 1 3 の厚さ方向に貫通して連通孔 1 3 1 が形成されている。この連通孔 1 3 1 を介して、前述したインクカートリッジ 9 3 1 からリザーバ室 1 2 3 に、インクが供給可能となっている。

50

## 【 0 1 1 3 】

各圧電素子 1 4 は、それぞれ、下部電極 1 4 2 と上部電極 1 4 1 との間に圧電体層 1 4 3 を介挿してなり、各インク室 1 2 1 のほぼ中央部に対応して配設されている。各圧電素子 1 4 は、圧電素子駆動回路に電氣的に接続され、圧電素子駆動回路の信号に基づいて作動（振動、変形）するよう構成されている。

各圧電素子 1 4 は、それぞれ、振動源として機能し、振動板 1 3 は、圧電素子 1 4 の振動により振動し、インク室 1 2 1 の内部圧力を瞬間的に高めるよう機能する。

## 【 0 1 1 4 】

基体 1 6 は、例えば各種樹脂材料、各種金属材料等で構成されており、この基体 1 6 にノズル板 1 1 が固定、支持されている。すなわち、基体 1 6 が備える凹部 1 6 1 に、ヘッド本体 1 7 を収納した状態で、凹部 1 6 1 の外周部に形成された段差 1 6 2 によりノズル板 1 1 の縁部を支持する。

以上のような、ノズル板（ノズルプレート）1 1 とインク室基板 1 2 との接合、インク室基板 1 2 と振動板 1 3 との接合、およびノズル板 1 1 と基体 1 6 との接合のうち、少なくとも 1 箇所を接合する際に本発明の接合方法が用いられる。

換言すれば、ノズル板 1 1 とインク室基板 1 2 との接合体、インク室基板 1 2 と振動板 1 3 との接合体、およびノズル板 1 1 と基体 1 6 との接合体のうち、少なくとも 1 箇所に本発明の接合体が適用されている。

## 【 0 1 1 5 】

このようなヘッド 1 0 は、上記の接合界面に前述したような接合膜 3 が介挿されて接合されている。このため、接合界面の接合強度および耐薬品性が高くなっており、これにより、各インク室 1 2 1 に貯留されたインクに対する耐久性および液密性が高くなっている。その結果、ヘッド 1 0 は、信頼性の高いものとなる。

また、非常に低温で信頼性の高い接合ができるため、線膨張係数の異なる材料でも大面積のヘッドができる点でも有利である。

## 【 0 1 1 6 】

また、ヘッド 1 0 の一部に本発明の接合体が適用されていると、寸法精度の高いヘッド 1 0 を構築することができる。このため、ヘッド 1 0 から吐出されたインク滴の吐出方向や、ヘッド 1 0 と記録用紙 P との離間距離を高度に制御することができ、インクジェットプリンタ 9 による印字結果の品位を高めることができる。

また、液滴吐出法を用いて液状材料を供給する位置を任意に設定し得ることから、各接合体における接合部の面積や、その配置を適宜制御して、各接合体の接合界面に生じる応力の局所集中を緩和できる。これにより、例えば、ノズル板 1 1 とインク室基板 1 2 との間、インク室基板 1 2 と振動板 1 3 との間、および、ノズル板 1 1 と基体 1 6 との間で、それぞれ両者の熱膨張率差が大きい場合でも、両者の部材を確実に接合することができる。

## 【 0 1 1 7 】

さらに、接合界面に生じる応力の局所集中を緩和することにより、接合体の剥離や変形（反り）等を確実に防止することができる。これにより、信頼性の高いヘッド 1 0 およびインクジェットプリンタ 9 が得られる。

このようなヘッド 1 0 は、圧電素子駆動回路を介して所定の吐出信号が入力されていない状態、すなわち、圧電素子 1 4 の下部電極 1 4 2 と上部電極 1 4 1 との間に電圧が印加されていない状態では、圧電体層 1 4 3 に変形が生じない。このため、振動板 1 3 にも変形が生じず、インク室 1 2 1 には容積変化が生じない。したがって、ノズル孔 1 1 1 からインク滴は吐出されない。

## 【 0 1 1 8 】

一方、圧電素子駆動回路を介して所定の吐出信号が入力された状態、すなわち、圧電素子 1 4 の下部電極 1 4 2 と上部電極 1 4 1 との間に一定電圧が印加された状態では、圧電体層 1 4 3 に変形が生じる。これにより、振動板 1 3 が大きくたわみ、インク室 1 2 1 の容積変化が生じる。このとき、インク室 1 2 1 内の圧力が瞬間的に高まり、ノズル孔 1 1

10

20

30

40

50

1 からインク滴が吐出される。

1 回のインクの吐出が終了すると、圧電素子駆動回路は、下部電極 1 4 2 と上部電極 1 4 1 との間への電圧の印加を停止する。これにより、圧電素子 1 4 は、ほぼ元の形状に戻り、インク室 1 2 1 の容積が増大する。なお、このとき、インクには、インクカートリッジ 9 3 1 からノズル孔 1 1 1 へ向かう圧力（正方向への圧力）が作用している。このため、空気がノズル孔 1 1 1 からインク室 1 2 1 へ入り込むことが防止され、インクの吐出量に見合った量のインクがインクカートリッジ 9 3 1（リザーバ室 1 2 3）からインク室 1 2 1 へ供給される。

#### 【0119】

このようにして、ヘッド 1 0 において、印刷させたい位置の圧電素子 1 4 に、圧電素子駆動回路を介して吐出信号を順次入力することにより、任意の（所望の）文字や図形等を印刷することができる。

なお、ヘッド 1 0 は、圧電素子 1 4 の代わりに電気熱変換素子を有していてもよい。つまり、ヘッド 1 0 は、電気熱変換素子による材料の熱膨張を利用してインクを吐出するバブルジェット方式（「バブルジェット」は登録商標）のものであってもよい。

#### 【0120】

なお、かかる構成のヘッド 1 0 において、ノズル板 1 1 には、撥液性を付与することを目的に形成された被膜 1 1 4 が設けられている。これにより、ノズル孔 1 1 1 からインク滴が吐出される際に、このノズル孔 1 1 1 の周辺にインク滴が残存するのを確実に防止することができる。その結果、ノズル孔 1 1 1 から吐出されたインク滴を目的とする領域に確実に着弾させることができる。

#### 【0121】

以上、本発明の接合方法および接合体を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

例えば、本発明の接合方法では、必要に応じて、1 以上の任意の目的の工程を追加してもよい。

また、本発明の接合体は、液滴吐出ヘッド以外のものに適用可能であることは言うまでもない。具体的には、本発明の接合体は、例えば、光学装置が備えるレンズ、半導体装置、マイクロリアクタ等に適用することができる。

#### 【実施例】

#### 【0122】

次に、本発明の具体的実施例について説明する。

#### （実施例 1）

まず、第 1 の基材として、縦 20 mm × 横 20 mm × 平均厚さ 1 mm の単結晶シリコン基板を用意し、第 2 の基材として、縦 20 mm × 横 20 mm × 平均厚さ 1 mm のガラス基板を用意し、シリコン基板とガラス基板との双方を、酸素プラズマによる下地処理を行った。

#### 【0123】

次に、シリコン材料としてポリジメチルシロキサン骨格を有するものを含有し、溶媒としてトルエンおよびイソブタノールを含有する液状材料（信越化学工業社製、「KR-251」：粘度（25）18.0 mPa・s）を用意し、スピンコート法によりシリコン基板上に、この液状材料を供給して液状被膜を形成した。

次に、この液状被膜を、常温（25）で、24 時間乾燥させることにより、シリコン基板上に、接合膜（平均厚さ：約 3 μm）を形成した。

次に、シリコン基板上に形成された接合膜に、図 3 に示す大気圧プラズマ装置を用いて、以下に示す条件でプラズマを接触させた。これにより、接合膜を活性化させて、その表面に接着性を発現させた。

#### 【0124】

< プラズマ処理条件 >

・ 処理ガス : ヘリウムガス

10

20

30

40

50



- ・ガス供給速度：10SLM
- ・電極間距離：1mm
- ・印加電圧：1kVp-p
- ・電圧周波数：40MHz
- ・移動速度：5mm/秒

次に、接合膜のプラズマを接触させた面と、ガラス基板の表面とが接触するように、シリコン基板とガラス基板とを重ね合わせた。

【0125】

そして、シリコン基板とガラス基板とを50MPaで加圧しつつ、常温(25度前後)で、1分間維持した。これにより、シリコン基板とガラス基板とが接合膜を介して接合された接合体を得た。

10

そして、この接合体のシリコン基板とガラス基板との間の接合強度を、QUAD GROUP社製「ロミュラス」を用いて測定したところ、10MPa以上であった。

【0126】

(実施例2)

第1の基材として、単結晶シリコン基板に代えて、ステンレス鋼基板を用意し、第2の基材として、ガラス基板に代えて、ポリイミド基板を用意した以外は、前記実施例1と同様にして、接合体を得た。

本実施例2においても、接合体のステンレス鋼基板とポリイミド基板との間の接合強度が10MPa以上であった。

20

【0127】

(実施例3)

単結晶シリコン基板上に接合膜を形成したのと同様の方法を用いて、ガラス基板上にも接合膜を形成し、各基板上に形成された接合膜同士が接触するようにして、シリコン基板とガラス基板とを接合膜を介して接合させた以外は、前記実施例1と同様にして、接合体を得た。

本実施例3においても、接合体のシリコン基板とガラス基板との間の接合強度が10MPa以上であった。

【0128】

(実施例4)

液状材料として、シリコン材料としてポリジメチルシロキサン骨格を有するものを含み、溶媒を含まない液状材料(信越化学工業社製、「KR-400」：粘度(25)1.20mPa・s)を用いた以外は、前記実施例1と同様にして、接合体を得た。

本実施例4においても、接合体のシリコン基板とガラス基板との間の接合強度が10MPa以上であった。

30

【0129】

(実施例5)

処理ガスとして、アルゴンガスを用いた以外は、前記実施例1と同様にして、接合体を得た。

本実施例5においても、接合体のシリコン基板とガラス基板との間の接合強度が10MPa以上であったが、前記実施例1より低い値であった。

40

【0130】

(実施例6)

処理ガスとして、ヘリウムガスと酸素ガスとを含む混合ガスを用いた以外は、前記実施例1と同様にして、接合体を得た。なお、混合ガス中のヘリウムガスの含有量を、83vol%とした。

本実施例6においても、接合体のシリコン基板とガラス基板との間の接合強度が10MPa以上であったが、前記実施例1より低く、さらに、前記実施例5よりも低い値であった。

【0131】

50

(比較例)

接合膜を活性化させるために、プラズマ処理に代えて、以下に示す条件での紫外線照射を行った以外は、前記実施例 1 と同様にして、接合体を得た。

< 紫外線照射条件 >

- ・雰囲気ガスの組成 : 大気 ( 空気 )
- ・雰囲気ガスの温度 : 20
- ・雰囲気ガスの圧力 : 大気圧 ( 100 kPa )
- ・紫外線の波長 : 172 nm
- ・紫外線の照射時間 : 900 秒

本比較例においては、接合体のシリコン基板とガラス基板との間の接合強度が 5 MPa を大きく下回った。

10

【0132】

なお、接合体を得るのとは別に、シリコン基板を用意し、このシリコン基板上に、接合膜 ( 平均厚さ : 約 3  $\mu$ m ) を形成した。そして、形成した接合膜に対して、上記の紫外線を 50 分間照射して、UV 照射による接合膜の厚さの変化を測定し、その測定結果を図 8 に示した。

図 8 に示すように、UV 照射による膜厚の変化率 ( % ) は、- 10 % 程度であった。

このような接合膜に対する UV 照射による膜厚の変化率に関する検討を、UV 照射に代えてプラズマ接触についても同様に検討したが、UV 照射の場合と比較して、膜厚の変化率が低くなる傾向を示した。

20

【図面の簡単な説明】

【0133】

【図 1】本発明の接合方法の第 1 実施形態を説明するための図 ( 縦断面図 ) である。

【図 2】本発明の接合方法の第 1 実施形態を説明するための図 ( 縦断面図 ) である。

【図 3】大気圧プラズマ装置の構成を示す概略図である。

【図 4】本発明の接合方法の第 2 実施形態を説明するための図 ( 縦断面図 ) である。

【図 5】本発明の接合体を適用して得られたインクジェット式記録ヘッド ( 液滴吐出ヘッド ) を示す分解斜視図である。

【図 6】図 5 に示すインクジェット式記録ヘッドの主要部の構成を示す断面図である。

【図 7】図 5 に示すインクジェット式記録ヘッドを備えるインクジェットプリンタの実施形態を示す概略図である。

30

【図 8】接合膜に対する UV 照射時間と、膜厚の変化率との関係を示す図である。

【符号の説明】

【0134】

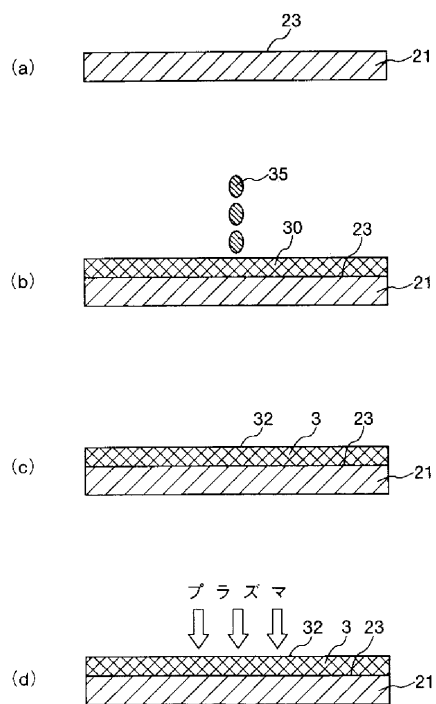
1 ..... 接合体    2 1 ..... 第 1 の基材    2 2 ..... 第 2 の基材    2 3、2 4 ..... 接合面    3  
 ..... 接合膜    3 0 ..... 液状被膜    3 2 ..... 表面    3 5 ..... 液状材料    1 0 ..... インクジェ  
 ャット式記録ヘッド    1 1 ..... ノズル板    1 1 1 ..... ノズル孔    1 1 4 ..... 被膜    1 2 .....  
 インク室基板    1 2 1 ..... インク室    1 2 2 ..... 側壁    1 2 3 ..... リザーバ室    1 2 4 ...  
 ... 供給口    1 3 ..... 振動板    1 3 1 ..... 連通孔    1 4 ..... 圧電素子    1 4 1 ..... 上部電極  
       1 4 2 ..... 下部電極    1 4 3 ..... 圧電体層    1 6 ..... 基体    1 6 1 ..... 凹部    1 6 2 ...  
 ... 段差    1 7 ..... ヘッド本体    9 ..... インクジェットプリンタ    9 2 ..... 装置本体    9 2  
 1 ..... トレイ    9 2 2 ..... 排紙口    9 3 ..... ヘッドユニット    9 3 1 ..... インクカートリ  
 ッジ    9 3 2 ..... キャリッジ    9 4 ..... 印刷装置    9 4 1 ..... キャリッジモータ    9 4 2  
 ..... 往復動機構    9 4 3 ..... タイミングベルト    9 4 4 ..... キャリッジガイド軸    9 5 ...  
 ... 給紙装置    9 5 1 ..... 給紙モータ    9 5 2 ..... 給紙ローラ    9 5 2 a ..... 従動ローラ  
       9 5 2 b ..... 駆動ローラ    9 6 ..... 制御部    9 7 ..... 操作パネル    P ..... 記録用紙    1 0  
 0 0 ..... プラズマ処理装置    1 0 0 2 ..... 搬送装置    1 0 1 0 ..... ヘッド    1 1 0 1 .....  
 ヘッド本体    1 1 0 2、1 1 0 4 ..... 間隙    1 1 0 3 ..... 下面    1 0 1 5 ..... 印加電極  
       1 0 1 7 ..... 高周波電源    1 0 1 8 ..... ガス供給流路    1 0 1 9 ..... 対向電極    1 1 8 1  
 ..... 開口部    1 0 2 0 ..... 移動ステージ    E ..... 電界    G ..... 処理ガス    P ..... プラズマ

40

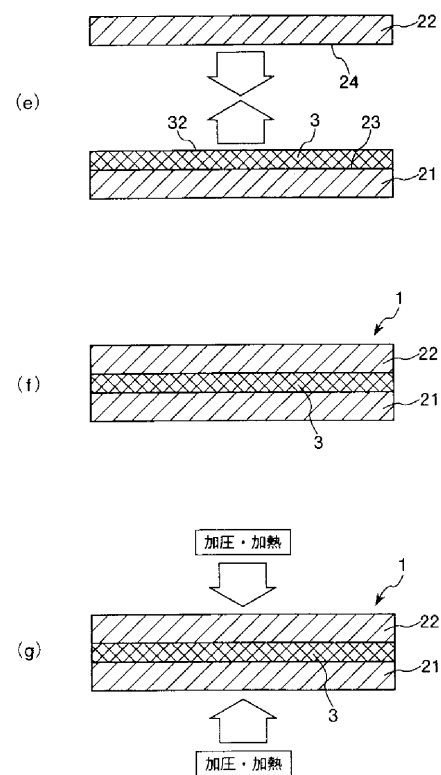
50

発生領域 W ... 被処理基板

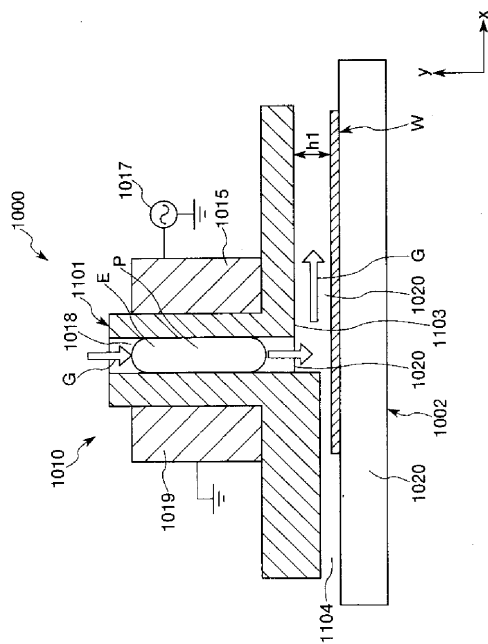
【図 1】



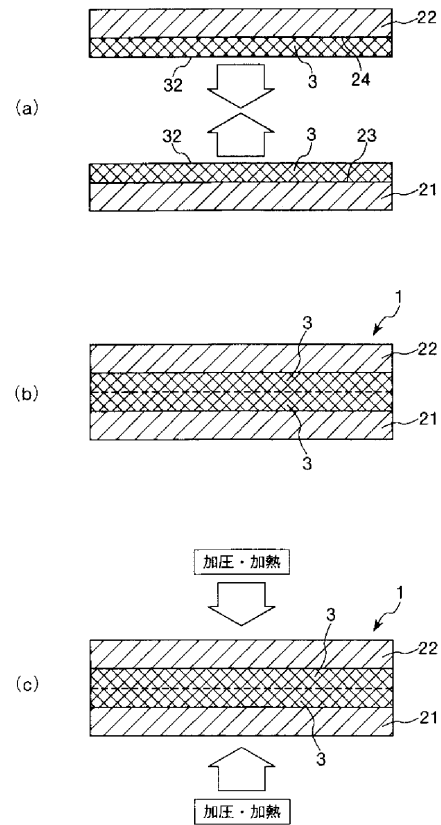
【図 2】



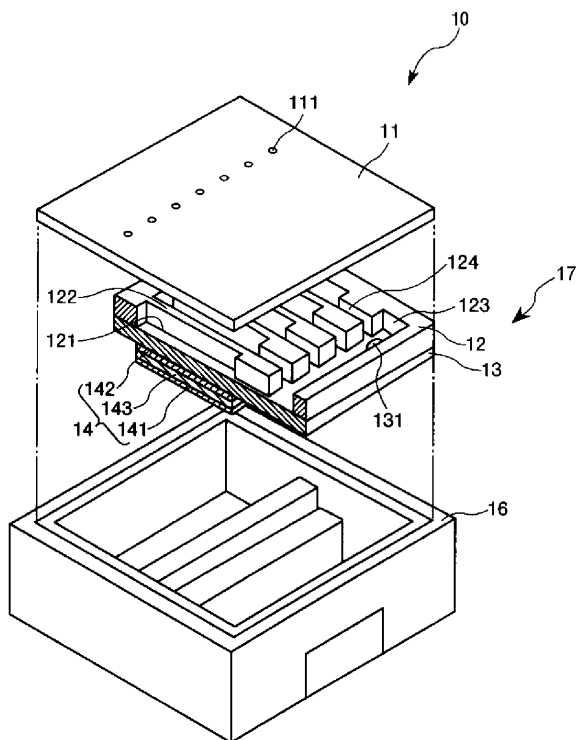
【 図 3 】



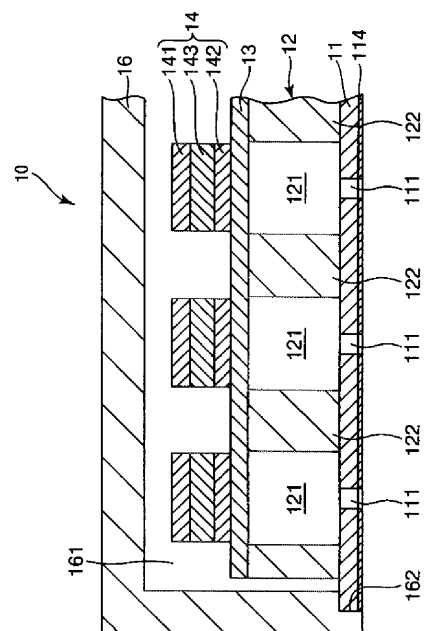
【 図 4 】



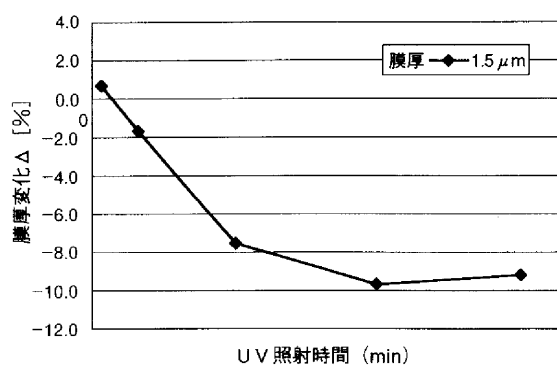
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 山本 隆智

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 今村 峰宏

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 4F100 AB11 AG00 AK52C AK52G AT00A AT00B BA03 BA07 BA10A BA10B  
EH46C EH462 EJ60C EJ61C EJ611 EJ86C EJ862 JK06  
4J040 EK031 EK051 EK061 EK071 JB02 MA02 MA04 MA05 NA19 PA15  
PA32 PA36