

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4362996号
(P4362996)

(45) 発行日 平成21年11月11日(2009.11.11)

(24) 登録日 平成21年8月28日(2009.8.28)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 L 41/09 (2006.01)	HO 1 L 41/08	J
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/22	Z
B 4 1 J 2/045 (2006.01)	B 4 1 J 3/04	1 O 3 A
B 4 1 J 2/055 (2006.01)	B 4 1 J 3/04	1 O 3 H
B 4 1 J 2/16 (2006.01)	HO 1 L 21/60	3 1 1 S
請求項の数 7 (全 33 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2001-252103 (P2001-252103)
 (22) 出願日 平成13年8月22日(2001.8.22)
 (65) 公開番号 特開2003-69103 (P2003-69103A)
 (43) 公開日 平成15年3月7日(2003.3.7)
 審査請求日 平成16年9月13日(2004.9.13)

(73) 特許権者 000005496
 富士ゼロックス株式会社
 東京都港区赤坂九丁目7番3号
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和詳
 (74) 代理人 100085279
 弁理士 西元 勝一
 (74) 代理人 100099025
 弁理士 福田 浩志
 (72) 発明者 佐藤 淳哉
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に配設された複数個の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子と、複数の信号ライン又は共通の導電層を有するフレキシブル配線基板とを備え、前記圧電／電歪アクチュエータ素子の表面側電極が、前記フレキシブル配線基板の対応する前記信号ライン又は前記導電層の所定の部位に電気的に接続されてなる格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータであって、

各々の前記圧電／電歪アクチュエータ素子について、前記表面側電極と前記フレキシブル配線基板の対応する前記信号ライン又は前記導電層とが、1つのバンプを介して、かつ、所望の間隙を有する態様で、電気的に接続されてなり、

前記格子状配列構造が、前記複数個の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子がマトリックス配列された構造であり、

前記複数個の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子の各々の両主面に、共通として機能する共通電極と選択的な個別として機能する信号電極とが形成されており、

前記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子、前記共通電極、及び前記信号電極が、前記バンプと電気的に接続されるための電気接合用エリアと、該電気接合用エリア以外の箇所前記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子が駆動するためのアクチュエータエリアとを同一平面上に有し、

前記バンプの接合領域直下の前記基板に剛体部材が設けられていることを特徴とする格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ。

【請求項 2】

前記共通電極は、前記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子に接する第一層にクロム、チタン、ニッケル、又は銅、前記基板に接する第二層に金、パラジウム、白金、ニッケル、又は銅を用いた二層構造で構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ。

【請求項 3】

前記信号電極は、前記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子に接する第一層にクロム、チタン、ニッケル、又は銅、中間層である第二層にパラジウム、白金、ニッケル、又は銅、前記パンプに接する第三層に金を用いた三層構造で構成されており、

且つ前記信号電極の前記第二層及び前記第三層は、前記電気接合用エリアに対応する箇所のみに設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ。

10

【請求項 4】

前記パンプは、導電性のコア材より形成されていると共に、前記導電性のコア材の外周部を導電性の接合材で被覆されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 に記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ。

【請求項 5】

前記接合材は、金属、導電樹脂、又はエポキシ系樹脂より形成され、且つ、接合後の状態において、アクチュエータ素子とパンプとの間に電氣的導通が取れることを特徴とする請求項 4 記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ。

20

【請求項 6】

前記接合材の前記金属は、ハンダ材料であることを特徴とする請求項 5 記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ。

【請求項 7】

前記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子と前記フレキシブル配線基板との間には前記パンプによる前記所望の間隙は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 に記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、複数個の圧電／電歪素子を格子状に配列させた格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータに関し、特に、多数の電気信号配線を有するフレキシブルプリント配線基板と一体型の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ及びその製造方法に関する。

30

【0002】

【従来の技術】

近年、平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子の基板上への高密度配列化、すなわちマトリックス配列化が進み、それに伴って配線基板末端の電気信号入力端子もまたマトリックス化されるようになってきた。

【0003】

一般に、基板上にマトリックス状に配列された複数個の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子の両主面には、共通電極と信号電極とがそれぞれ形成されている。共通電極は、基板と電氣的に接続されており、制御回路からの電気信号が、基板と共通電極及び信号電極を介して平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子に印加され、平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子の両主面に対して垂直方向の運動を与える。

40

【0004】

上述した平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子の配線基板への電氣的接合方法として、従来、コストや生産性の面から、平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子のマトリックス状の導体配列を一旦一次元系に再配列した後、再配列後の導体端子と外部駆動部側の電気信号出力端子とを接合し、アクチュエータを形成する方法が適用されている。

【0005】

50

図19及び図20は、上述した従来のマトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの構成を示す斜視図である。図19は、電気接合にワイヤボンディングを用いた構成例(以下、従来技術1という)、図20は、電気接合にスクリーン印刷を用いた構成例(以下、従来技術2という)である。

【0006】

まず、図19に示す従来技術1のマトリクス配列圧電/電歪アクチュエータは、同図に示すように、平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101と、基板102と、プリント基板103と、ワイヤ104とから構成されている。基板102上にマトリクス状に配置された平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101の両主面には薄膜電極が形成され、両主面のうち片面が基板102に接合されている。ワイヤ104は、プリント基板103に接合され、かつ、平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101の両主面のうち他面に形成された薄膜電極に接合されている。プリント基板103は、平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101に電気信号を選択的に印加する制御回路(図示せず)と電氣的に連通されている。これにより、プリント基板103から平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101に上記電気信号を印加する。

10

【0007】

次に、図20に示す従来技術2のマトリクス配列圧電/電歪アクチュエータは、同図に示すように、平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101と、基板102と、フレキシブルプリント配線基板(FPC; flexible printed circuits)106と、導電配線105とから構成されている。基板102上にマトリクス状に配置された平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101の両主面には薄膜電極が形成され、両主面のうち片面が基板102に接合されている。基板102と平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101との接合部以外の箇所は、電氣的に完全に絶縁されている。導電配線105は、スクリーン印刷により基板102上に形成され、平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101の両主面のうち他面に形成された薄膜電極からフレキシブルプリント配線基板106まで延びている。フレキシブルプリント配線基板106と平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101上に形成されている薄膜電極との電気接合は、導電配線105とフレキシブルプリント配線基板106とをハンダを介して加熱・加圧することによりなされている。フレキシブルプリント配線基板106は、平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101に電気信号を選択的に印加する制御回路(図示せず)と電氣的に連通されている。これにより、フレキシブルプリント配線基板106から平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子101に上記電気信号を印加する。

20

30

上記従来技術2の一例として、特開平04-077257号公報には、基板上にマトリクス状に配列された複数個の平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子にスクリーン印刷を施すことにより、マトリクス配列導電パターンを一旦次元系に再配列した後、フレキシブルプリント配線基板に電氣的に接合する方法が提案されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上述したマトリクス配列圧電/電歪アクチュエータ素子は、単体素子ではなく複数であり、個々のアクチュエータ素子の振動や発熱などの物理現象が基板を通じてお互いの素子に干渉を与え、もしくは基板そのものに影響を与え、その結果、個々のアクチュエータ素子の動作に多大な影響を与える。従って、マトリクス配列されたアクチュエータは、配線基板もアクチュエータの一部としてみなさなければならない。

40

【0009】

しかしながら、上述した従来技術1のように、ワイヤをプリント基板に接合することにより、プリント基板と平板状の圧電/電歪アクチュエータ素子上に形成されている薄膜電極とを電気接合する方法は、高密度マトリクス構造になった場合、ワイヤループ高さや距離に制限があるので接合可能な端子数に限界があった。さらに、接合を一端子ずつ行う必要があり、工程終了までに時間がかかりすぎてしまうという問題があった。

また、従来技術1においては、ワイヤタッチや吸湿による電氣的短絡や絶縁不良を防止す

50

る為に、接合終了後に樹脂等で接合範囲全体を封止する必要があるが、この樹脂封止により平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子の変位を拘束してしまい、設計値通りの変位特性が得られないという問題があった。

【 0 0 1 0 】

また、上述した従来技術 2 のように、基板上にマトリックスに配列された複数個の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子にスクリーン印刷を施すことによりマトリックス導電パターンを一旦一次元系に再配列した後、フレキシブルプリント配線基板に電氣的に接合する方法は、スクリーン印刷の最小配線幅に制限があるので高密度化に限界があった。例えば、電極形成面サイズが 0.5 mm × 0.5 mm の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子を 10 × 10 個のマトリックス状に配列する場合、スクリーン印刷の最小配線ピッチは一般的に 0.3 mm 程度が限界であるため、3.65 mm ピッチ程度のマトリックス形状までしか配線することができなかった。

10

【 0 0 1 1 】

また、従来技術 2 においては、マトリックス導電パターンを一旦一次元系に再配列している為、マトリックスの高密度化 (= 配線数の増加) に伴いフレキシブルプリント配線基板への電氣的接合領域面積が大きくなってしまい、接点不良が発生する確率が指数関数的に増加するので、装置の信頼性確保が困難であり、さらに歩留り低下に起因するコストアップの問題も発生していた。

【 0 0 1 2 】

さらに、上述した従来技術 1, 2 共に、基板の電気接合部に対応する面の空間の存在する領域を確保する為にはおのずとプリント基板の取り出し方向が平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子の反対側に決まってしまい、平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子上の領域は、使用困難となり、フレキシブルプリント基板の接合効率が悪く、マトリックス配列化された平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子への電気接合自体が非常に困難であるという問題があった。

20

【 0 0 1 3 】

また、従来技術 1, 2 においては、各アクチュエータ素子の動作に伴う振動や発熱によりアクチュエータを構成する部材の破壊もしくは各アクチュエータ素子が不安定な動作を起こし、実用性に乏しいという問題があった。

【 0 0 1 4 】

この発明は、上述した問題を鑑みてなされたものであり、高密度配列化すなわちマトリックス配列化された平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子と配線基板との高密度電気接合を可能とし、且つ、アクチュエータ素子の信頼性、高精度、高安定動作を保証された配線基板一体型アクチュエータを提供することを目的としている。

30

【 0 0 1 5 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、請求項 1 記載の発明は、基板上に配設された複数個の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子と、複数の信号ライン又は共通の導電層を有するフレキシブル配線基板とを備え、上記圧電／電歪アクチュエータ素子の表面側電極が、上記フレキシブル配線基板の対応する上記信号ライン又は上記導電層の所定の部位に電氣的に接続されてなる格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータに係り、

40

各々の上記圧電／電歪アクチュエータ素子について、上記表面側電極と上記フレキシブル配線基板の対応する上記信号ライン又は上記導電層とが、1つのバンプを介して、かつ、所望の間隙を有する態様で、電氣的に接続されてなり、

前記格子状配列構造が、前記複数個の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子がマトリックス配列された構造であり、

前記複数個の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子の各々の両主面に、共通として機能する共通電極と選択的な個別として機能する信号電極とが形成されており、

前記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子、前記共通電極、及び前記信号電極が、前記バンプと電氣的に接続されるための電気接合用エリアと、該電気接合用エリア以外の箇

50

所で前記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子が駆動するためのアクチュエータエリアとを同一平面上に有し、

前記バンプの接合領域直下の前記基板に剛体部材が設けられていることを特徴としている。

【0016】

また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータに係り、上記共通電極は、上記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子に接する第一層にクロム，チタン，ニッケル，又は銅、上記基板に接する第二層に金，パラジウム，白金，ニッケル，又は銅を用いた二層構造で構成されていることを特徴としている。

【0017】

また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータに係り、上記共通電極は、上記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子に接する第一層にクロム，チタン，ニッケル，又は銅、上記基板に接する第二層に金，パラジウム，白金，ニッケル，又は銅を用いた二層構造で構成されていることを特徴としている。

【0018】

また、請求項4記載の発明は、請求項1乃至3のいずれか1記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータに係り、前記バンプは、導電性のコア材より形成されていると共に、前記導電性のコア材の外周部を導電性の接合材で被覆されていることを特徴としている。

【0019】

また、請求項5記載の発明は、請求項4記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータに係り、前記接合材は、金属，導電樹脂，又はエポキシ系樹脂より形成され、且つ、接合後の状態において、アクチュエータ素子とバンプとの間に電氣的導通が取れることを特徴としている。

【0020】

また、請求項6記載の発明は、請求項5記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータに係り、前記接合材の前記金属は、ハンダ材料であることを特徴としている。

【0021】

また、請求項7記載の発明は、請求項1乃至6のいずれか1記載の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータに係り、前記平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子と前記フレキシブル配線基板との間には前記バンプによる前記所望の間隙は、10 μm以上であることを特徴としている。

【0071】

この発明の格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータは、特に、基板上にマトリックスに配列された複数個の平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子の両主面（対向する2面）にそれぞれ形成された共通電極と信号電極において、基板と電氣的に接続されている共通電極の電気接合用エリアに対向する面には剛体が接合されている電気接合用エリアと、電気接合用エリア配列に対応した電気接合用パッドが形成され、電気接合用パッド上には導電性のコア材、導電性の接合材で構成される半球状のバンプがそれぞれ形成されている配線基板とを互いに対向させ、加熱・加圧もしくは振動を付与することにより信号電極（電気接合用エリア）と配線基板上のバンプは電氣的に接続される。このとき、平板状の圧電／電歪アクチュエータ素子と配線基板との間にはコア材、コア材と接合材、もしくは接合材からなるバンプによる間隙を設ける。また、配線基板は柔軟性を有する樹脂基材からなるフレキシブル配線基板を適用する。

【0072】

以上説明したように、この発明の構成によれば、アクチュエータ素子の振動部上方への配線引き回しによる高密度実装化と、バンプによるフレキシブル配線基板とアクチュエータ素子との間隙の変位効率向上効果と、アクチュエータ素子の電気接合部下部への剛体配置による信頼性確保と、フレキシブル配線基板による製造安定性確保（基材との熱膨張差吸収）と、フレキシブル配線基板によるアクチュエータ素子間の伝搬振動（内外部振動）の

10

20

30

40

50

抑制と、パンプによる放熱効果（間隙及び配線による放熱効果向上）と、上記効果によるインクジェット式記録ヘッド全体の高性能化（信頼性・インク吐出安定性向上）とを実現できる。

【 0 0 7 3 】

【 発明の実施の形態 】

次に、図面を参照して、この発明の実施の形態について詳細に説明する。説明は実施例を用いて具体的に説明する。

なお、以下の実施例は、格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータのうちの配線基板一体型マトリックス配列圧電／電歪アクチュエータの実施例である。

また、以下の説明において、用語“マトリックス状”とは、格子状（必ずしも直交している必要はない）に整然と配列された状態を意味し、用語“平板状”とは、直方体を含む最小1対の対向する平面が存在している形状のことであり、1対の対向する平面間の断面形状を任意に決定することが可能な形状を意味する。

【 0 0 7 4 】

第1実施例

まず、図1乃至図5を参照して、この発明の第1実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電／電歪アクチュエータについて説明する。

図1は、この例のアクチュエータの全体構成を示す斜視図であり、(a)は接合前、(b)は接合後の全体構成を示す。図2は図1(a)のA-A断面図であり、図3は図1(b)のB-B断面図であり、図4は図2のD-D矢視図であり、図5は図1(a)のC-C矢視図である。

【 0 0 7 5 】

まず、図1を参照して、この例のアクチュエータの全体構成について説明する。

この例のアクチュエータは、同図に示すように、基板20と、基板20上にマトリックス状に配置され上下両面に薄膜電極が形成されている複数の平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10と、柔軟性を有する樹脂基材からなるフレキシブルプリント配線基板(FPC; flexible printed circuits)30と、フレキシブルプリント配線基板30の基板20に対向する面上に設けられた複数のパンプ40とから構成されている。複数のパンプ40の各々は、複数の平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10の各々とそれぞれ対応して設けられている。また、複数のパンプ40は、導電性のコア材と導電性の接合材とからなり、半球状に形成されている。平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10の薄膜電極の一方は、基板20に接合されている。基板20は、ステンレス等の導電性のある金属を用いると、各アクチュエータ素子の共通電極と電氣的に連結することができる。

【 0 0 7 6 】

次に、図2乃至図5を参照して、この例の配線基板一体型マトリックス配列圧電／電歪アクチュエータの各部の構成について説明する。

この例のフレキシブルプリント配線基板30は、図2及び図3に示すように、ベースフィルム31、配線パターン32、カバーレイ33の三層構造からなり、マトリックス状に配列された平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10上の基板20と電氣的に接続されていない信号電極12の配列に対応して電気接合用パッド41が形成されている。電気接合用パッド41は、制御回路(図示せず)と電氣的に連通され、電気接合用パッド41上には、複数のパンプ40が形成されている。

【 0 0 7 7 】

複数のパンプ40は、図2及び図3に示すように、導電性のコア材42と導電性の接合材43とからなり、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10との接触を確実に行えるように、半球状に形成されている。特に、フレキシブルプリント配線基板30と平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10との間に角度(接触部への片あたり)が生じ、且つ平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10に脆性材料を用いた場合、後述する加熱・加圧プロセス時に、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10の破損を防止する。また、複数のパンプ40は、図5に示すように、基板20上にマトリックス状に配列された平板

状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 に対応して設けられ、フレキシブルプリント配線基板 30 上の配線パターンに接続されている。このようにして、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の信号電極 12 の電気接合用エリア 13 と、フレキシブルプリント配線基板 30 上のパンプ 40 とを互いに対向させ、接合を行うことにより信号電極 12 とパンプ 40 は電氣的に接続される。このとき、フレキシブルプリント配線基板 30 の配線パターンは、パンプ 40 により、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の上方に配置されるため、フレキシブルプリント配線基板 30 の実装効率を最大限まで高めている。

【0078】

平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 は、図 2 及び図 3 に示すように、基板 20 上に、マトリックス状に配列され、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の両主面（対向する 2 面）には、共通電極 11 と信号電極 12 とがそれぞれ形成され、共通電極 11 は、基板 20 と電氣的に接続されている。また、図 4 に示すように、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 は、電気接合用エリア 13 とアクチュエータエリア 14 とに分割されている。電気接合用エリア 13 は、基板 20 の平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 との接合面に対向する面に接合されている剛体 21 に対応している。ただし、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の電気接合用エリア 13 とアクチュエータエリア 14 とは、剛体 21 の接合位置により機能が分割されているだけで材料及び構造が分割されているわけではない。各アクチュエータ素子 10 に電気信号を印加すると、信号電極面において、アクチュエータエリア 14 は、主に撓み変形により上下方向の変位が起こり、電気接合用エリア 13 においては面方向の変位が起こる。

【0079】

基板 20 は、図 2 及び図 3 に示すように、一方の面上においては、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の共通電極 11 と電氣的に接続され、他方の面上においては、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の電気接合用エリア 13 直下の対応する箇所に剛体 21 を接合している。剛体 21 は、加圧時に発生するフレキシブルプリント配線基板 30 上のパンプ 40 の先端と、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の電氣的接合用エリア 13 との応力集中により、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 が撓み変形を起こすことを防止し、電気接合用エリア 13 自身の振動を抑制している。

【0080】

次に、図 2 及び図 3 を参照して、基板 20 上に設けられた平板状圧電／電歪アクチュエータ素子と、フレキシブルプリント配線基板 30 に設けられたパンプ 40 との接合方法について説明する。

まず、基板 20 とフレキシブルプリント配線基板 30 とを互いに対向させ、複数の平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 と複数のパンプ 40 とがそれぞれ合致するように位置付けし、加熱，加圧，又は加振を行うことにより、複数の平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 と複数のパンプ 40 とを、それぞれ電氣的に接続する。接合後には、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 とフレキシブルプリント配線基板 30 との間には複数のパンプ 40 による間隙が設けられる。このようにして、制御回路からの電気信号が、フレキシブルプリント配線基板 30 と、パンプ 40 と、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 上に形成されている薄膜電極とを介して、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 に選択的に印加される。

【0081】

次に、図 3 を参照して、この発明の第 1 実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電／電歪アクチュエータにおけるアクチュエータ素子の動作について説明する。この例のアクチュエータ素子の動作として、第 1 の動作と第 2 の動作とがある。

【0082】

まず、第 1 の動作として、制御回路（図示せず）からの電気信号が、基板 20 とフレキシブルプリント配線基板 30 を介して平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 へ印加されると、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 は共通電極 11 及び信号電極 12 に所定の方向に伸長又は歪み等の機械力を発生させる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

次に、第2の動作として、制御回路（図示せず）からの電気信号が、基板20とフレキシブルプリント配線基板30を介して平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10へ印加されると、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10は共通電極11及び信号電極12に平行な方向に膨張・収縮する。しかし、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の共通電極11面は基板20により拘束されているから信号電極12面の膨張・収縮がおり、共通電極11及び信号電極12に平行な方向の膨張・収縮運動が垂直な方向の屈曲運動に変換され、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10は共通電極11及び信号電極12に所定の方向に伸長又は歪み等の機械力を発生させる。

【 0 0 8 4 】

以上述べたように、この例の構成によれば、上述したアクチュエータの動作に関して、この例の配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータは、以下の効果を奏する。

まず、この発明の高密度配線一体型マトリクスアクチュエータは、フレキシブルプリント配線基板30と平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10との間に10 μ m以上の間隙を設けているので、フレキシブルプリント配線基板30と平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の接触を防止できる。従って平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の振動動作を妨げない。

【 0 0 8 5 】

また、10 μ m以上の間隙により平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の動作にともなう発生する発熱が間隙部の空気の流れにより冷却される。さらに、コア材42、接合材43により構成されるバンプ40の熱伝導により効率よく熱の拡散が生じ冷却される。

【 0 0 8 6 】

また、アクチュエータ動作により伝達された平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とフレキシブルプリント配線基板30との間の振動は、コア材42及び接合材43を通じ、フレキシブルプリント配線基板30に伝達し、速やかに吸収される、すなわち防振効果により平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とフレキシブルプリント配線基板30との間に発生する応力は低減され、高い信頼性が確保できる。

【 0 0 8 7 】

さらに、フレキシブルプリント配線基板の適用により、個々のアクチュエータ素子からバンプ40を介して発せられた不要な振動はフレキシブルプリント配線基板に吸収・減衰され、隣のアクチュエータ素子への影響を防止できる。

【 0 0 8 8 】

また、この例のアクチュエータは、マトリクス状に配列された平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12の電気接合用エリア13と、フレキシブルプリント配線基板30上のバンプ40とを互いに対向させ、接合を行うことにより信号電極12とバンプ40は電氣的に接続されている。従って、フレキシブルプリント配線基板30の配線パターンは平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の上方に配置されているため、フレキシブルプリント配線基板30の実装効率を最大限まで高めることができる。例えば、電極形成面サイズが0.5mm \times 0.5mmの平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10を10 \times 10個のマトリクス状に配列する場合、従来技術のスクリーン印刷の最小配線ピッチは一般的に0.3mm程度が限界であるため、3.65mmピッチ程度のマトリクス形状までしか配線することができなかつたが、この発明の構成によれば0.575mmピッチ（フレキシブルプリント配線基板30の配線を0.05mmピッチとした場合）まで高密度化することができる。

【 0 0 8 9 】

また、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とフレキシブルプリント配線基板30の間にはコア材42、コア材42と接合材43、もしくは接合材43からなるバンプ40による間隙が存在しており、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12のアクチュエータエリア13は、完全に自由に動作することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 0 】

さらに、配線基板をリジッドにする（剛性を有する）と、一般に配線基板の反りにより接合不良が発生するが、ポリイミドなどの樹脂基材を用いたフレキシブルプリント配線基板 30 では、平面度の高い金属で作製されたツールで押した場合、基板の柔軟性により、うねり又はバンプ 40 の高さばらつきが完全に吸収され、さらに、マトリックスに配列された複数個の平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の環境温度変化によるピッチ変化にも追従することができる。

【 0 0 9 1 】

従って、高信頼性、高精度、高安定動作を保證された高密度配線一体型マトリックスアクチュエータの実現が可能になる。

10

【 0 0 9 2 】

第 2 実施例

次に、図 6 乃至図 11 を参照して、この発明の第 2 実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電 / 電歪アクチュエータについて説明する。

図 6 は、この例のアクチュエータの全体構成を示す斜視図であり、(a) は接合前、(b) は接合後の全体構成を示す。図 7 は図 6 (a) の E - E 断面図、図 8 は図 6 (b) の F - F 断面図、図 9 は図 8 の I - I 断面図、図 10 は図 7 の G 部詳細拡大図、図 11 は図 8 の H 部詳細拡大図である。

この例のアクチュエータは、前述した第 1 実施例とほぼ同様の構成であるが、第二実施例で用いた基板 20 及び剛体 21 の代わりに、2 層のステンレス薄板 22, 23 を用いている。すなわち、基板としてステンレス薄板（窓なし）22 を用い、剛体 21 の代わりにステンレス薄板（窓あり）23 を用いている。

20

【 0 0 9 3 】

まず、図 6 を参照して、この発明の第 2 実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電 / 電歪アクチュエータの全体構成について説明する。

この例のアクチュエータは、同図に示すように、ステンレス薄板（窓なし）22 と、ステンレス薄板（窓なし）22 上にマトリックス状に配置され上下両面に薄膜電極が形成されている複数の平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 と、柔軟性を有する樹脂基材からなるフレキシブルプリント配線基板 30 と、フレキシブルプリント配線基板 30 のステンレス薄板（窓なし）22 に対向する面上に設けられた複数のバンプ 40 とから構成されている。複数のバンプ 40 の各々は、複数の平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の各々とそれぞれ対応して設けられている。また、複数のバンプ 40 は、導電性のコア材と導電性の接合材とからなり、半球状に形成されている。平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の薄膜電極の一方は、ステンレス薄板（窓なし）22 に接合されている。

30

【 0 0 9 4 】

次に、図 7 乃至図 11 を参照して、この例の配線基板一体型マトリックス配列圧電 / 電歪アクチュエータの各部の構成について説明する。

フレキシブルプリント配線基板 30 は、図 7 乃至図 11 に示すように、ベースフィルム 31, 配線パターン 32, カバーレイ 33 の三層構造からなり、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 上の信号電極 12 の配列に対応した電気接合用パッド 41 上へ、Cu を電解メッキ法により半球状に形成しコア材 42 とし、コア材 42 の表面に電解メッキ法によりハンダを形成し接合材 43 とし、半球状のバンプ 40 を形成した。Cu は、ヤング率が 112.5×10^5 (kg / cm^2) であることが一般に知られている。Cu は、非常に柔らかい為、後述する加熱・加圧プロセス時のバンプ 40 の高さばらつきをコア材 42 自身の変形により吸収することができる。但し、Cu 及びハンダは、通常保管条件下においても脆弱な合金層を生成しやすいため、Cu とハンダとの界面に Ni のストップ層を形成した。ハンダメッキ層厚は、5 μm 以上とした。これは、後述する加熱・加圧プロセス後のハンダ濡れ広がり直径及びハンダメッキ層厚に強い相関関係があり、ハンダメッキ層厚が 5 μm 以下の場合、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 との機械的接合強度の低下すなわち信頼性の低下を発生させてしまうからである。この実施例では、Cu と高さ

40

50

:ハンダの厚さ比を5:1とし、5乃至100 μm の高さの bumps 40 をフレキシブルプリント配線基板 30 上に、後述する平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の信号電極 12 に対応する位置に 100 個形成した。

【0095】

フレキシブルプリント配線基板 30 の三層の材料としては、ベースフィルム 31 には厚さ 25 μm のポリイミド材を、配線パターン 32 には厚さ 9 μm の Cu を、カバーレイ 33 には厚さ 12.5 μm のポリイミド材を用いた。また、電気接合用パッド 41 は、150 μm の円形に形成し、それに対応した配線パターン 32 を 50 μm ピッチで 100 本形成した。また比較の為、厚さ 100 μm のアルミナ基板の上に円形の 150 μm の電気接合用パッド 41 を形成し、それに対応した Cu 配線パターン 32 を 50 μm ピッチで 100 本形成した。

10

【0096】

平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 は、圧電材料より作製した。圧電材料にはジルコン酸チタン酸鉛セラミックスを用い、その焼結体を 0.5mm \times 1mm \times 0.05mm の矩形板に切り出した。次に、この平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の両主面上に共通電極 11 及び信号電極 12 を形成した。共通電極 11 は、第一層 111 に Cr、第二層 112 に Au を用いて二層構造とした。第一層 111 に Cr を選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 と Au との密着強度の弱さを補う為である。Au は、Cr の酸化防止すなわち電氣的機械的信頼性確保の為に、50nm 以上形成した。信号電極 12 は、第一層 121 に Cr、第二層 122 に Ni、第三層 123 に Au を用いて三層構造とした。第一層 121 に Cr を選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 と Ni との密着強度の弱さを補う為である。さらに電極厚みとして Ni は 500nm 以上必要である。これは、後述する加熱・加圧プロセス時及び経年変化により、Ni とハンダとの合金層が生成されることによる Ni 消失を防ぐためである。Ni が消失してしまった場合、ハンダは Cr 層と直接接することになるが、Cr はハンダと合金層を形成しないため機械的接合強度が極端に低下、すなわち信頼性の低下を発生させる。ここでは、Ni 厚さを 600nm とした。Au は、ハンダ塗れ性確保の為に 50nm 以上形成する。共通電極 11 及び信号電極 12 は、いずれもスパッタリング又はメッキ法等の薄膜形成法で形成した。

20

【0097】

基板は、上述したように、ステンレス薄板を用い、窓を有しないステンレス薄板 22 と、窓を有するステンレス薄板 23 より構成した。すなわち、上述の第 1 実施例で用いた基板 20 としてステンレス薄板 22 (窓なし)、剛体 21 としてステンレス薄板 (窓なし) 23 を用いた。基板の作製は、まず、お互いに 0.2mm の間隔で、0.5mm \times 0.5mm の 100 個の窓を有し、その窓が互いに 0.2mm の隙間で配列している板厚 0.1mm のステンレス薄板 (窓あり) 23 と、窓を有しない板厚 0.05mm のステンレス薄板 (窓なし) 22 とを 5 μm 厚のエポキシ接着剤で貼り合わせた。次に、先に作製した電極を形成した 0.5mm \times 1mm \times 0.05 (厚さ)mm の平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 を 100 個用意し、エポキシ接着材を用いて 0.05mm 厚のステンレス薄板 (窓なし) 22 にマトリックス配列で接合した。この際、ステンレス薄板 (窓あり) 23 の窓部の二隅に平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の二隅を一致させた。従って、マトリックス状に配列された平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の対向する 2 面に共通電極 11 と信号電極 12 とがそれぞれ形成されており、共通電極 11 は、ステンレス薄板 (窓なし) 22 と電氣的に接続されている。また、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の共通電極 11 と、基板のステンレス薄板 (窓なし) 22 との電氣的機械的接合は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 とステンレス薄板 (窓なし) 22 とが電氣的導通可能なエポキシ樹脂系接着剤等を用いた。

30

40

【0098】

次に、図 7 及び図 8 を参照して、基板上に設けられた平板状圧電/電歪アクチュエータ素子と、フレキシブルプリント配線基板に設けられた bumps との接合方法について説明する

50

。まず、上記平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の信号電極 12 と、先に形成したフレキシブルプリント配線基板 30 及びアルミナ基板上のパンプ 40 とを互いに対向させ、加熱・加圧を行うことにより信号電極 12 とパンプ 40 を電氣的に接続した。このとき、フレキシブルプリント配線基板 30 の配線パターンは平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の上方に配置されるため、フレキシブルプリント配線基板 30 の実装効率を最大限まで高めることができる。さらに、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 とフレキシブルプリント配線基板 30 及びアルミナ基板との間にはコア材 42 による間隙が存在しており、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の信号電極 12 のアクチュエータエリア 14 は完全に自由に動作することができる。

10

【0099】

以上のようにして作製した第 2 実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電／電歪アクチュエータの評価実験を以下のようにして行った。

まず、50V の直流電圧を印加し、分極処理を施した。駆動は、各平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 に直流電圧 25V をバイアスとして印加し、50kHz、振幅 25V の電圧を印加し、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 を駆動させた。評価は、各平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の窓部のステンレス薄板（窓あり）23 側から、各平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 上に接合された 50μm 厚のステンレス薄板（窓なし）22 の駆動後 10 秒後及び 1 時間後の最大変位を測定した。また、その際の温度上昇も焦電型温度計を用いて、フレキシブルプリント配線基板 30 表面及びアルミナ基板表面の温度を測定した。また、各平板状圧電／電歪アクチュエータ素子 10 の静電容量を測定し、初期値との比較により電氣的導通の確認を行った。その結果を表 1 に示す。

20

【0100】

【表 1】

パンプ高さ	5μm	10μm	50μm	100μm	10μm(アルミナ基板)
10秒後素子平均温度上昇	140°C	30°C	14°C	10°C	0°C
0.2μm以上の変位	10	100	100	100	0
1時間後素子平均温度上昇	0°C	37°C	18°C	15°C	0°C
0.2μm以上の変位	0	100	100	100	100
電氣的導通	×	○	○	○	×

30

【0101】

表 1 に示すように、1 時間駆動後のアクチュエータにおいて、パンプ高さ 5μm のアクチュエータにおいては、0.2μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は 0 であり、電氣的導通も測定されなかったが、この例のパンプ高さ 10μm 以上のアクチュエータにおいては、0.2μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は各々 100 となり、電氣的導通も測定された。また、アルミナ基板のパンプ高さ 10μm のアクチュエータにおいては、0.2μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は 0 であり、電氣的導通は測定されなかった。

40

【0102】

また、1 時間駆動後のアクチュエータにおいて、パンプ高さ 5μm のアクチュエータの各アクチュエータ素子、パンプ、基板及び接合点を観察したところ、パンプ破壊、基板配線断線が確認された。しかしながら、この例のパンプ高さ 10μm 以上のアクチュエータでは、前述のような破壊は確認されなかった。また、アルミナ基板では基板反りによるパンプ高さばらつきによる、パンプとアクチュエータとの間の接合不良及び、基板の破壊、接合部の破壊が確認された。

【0103】

従って、この例のパンプ高さ 10μm 以上のフレキシブル配線基板一体型アクチュエータは、温度上昇が少なくかつ電氣的な開放がなく、各アクチュエータ素子の安定した変位動

50

作が認められ、実用性が確認された。

【0104】

第3実施例

次に、図7乃至図12を参照して、この発明の第3実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電/電歪アクチュエータについて説明する。

図12は、この発明の第3実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電/電歪アクチュエータのバンプの構成を示す断面図である。

この例のアクチュエータは、前述した第2実施例とほぼ同様の構成であるが、図12に示すように、第2実施例で用いた半球状のバンプ40の代わりに、球状のバンプ40aを用いている。すなわち、半球状のバンプ40の代わりに球状のコア材42aと、球状のコア材42aの外周を被覆する接合材43bとを用いて球状のバンプ40aを形成している。全体構成については、第2実施例と同様であるので省略する。

10

【0105】

次に、図7乃至図12を参照して、この例の配線基板一体型マトリックス配列圧電/電歪アクチュエータの各部の構成について説明する。

フレキシブルプリント配線基板30は、ベースフィルム31、配線パターン32、カバーレイ33の三層構造からなり、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12の配列に対応した電気接合用パッド41へ、Cuを球形状のコア材42aとし球形状のコア材42aの表面にメッキ法によりハンダを接合材43aとして形成した成形ボールを搭載し、ハンダ接合材43aを加熱溶融させ、上記電気接合用パッド41へ固着させることにより球状のバンプ40aを形成した。球状のバンプ40aは、特にコア材42aにCuを選択したので、Cuとハンダとは通常保管条件下においても脆弱な合金層を生成しやすいため、Cuとハンダとの界面にNiのストップ層も形成した。次に、Cuをコア材42aとし、コア材42aの表面にメッキ法によりハンダを接合材43aとして形成した球状の成形ボールを使用して、ハンダの高さ：厚さ比を5：1、5乃至100μmの高さの球状のバンプ40aをフレキシブルプリント配線基板30上に、後述する平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12に対応する位置に100個形成した。ここで、フレキシブルプリント配線基板30は、ベースフィルム31には厚さ25μmのポリイミド材を、配線パターン32には厚さ9μmのCuを、カバーレイ33には厚さ12.5μmのポリイミド材を用いて作製した。電気接合用パッド41は、150μmの円形に形成し、それに対応した配線パターン32を50μmピッチで100本形成した。

20

30

【0106】

平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10は、前述の第2実施例と同様に、圧電材料を用いた。圧電材料にはジルコン酸チタン酸鉛セラミックスを用い、その焼結体を0.5mm×1mm×0.05mmの矩形板に切り出した。次に、この平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の両主面上に共通電極11及び信号電極12を形成した。基板側を共通電極11、対向する側を信号電極12とした。共通電極11は、第一層111にCr、第二層112にAuを用いて二層構造とした。第一層111にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とAuとの密着強度の弱さを補う為である。Auは、Crの酸化防止すなわち電氣的機械的な信頼性確保の為に50nm以上形成した。次に、信号電極12は、第一層121にCr、第二層122にNi、第三層123にAuを用いて三層構造とした。第一層121にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とNiとの密着強度の弱さを補う為である。さらに電極厚みとしてNiは500nm以上必要である。これは、後述する加熱・加圧プロセス時及び経年変化によりNiとハンダの合金層が生成されることによるNi消失を防ぐためである。Niが消失してしまった場合、ハンダはCr層と直接接することになるが、Crは、ハンダと合金層を形成しないため機械的接合強度が極端に低下すなわち信頼性の低下を発生させる。ここではNi厚さを600nmとした。Auは、ハンダ塗れ性確保の為に50nm以上形成する。共通電極11及び信号電極12は、いずれもスパッタリング又はメッキ法等の薄膜形成法で形成した。

40

50

【0107】

基板は、前述した第2実施例と同様に、ステンレスを用い、窓を有しないステンレス薄板22と、窓を有するステンレス薄板23とより構成した。また、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の共通電極11と、基板のステンレス薄板(窓なし)22との電氣的機械的接合は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とステンレス薄板(窓なし)22とが電氣的導通可能なエポキシ樹脂系接着剤等を用いた。基板の作製は、まず、お互いに0.2mmの間隔で、0.5mm×0.5mmの100個の窓を有し、その窓が互いに0.2mmの隙間で配列している板厚0.1mmのステンレス薄板(窓あり)23と、窓を有しない板厚0.05mmのステンレス薄板22とを5μm厚のエポキシ接着剤で貼り合わせた。次に、先に作製した電極を形成した0.5mm×1mm×0.05(厚さ)mmの平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10を100個用意し、エポキシ接着材を用いて0.05mm厚のステンレス薄板(窓なし)22にマトリックス配列で接合した。この際、ステンレス薄板(窓あり)23の窓部の二隅に平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の二隅を一致させた。従って、マトリックス状に配列された平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の対向する2面に共通電極11と信号電極12がそれぞれ形成されており、共通電極11は基板20と電氣的に接続されている。

10

【0108】

次に、図7及び図8を参照して、基板上に設けられた平板状圧電/電歪アクチュエータ素子と、フレキシブルプリント配線基板に設けられたバンプとの接合方法について説明する。

20

まず、上記平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12と、先に形成したフレキシブルプリント配線基板30上の球状のバンプ40aとを互いに対向させ、加熱・加圧を行うことにより信号電極12と球状のバンプ40aとを電氣的に接続した。このとき、フレキシブルプリント配線基板30の配線パターンは平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の上方に配置されるため、フレキシブルプリント配線基板30の実装効率を最大限まで高めることができる。さらに、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とフレキシブルプリント配線基板30との間にはコア材42aによる間隙が存在しており、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12のアクチュエータエリア14は完全に自由に動作することができる。

30

【0109】

以上のようにして作製した第3実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電/電歪アクチュエータの評価実験を以下のようにして行った。

まず、50Vの直流電圧を印加し、分極処理を施した。駆動は、各平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10に直流電圧25Vをバイアスとして印加し、50kHz、振幅25Vの電圧を印加し、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10を駆動させた。評価は、各平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の窓部のステンレス薄板(窓あり)23側から、各平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10上に接合された50μm厚のステンレス薄板(窓なし)22の駆動後10秒後及び1時間後の最大変位を測定した。その際の温度上昇も焦電型温度計をもちいて、フレキシブルプリント配線基板30表面の温度を測定した。また、各平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の静電容量を測定し、初期値との比較により電氣的導通の確認を行った。

40

その結果を表2に示す。

【0110】

【表2】

バンプ高さ	5 μm	10 μm	50 μm	100 μm
10秒後素子平均温度上昇	138°C	31°C	14°C	9°C
0.2 μm 以上の変位	15	100	100	100
1時間後素子平均温度上昇	0°C	35°C	20°C	14°C
0.2 μm 以上の変位	0	100	100	100
電氣的導通	×	○	○	○

【0111】

表2に示すように、1時間駆動後のアクチュエータにおいて、バンプ高さ5 μm のアクチュエータにおいては、0.2 μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は0であり、電氣的導通も測定されなかったが、この例のバンプ高さ10 μm 以上のアクチュエータにおいては、0.2 μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は各々100となり、電氣的導通も測定された。

10

【0112】

また、1時間駆動後のアクチュエータにおいて、バンプ高さ5 μm のアクチュエータの各アクチュエータ素子、バンプ、基板及び接合点を観察したところ、バンプ破壊、基板配線断線が確認された。しかしながら、この例のバンプ高さ10 μm 以上のアクチュエータでは、前述のような破壊は確認されなかった。

20

【0113】

従って、この例のバンプ高さ10 μm 以上のフレキシブル配線基板一体型アクチュエータは、温度上昇が少なくかつ電氣的な開放がなく、各アクチュエータ素子の安定した変位動作が認められ、実用性が確認された。

以上のように、第2実施例と同様の効果が得られた。

【0114】

第4実施例

次に、図7乃至図11、及び図13を参照して、この発明の第4実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータについて説明する。図13は、この発明の第3実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータのアクチュエータの構成を示す断面図である。

30

この例のアクチュエータは、前述した第2実施例とほぼ同様の構成であるが、図13に示すように、第2実施例で用いた平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12の三層構造のうち、必要とする箇所のみ三層構造とし、残りの箇所は、一層構造とした。すなわち、マトリクス状に配列された平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12は、電気接合用エリア13のみ第一層121にCr、第二層122aにNi、第三層123aにAuの三層構造とし、アクチュエータエリア14では、第二層122a及び第三層123aを除去して、第一層121のCr層のみを形成した。

全体構成については、第2実施例と同様であるので省略する。

【0115】

次に、図7乃至図11、及び図13を参照して、この例の配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの各部の構成について説明する。

40

フレキシブルプリント配線基板30は、ベースフィルム31、配線パターン32、カバレイ33の三層構造からなり、バンプ40を平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の電気接合用エリア13に対向させ、加熱・加圧を行うことにより信号電極12とバンプ40とを電氣的に接続した。このとき、アクチュエータエリア10には第一層121のCr層のみ存在しており、Crは、ハンダと合金層を形成しないためアクチュエータエリア14へのハンダ流れ出しを防止する。この実施例では、Cuの高さ：ハンダの厚さ比を5：1とし、300 μm の高さのバンプ40をフレキシブルプリント配線基板30上に、後述する平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12に対応する位置に100個形成した。ここで、バンプ40は、この実施例の効果をより明確化する為に、バンプ高さ

50

を大きく設定した。フレキシブルプリント配線基板 30 は、ベースフィルム 31 には厚さ 25 μm のポリイミド材を、配線パターン 32 には厚さ 9 μm の Cu を、カバーレイ 33 には厚さ 12.5 μm のポリイミド材を用いて作製した。電気接合用パッド 41 は、150 μm の円形に形成し、それに対応した配線パターン 32 を 50 μm ピッチで 100 本形成した。

【0116】

平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 は、圧電材料を用いて作製した。圧電材料にはジルコン酸チタン酸鉛セラミックスを用い、その焼結体を 0.5 mm \times 1 mm \times 0.05 mm の矩形板に切り出した。次に、この平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の両主面上に共通電極 11 及び信号電極 12 を形成し、基板側を共通電極 11、対向する側を信号電極 12 とした。共通電極 11 は、第一層 111 に Cr、第二層 112 に Au を用いて二層構造とした。第一層 111 に Cr を選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 と Au との密着強度の弱さを補う為である。Au は、Cr の酸化防止すなわち電氣的機械的な信頼性確保の為に 50 nm 以上形成した。次に、信号電極 12 は、第一層 121 に Cr、第二層 122 a に Ni、第三層 123 a に Au を用いて三層構造とした。第一層 121 に Cr を選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 と Ni との密着強度の弱さを補う為である。さらに電極厚みとして Ni は 500 nm 以上必要である。これは、後述する加熱・加圧プロセス時及び経年変化により Ni とハンダの合金層が生成されることによる Ni 消失を防ぐためである。Ni が消失してしまった場合、ハンダは Cr 層と直接接することになるが、Cr はハンダと合金層を形成しないため、機械的接合強度が極端に低下すなわち信頼性の低下を発生させる。ここでは Ni 厚さを 600 nm とした。Au は、ハンダ塗れ性確保の為に 50 nm 以上形成する。この実施例では、上述したように、電気接合用エリア 13 のみ第一層 121 に Cr、第二層 122 a に Ni、第三層 123 a に Au の三層構造とし、アクチュエータエリア 14 には第一層 121 である Cr 層のみを形成した。共通電極 11 及び信号電極 12 は、いずれもスパッタリング又はメッキ法等の薄膜形成法で形成した。また、比較の為、電気接合用エリア 13 及びアクチュエータエリア 14 に第一層 121 に Cr、第二層 122 a に Ni、第三層 123 a に Au の三層構造とした比較例も作製した。

【0117】

基板は、前述した第 2 実施例と同様に、ステンレスを用い、窓を有しないステンレス薄板 22 と、窓を有するステンレス薄板 23 より構成した。また、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の共通電極 11 と、基板のステンレス薄板(窓なし) 22 との電氣的機械的接合は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 とステンレス薄板(窓なし) 22 とが電氣的導通可能なエポキシ樹脂系接着剤を用いた。次に、お互いに 0.2 mm の間隔で、0.5 mm \times 0.5 mm の 100 個の窓を有し、その窓が互いに 0.2 mm の隙間で配列している板厚 0.1 mm のステンレス薄板(窓あり) 23 と、窓を有しない板厚 0.05 mm のステンレス薄板(窓なし) 22 とを 5 μm 厚のエポキシ接着剤で貼り合わせた。次に、先に作製した電極を形成した 0.5 mm \times 1 mm \times 0.05 (厚さ) mm の平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 を 100 個用意し、エポキシ接着材を用いて 0.05 mm 厚のステンレス薄板 22 にマトリックス配列で接合した。この際、ステンレス薄板(窓あり) 23 の窓部の二隅に平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の二隅を一致させた。従って、マトリックス状に配列された平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の対向する 2 面に共通電極 11 と信号電極 12 とがそれぞれ形成されており、共通電極 11 はステンレス薄板(窓なし) 22 と電氣的に接続されている。

【0118】

次に、図 7 及び図 8 を参照して、基板上に設けられた平板状圧電/電歪アクチュエータ素子と、フレキシブルプリント配線基板に設けられたバンプとの接合方法について説明する。

まず、上記平板状圧電/電歪アクチュエータ素子 10 の信号電極 12 と、先に形成したフレキシブルプリント配線基板 30 上のバンプ 40 とを互に対向させ、加熱・加圧を行う

10

20

30

40

50

ことにより信号電極 1 2 とパンプ 4 0 とを電氣的に接続した。このとき、フレキシブルプリント配線基板 3 0 の配線パターンは、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 の上方に配置されるため、フレキシブルプリント配線基板 3 0 の実装効率を最大限まで高めることができる。さらに、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 とフレキシブルプリント配線基板 3 0 との間にはコア材 4 2 による間隙が存在しており、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 の信号電極 1 2 のアクチュエータエリア 1 4 は完全に自由に動作することができる。

【 0 1 1 9 】

以上のようにして作製した第 4 実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電 / 電歪アクチュエータの評価実験を以下のようにして行った。

10

まず、50Vの直流電圧を印加し、分極処理を施した。駆動は、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 に直流電圧 25V をバイアスとして印加し、50kHz、振幅 25V の電圧を印加し、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 を駆動させた。評価は、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 の窓部のステンレス薄板（窓あり）23 側から、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 上に接合された 50 μm 厚のステンレス薄板（窓なし）22 の駆動後 10 秒後及び 1 時間後の最大変位を測定した。その際の温度上昇も焦電型温度計を用いて、フレキシブルプリント配線基板 3 0 表面の温度を測定した。また、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 の静電容量を測定し、初期値との比較により電氣的導通の確認を行った。また、比較の為、電気接合用エリア及びアクチュエータ

20

その結果を表 3 に示す。

【 0 1 2 0 】

【表 3】

分離 / 一体	電気実装エリア・アクチュエータエリア分離	電気実装エリア・アクチュエータエリア一体
10秒後素子平均温度上昇	5°C	4°C
0.2 μm 以上の変位	100	26
1時間後素子平均温度上昇	6°C	4°C
0.2 μm 以上の変位	100	26
電氣的導通	○	○

30

【 0 1 2 1 】

表 3 に示すように、1 時間駆動後のアクチュエータにおいて、この例の電気接合用エリア / アクチュエータエリア分離型のアクチュエータにおいては、0.2 μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は 100 であり、電氣的導通も測定されたが、電気接合用エリア / アクチュエータエリア一体型のアクチュエータにおいては、電氣的導通は測定されたが、0.2 μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は 26 となった。

【 0 1 2 2 】

40

また、1 時間駆動後のこの例のアクチュエータにおいては、安定した変位動作が確認された。さらに、各アクチュエータ素子、パンプ、基板、及び接合点を観察したところ、パンプ破壊、基板配線断線は確認されなかった。しかしながら、電気接合用エリア及びアクチュエータエリアの電極を同一層にて形成した比較例では、ハンダの濡れ広がり過剰が原因の異常変位が確認された。

【 0 1 2 3 】

従って、この例のアクチュエータの電極構成において、各アクチュエータ素子の安定した変位動作が認められ、実用性が確認された。

【 0 1 2 4 】

第 5 実施例

50

次に、図7乃至図11、及び図14を参照して、この発明の第5実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータについて説明する。

図14は、この発明の第5実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータのバンプの構成を示す断面図である。

この例のアクチュエータは、第2実施例とほぼ同様の構成であるが、図14に示すように、バンプの接合材の材質を変えている。すなわち、フレキシブルプリント配線基板30上の、信号電極12の配列に対応した電気接合用パッド41へ、Cuを電解メッキ法により半球状に形成しコア材42とし、コア材42の表面に異方性導電樹脂を被覆し接合材43bとして、半球状のバンプ40bを形成した。

全体構成については、第2実施例と同様であるので省略する。

【0125】

次に、図7乃至図11、及び図14を参照して、この例の配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの各部の構成について説明する。

フレキシブルプリント配線基板30は、ベースフィルム31、配線パターン32、カバーレイ33の三層構造からなり、フレキシブルプリント配線基板30上には、Cuの高さ：異方性導電樹脂の厚さ比を5：1とし、5乃至100 μ mの高さのバンプ40bを、後述する平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12に対応する位置に100個形成した。フレキシブルプリント配線基板30は、ベースフィルム31に厚さ25 μ mのポリイミド材を、配線パターン32に厚さ9 μ mのCuを、カバーレイ33に厚さ12.5 μ mのポリイミド材を用いて作製した。電気接合用パッド41は、150 μ mの円形に形成し、それに対応した配線パターン32を50 μ mピッチで100本形成した。

【0126】

平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10は、圧電材料を用いて作製した。圧電材料にはジルコン酸チタン酸鉛セラミックスを用い、その焼結体を0.5mm \times 1mm \times 0.05mmの矩形板に切り出した。次に、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の両主面上に共通電極11及び信号電極12を形成し、基板側を共通電極11、対向する側を信号電極12とした。共通電極11は、第一層111にCr、第二層112にAuを用いて二層構造とした。第一層111にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とAuとの密着強度の弱さを補う為である。Auは、Crの酸化防止すなわち電氣的機械的な信頼性確保の為に50nm以上形成した。次に、信号電極12は、第一層121にCr、第二層122にNi、第三層123にAuを用いて三層構造とした。第一層121にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とNiとの密着強度の弱さを補う為である。共通電極11及び信号電極12は、スパッタリング又はメッキ法等の薄膜形成法で形成した。

【0127】

基板は、前述した第2実施例と同様に、ステンレスを用い、窓を有しないステンレス薄板22と、窓を有するステンレス薄板23より構成した。また、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の共通電極11と、基板のステンレス薄板(窓なし)22との電氣的機械的接合は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とステンレス薄板(窓なし)22とが電氣的導通可能なエポキシ樹脂系接着剤等を用いた。基板の作製は、まず、お互いに0.2mmの間隔で、0.5mm \times 0.5mmの100個の窓を有し、その窓が互いに0.2mmの隙間で配列している板厚0.1mmのステンレス薄板(窓あり)23と、窓を有しない板厚0.05mmのステンレス薄板(窓なし)22とを5 μ m厚のエポキシ接着剤で貼り合わせた。次に、先に作製した電極を形成した0.5mm \times 1mm \times 0.05(厚さ)mmの平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10を100個用意し、エポキシ接着材を用いて0.05mm厚のステンレス薄板(窓なし)22にマトリクス配列で接合した。この際、ステンレス薄板(窓あり)23の窓部の二隅に平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の二隅を一致させた。従って、マトリクス状に配列された平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の対向する2面に共通電極11と信号電極12とがそれぞれ形成されており、共通電極11は、ステンレス薄板(窓なし)22と電氣的に接続されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 8 】

次に、図 7 及び図 8 を参照して、基板上に設けられた平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子と、フレキシブルプリント配線基板に設けられたバンプとの接合方法について説明する。

まず、上記平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 の信号電極 1 2 と、先に形成したフレキシブルプリント配線基板 3 0 上のバンプ 4 0 b とを互いに対向させ、加熱・加圧を行うことにより信号電極 1 2 とバンプ 4 0 b とを電氣的に接続した。このとき、フレキシブルプリント配線基板 3 0 の配線パターンは平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 の上方に配置されるため、フレキシブルプリント配線基板 3 0 の実装効率を最大限まで高めることができる。さらに、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 とフレキシブルプリント配線基板 3 0 との間にはコア材 4 2 による間隙が存在しており、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 の信号電極 1 2 のアクチュエータエリア 1 4 は完全に自由に動作することができる。

10

【 0 1 2 9 】

以上のようにして作製した第 5 実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電 / 電歪アクチュエータの評価実験を以下のようにして行った。

まず、50V の直流電圧を印加し、分極処理を施した。駆動は、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 に直流電圧 25V をバイアスとして印加し、50kHz、振幅 25V の電圧を印加し、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 を駆動させた。評価は、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 の窓部のステンレス薄板（窓あり）23 側から、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 上に接合された 50 μm 厚のステンレス薄板（窓なし）22 の駆動後 10 秒後及び 1 時間後の最大変位を測定した。その際の温度上昇も焦電型温度計をもちいて、フレキシブルプリント配線基板 3 0 表面の温度を測定した。また、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 1 0 の静電容量を測定し、初期値との比較により電氣的導通の確認を行った。

20

その結果を表 4 に示す。

【 0 1 3 0 】

【表 4】

バンプ高さ	5 μm	10 μm	50 μm	100 μm
10秒後素子平均温度上昇	142°C	31°C	12°C	11°C
0.2 μm 以上の変位	15	100	100	100
1時間後素子平均温度上昇	0°C	33°C	20°C	14°C
0.2 μm 以上の変位	0	100	100	100
電氣的導通	×	○	○	○

30

【 0 1 3 1 】

表 4 に示すように、1 時間駆動後のアクチュエータにおいて、バンプ高さ 5 μm のアクチュエータにおいては、0.2 μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は 0 であり、電氣的導通も測定されなかったが、この例のバンプ高さ 10 μm 以上のアクチュエータにおいては、0.2 μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は各々 100 となり、電氣的導通も測定された。

40

【 0 1 3 2 】

また、1 時間駆動後のこの例のアクチュエータにおいて、バンプ高さ 5 μm のアクチュエータの各アクチュエータ素子、バンプ、基板及び接合点を観察したところ、バンプ破壊、基板配線断線が確認された。しかしながら、この例のバンプ高さ 10 μm 以上のアクチュエータでは、前述のような破壊は確認されなかった。

【 0 1 3 3 】

50

従って、この例のバンプ高さ $10\ \mu\text{m}$ 以上のフレキシブル配線基板一体型アクチュエータは、温度上昇が少なくかつ電氣的な開放がなく、各アクチュエータ素子の安定した変位動作が認められ、実用性が確認された。

以上のように、第2実施例と同様の効果が得られた。

【0134】

第6実施例

次に、図7乃至図11、及び図15を参照して、この発明の第6実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電/電歪アクチュエータについて説明する。図15は、この発明の第6実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電/電歪アクチュエータのバンプの構成を示す断面図である。

この実施例は、第2実施例とほぼ同様の構成であるが、図15に示すように、バンプの接合材の材質を変えている。すなわち、フレキシブルプリント配線基板30上に形成された、信号電極12の配列に対応した電気接合用パッド41へ、Cuを電解メッキ法により半球状に形成しコア材42とし、コア材42の表面にメッキ法によりAuを被覆し接合材43cとし、半球状のバンプ40cを形成した。

全体構成については、第2実施例と同様であるので省略する。

【0135】

次に、図7乃至図11、及び図15を参照して、この例の配線基板一体型マトリックス配列圧電/電歪アクチュエータの各部の構成について説明する。

フレキシブルプリント配線基板30は、ベースフィルム31、配線パターン32、カバーレイ33の三層構造からなり、フレキシブルプリント配線基板30上には、Cuをコア材42とし、Auの厚さを $1\ \mu\text{m}$ とした接合材43cで5乃至 $100\ \mu\text{m}$ の高さのバンプ40cを、後述する平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12に対応する位置に100個形成した。ここで、フレキシブルプリント配線基板30は、ベースフィルム31には厚さ $25\ \mu\text{m}$ のポリイミド材を、配線パターン32には厚さ $9\ \mu\text{m}$ のCuを、カバーレイ33には厚さ $12.5\ \mu\text{m}$ のポリイミド材を用いて作製した。電気接合用パッド41は $150\ \mu\text{m}$ の円形に形成し、それに対応した配線パターン32を $50\ \mu\text{m}$ ピッチで100本形成した。また比較の為、厚さ $100\ \mu\text{m}$ のアルミナ基板上に円形の $150\ \mu\text{m}$ の電気接合用パッド41を形成し、それに対応したCu配線パターン32を $50\ \mu\text{m}$ ピッチで100本形成した。

【0136】

平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10は、圧電材料を用いて作製した。圧電材料にはジルコン酸チタン酸鉛セラミックスを用い、その焼結体を $0.5\ \text{mm} \times 1\ \text{mm} \times 0.05\ \text{mm}$ の矩形板に切り出した。次に、この平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の両主面上に共通電極11及び信号電極12を形成し、基板20側を共通電極11、対向する側を信号電極12とした。共通電極11は、第一層111にCr、第二層112にAuを用いて二層構造とした。第一層111にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とAuとの密着強度の弱さを補う為である。Auは、Crの酸化防止すなわち電氣的機械的な信頼性確保の為に $50\ \text{nm}$ 以上形成した。次に、信号電極12は、第一層121にCr、第二層122にNi、第三層123にAuを用いて三層構造とした。第一層121にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とNiとの密着強度の弱さを補う為である。共通電極11及び信号電極12は、いずれもスパッタリング又はメッキ法等の薄膜形成法で形成した。

【0137】

基板は、第2実施例と同様に、ステンレスを用い、窓を有しないステンレス薄板22と、窓を有するステンレス薄板23より構成した。また、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の共通電極11と、基板のステンレス薄板(窓なし)22との電氣的機械的接合は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とステンレス薄板(窓なし)22とが電氣的導通可能なエポキシ樹脂系接着剤を用いた。基板の作製は、まず、お互いに $0.2\ \text{mm}$ の間隔で、 $0.5\ \text{mm} \times 0.5\ \text{mm}$ の100個の窓を有し、その窓が互いに $0.2\ \text{mm}$ の隙間

10

20

30

40

50

で配列している板厚 0.1 mm のステンレス薄板（窓あり）23 と、窓を有しない板厚 0.05 mm のステンレス薄板（窓なし）22 とを 5 μm 厚のエポキシ接着剤で貼り合わせた。先に作製した電極を形成した 0.5 mm × 1 mm × 0.05（厚さ）mm の平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 を 100 個用意し、エポキシ接着材を用いて 0.05 mm 厚のステンレス薄板（窓なし）22 にマトリックス配列で接合した。この際、ステンレス薄板（窓あり）23 の窓部の二隅に平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の二隅を一致させた。従って、マトリックス状に配列された平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の対向する 2 面に共通電極 11 と信号電極 12 がそれぞれ形成されており、共通電極 11 は基板 20 と電氣的に接続されている。

【0138】

次に、図 7 及び図 8 を参照して、基板上に設けられた平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子と、フレキシブルプリント配線基板に設けられたバンプとの接合方法について説明する。

まず、上記平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の信号電極 12 と、先に形成したフレキシブルプリント配線基板 30 上のバンプ 40c とを互いに対向させ、加熱・加圧を行うことにより信号電極 12 とバンプ 40c を電氣的に接続した。このとき、フレキシブルプリント配線基板 30 の配線パターンは平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の上方に配置されるため、フレキシブルプリント配線基板 30 の実装効率を最大限まで高めることができる。さらに、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 とフレキシブルプリント配線基板 30 との間にはコア材 42 による間隙が存在しており、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の信号電極 12 のアクチュエータエリア 14 は完全に自由に動作することができる。

【0139】

以上のようにして作製した第 6 実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電 / 電歪アクチュエータの評価実験を以下のようにして行った。

まず、50 V の直流電圧を印加し、分極処理を施した。駆動は、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 に直流電圧 25 V をバイアスとして印加し、50 kHz、振幅 25 V の電圧を印加し、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 を駆動させた。評価は、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の窓部のステンレス薄板（窓あり）23 側から、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 上に接合された 50 μm 厚のステンレス薄板（窓なし）22 の駆動後 10 秒後及び 1 時間後の最大変位を測定した。その際の温度上昇も焦電型温度計を用いて、フレキシブルプリント配線基板 30 表面の温度を測定した。また、各平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子 10 の静電容量を測定し、初期値との比較により電氣的導通の確認を行った。

その結果を表 5 に示す。

【0140】

【表 5】

バンプ高さ	5 μm	10 μm	50 μm	100 μm
10秒後素子平均温度上昇	135°C	28°C	17°C	13°C
0.2 μm 以上の変位	15	100	100	100
1時間後素子平均温度上昇	0°C	38°C	19°C	18°C
0.2 μm 以上の変位	0	100	100	100
電氣的導通	×	○	○	○

【0141】

表 5 に示すように、1 時間駆動後のアクチュエータにおいて、バンプ高さ 5 μm のアクチュエータにおいては、0.2 μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は 0 であ

10

20

30

40

50

ったが、この例のバンプ高さ $10\ \mu\text{m}$ 以上のアクチュエータにおいては、 $0.2\ \mu\text{m}$ 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は各々 100 となった。

【0142】

また、1時間駆動後のアクチュエータにおいて、バンプ高さ $5\ \mu\text{m}$ のアクチュエータの各アクチュエータ素子、バンプ、基板及び接合点を観察したところバンプ破壊、基板配線断線が確認された。しかしながら、この例のバンプ高さ $10\ \mu\text{m}$ 以上のアクチュエータでは、前述のような破壊は確認されなかった。

【0143】

従って、この例のバンプ高さ $10\ \mu\text{m}$ 以上のフレキシブル配線基板一体型アクチュエータは、温度上昇が少なくかつ電氣的な開放がなく、各アクチュエータ素子の安定した変位動作が認められ、実用性が確認された。

以上のように、第2実施例と同様の効果が得られた。

【0144】

第7実施例

次に、図7乃至図11、及び図16を参照して、この発明の第7実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータについて説明する。

図16は、この発明の第7実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータのバンプの構成を示す断面図である。

この例のアクチュエータは、第2実施例とほぼ同様の構成であるが、図16に示すように、コア材42と接合材43とを同じ材質で形成している。すなわち、フレキシブルプリント配線基板30上の、信号電極12の配列に対応した電気接合用パッド41へ、ハンダを電解メッキ法により半球状に形成し、バンプ40dとした。従って、ハンダのみでコア材と接合材とを形成している。

全体構成については、第2実施例と同様であるので省略する。

【0145】

次に、図7乃至図11、及び図16を参照して、この例の配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの各部の構成について説明する。

フレキシブルプリント配線基板は、ベースフィルム31、配線パターン32、カバーレイ33の三層構造からなり、フレキシブルプリント配線基板30上には、5乃至 $100\ \mu\text{m}$ の高さのAuバンプ40dを、後述する平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12に対応する位置に 100 個形成した。ここで、フレキシブルプリント配線基板30はベースフィルム31には厚さ $25\ \mu\text{m}$ のポリイミド材を、配線パターン32には厚さ $9\ \mu\text{m}$ のCuを、カバーレイ33には厚さ $12.5\ \mu\text{m}$ のポリイミド材を用いて作製した。電気接合用パッド41は $150\ \mu\text{m}$ の円形に形成し、それに対応した配線パターン32を $50\ \mu\text{m}$ ピッチで 100 本形成した。また比較の為、厚さ $100\ \mu\text{m}$ のアルミナ基板上に円形の $150\ \mu\text{m}$ の電気接合用パッド41を形成し、それに対応したCu配線パターン32を $50\ \mu\text{m}$ ピッチで 100 本形成した。

【0146】

平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10は、圧電材料を用いて作製した。圧電材料にはジルコン酸チタン酸鉛セラミックスを用い、その焼結体を $0.5\ \text{mm} \times 1\ \text{mm} \times 0.05\ \text{mm}$ の矩形板に切り出した。次に、この平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の両主面上に共通電極11及び信号電極12を形成し、基板側を共通電極11、対向する側を信号電極12とした。共通電極11は、第一層111にCr、第二層112にAuを用いて二層構造とした。第一層111にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とAuとの密着強度の弱さを補う為である。AuはCrの酸化防止すなわち電氣的機械的な信頼性確保の為に $50\ \text{nm}$ 以上形成した。次に、信号電極12は、第一層121にCr、第二層122にNi、第三層123にAuを用いて三層構造とした。第一層121にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とNiとの密着強度の弱さを補う為である。共通電極11及び信号電極12は、いずれもスパッタリング又はメッキ法等の薄膜形成法で形成した。

【 0 1 4 7 】

基板は、第2実施例と同様に、ステンレスを用いて、窓を有しないステンレス薄板22と、窓を有するステンレス薄板23より構成した。また、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の共通電極11と、基板のステンレス薄板(窓なし)22との電氣的機械的接合は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とステンレス薄板(窓なし)22とが電氣的導通可能なエポキシ樹脂系接着剤を用いた。基板の作製は、まず、お互いに0.2mmの間隔で、0.5mm×0.5mmの100個の窓を有し、その窓が互いに0.2mmの隙間で配列している板厚0.1mmのステンレス薄板(窓あり)23と、窓を有しない板厚0.05mmのステンレス薄板(窓なし)22とを5μm厚のエポキシ接着剤で貼り合わせた。先に作製した電極を形成した0.5mm×1mm×0.05(厚さ)mmの平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10を100個用意し、エポキシ接着材を用いて0.05mm厚のステンレス薄板(窓なし)22にマトリックス配列で接合した。この際、ステンレス薄板(窓あり)23の窓部の二隅に平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の二隅を一致させた。従って、マトリックス状に配列された平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の対向する2面に共通電極11と信号電極12がそれぞれ形成されており、共通電極11は基板20と電氣的に接続されている。

10

【 0 1 4 8 】

次に、図7及び図8を参照して、基板20上に設けられた平板状圧電/電歪アクチュエータ素子と、フレキシブルプリント配線基板30に設けられたバンプとの接合方法について説明する。

20

まず、上記平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12と、先に形成したフレキシブルプリント配線基板30上のバンプ40dとを互に対向させ、加熱・加圧を行うことにより信号電極12とバンプ40dとを電氣的に接続した。このとき、フレキシブルプリント配線基板30の配線パターンは平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の上方に配置されるため、フレキシブルプリント配線基板30の実装効率を最大限まで高めることができる。さらに、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とフレキシブルプリント配線基板30との間にはバンプ40dによる間隙が存在しており、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12のアクチュエータエリア14は完全に自由に動作することができる。

【 0 1 4 9 】

以上のようにして作製した第7実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電/電歪アクチュエータの評価実験を以下のようにして行った。

30

まず、50Vの直流電圧を印加し、分極処理を施した。駆動は、各平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10に直流電圧25Vをバイアスとして印加し、50Hz、振幅25Vの電圧を印加し、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10を駆動させた。評価は、各平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の窓部のステンレス薄板(窓あり)23側から、各平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10上に接合された50μm厚のステンレス薄板(窓なし)22の駆動後10秒後及び1時間後の最大変位を測定した。その際の温度上昇も焦電型温度計を用いて、フレキシブルプリント配線基板30表面の温度を測定した。また、各平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の静電容量を測定し、初期値との比較により電氣的導通の確認を行った。

40

その結果を表6に示す。

【 0 1 5 0 】

【表6】

パンプ高さ	5 μm	10 μm	50 μm	100 μm
10秒後素子平均温度上昇	147°C	33°C	15°C	10°C
0.2 μm 以上の変位	15	100	100	100
1時間後素子平均温度上昇	0°C	40°C	21°C	15°C
0.2 μm 以上の変位	0	100	100	100
電氣的導通	×	○	○	○

10

【0151】

表6に示すように、1時間駆動後のアクチュエータにおいて、パンプ高さ5 μm のアクチュエータにおいては、0.2 μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は0であり、電氣的導通も測定されなかったが、この例のパンプ高さ10 μm 以上のアクチュエータにおいては、0.2 μm 以上の変位が確認されたアクチュエータ素子数は各々100となり、電氣的導通も測定された。

【0152】

また、1時間駆動後のアクチュエータにおいて、パンプ高さ5 μm のアクチュエータの各アクチュエータ素子、パンプ、基板及び接合点を観察したところ、パンプ破壊、基板配線断線が確認された。しかしながら、この例のパンプ高さ10 μm 以上のアクチュエータでは、前述のような破壊は確認されなかった。

20

【0153】

従って、この例のパンプ高さ10 μm 以上のフレキシブル配線基板一体型アクチュエータは、温度上昇が少なくかつ電氣的な開放がなく、各アクチュエータ素子の安定した変位動作が認められ、実用性が確認された。

以上のように、第2実施例と同様の効果が得られた。

【0154】

次に、図7乃至図11、並びに図17及び図18を参照して、この発明の第8の実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータについて説明する。

図17は、この発明の第8実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの全体構成を示す斜視図であり、図19は、図18のJ-J断面図である。

30

この例のアクチュエータは、前述した第2実施例とほぼ同様の構成であるが、図17及び図18に示すように、基板の構成を、ステンレス薄板(窓あり)、ステンレス薄板(窓なし)の他にポリイミドフィルム24を追加している。

全体構成については、第2実施例と同様であるので省略する。

【0155】

次に、図7乃至図11、並びに図17及び図18を参照して、この例の配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの各部の構成について説明する。

フレキシブルプリント配線基板30は、ベースフィルム31、配線パターン32、カバーレイ33の三層構造からなり、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12の配列に対応した電気接合用パッド41へ、Cuを電解メッキ法により半球状に形成しコア材42とし、コア材42の表面に電解メッキ法によりハンダ308を形成し半球状のパンプ40を形成した。Cuは、ヤング率が 112.5×10^5 (kg/cm^2)であることが一般に知られている。Cuはまた、非常に柔らかい為、後述する加熱・加圧プロセス時パンプ40の高さばらつきをコア材42自身の変形により吸収することができる。但し、Cuとハンダとは通常保管条件下においても脆弱な合金層を生成しやすいため、Cuとハンダとの界面にNiのストッパ層を形成した。コア材42としてはCu以外にNiを用いることもできる。ハンダメッキ層厚は5 μm 以上が望ましい。これは、後述する加熱・加圧プロセス後のハンダ濡れ広がり直径及びハンダメッキ層厚に強い相関関係があり、ハンダメッキ層厚が5 μm 以下の場合、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10との機

40

50

械的接合強度の低下すなわち信頼性の低下を発生させてしまうからである。この実施例では、Cuとハンダの高さ：厚さ比を5：1とし5 μ m乃至10 μ mの高さのバンプ40をフレキシブルプリント配線基板30上に、後述する平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12に対応する位置に100個形成した。ここで、フレキシブルプリント配線基板30は、ベースフィルム31には厚さ25 μ mのポリイミド材を、配線パターン32には厚さ9 μ mのCuを、カバーレイ33には厚さ12.5 μ mのポリイミド材を用いて作製した。電気接合用パッド41は、150 μ mの円形に形成し、それに対応した配線パターン32を50 μ mピッチで100本形成した。また比較の為、厚さ100 μ mのアルミナ基板の上に円形の150 μ mの電気接合用パッド41、10 μ m高さのバンプ40を形成し、それに対応したCu配線パターン32を50 μ mピッチで100本形成した。

10

【0156】

平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10は、圧電材料を用いて作製した。圧電材料にはジルコニウム酸チタン酸鉛セラミックスを用い、その焼結体を0.5mm \times 1mm \times 0.05mmの矩形板に切り出した。次に、この平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の両主面上に共通電極11及び信号電極12を形成し、基板側を共通電極11、対向する側を信号電極12とした。共通電極11は、第一層111にCr、第二層112にAuを用いて二層構造とした。第一層111にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とAuとの密着強度の弱さを補う為である。Auは、Crの酸化防止すなわち電氣的機械的な信頼性確保の為に50nm以上形成した。次に、信号電極12は、第一層121にCr、第二層122にNi、第三層123にAuを用いて三層構造とした。第一層121にCrを選択した理由は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とNiとの密着強度の弱さを補う為である。さらに電極厚みとしてNiは500nm以上必要である。これは、後述する加熱・加圧プロセス時及び経年変化によりNiとハンダの合金層が生成されることによるNi消失を防ぐためである。Niが消失してしまった場合、ハンダはCr層と直接接することになるが、Crはハンダと合金層を形成しないため機械的接合強度が極端に低下すなわち信頼性の低下を発生させる。ここではNi厚さを600nmとした。Auは、ハンダ塗れ性確保の為に50nm以上形成する。共通電極11及び信号電極12は、いずれもスパッタリング又はメッキ法等の薄膜形成法で形成した。

20

【0157】

基板は、第2実施例と同様に、ステンレスを用い、窓を有しないステンレス薄板22と、窓を有するステンレス薄板23より構成した。また、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の共通電極11と、基板のステンレス薄板(窓なし)22との電氣的機械的接合は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とステンレス薄板(窓なし)22とが電氣的導通可能なエポキシ樹脂系接着剤を用いた。また、ステンレス薄板(窓なし)とステンレス薄板(窓あり)との接合もエポキシ樹脂系接着剤を用い、さらに、ステンレス薄板(窓あり)23と、ポリイミド樹脂を材料としたポリイミドフィルム24との接合も、エポキシ樹脂系接着剤を用いた。基板の作製は、まず、お互いに0.2mmの間隔で、0.5mm \times 0.5mmの100個の窓を有し、その窓が互いに0.2mmの隙間で配列している板厚0.1mmのステンレス薄板(窓あり)23と、窓を有しない板厚0.05mmのステンレス薄板(窓なし)22とを5 μ m厚のエポキシ接着剤で貼り合わせた。先に作製した電極を形成した0.5mm \times 1mm \times 0.05(厚さ)mmの平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10を100個用意し、エポキシ接着材を用いて0.05mm厚のステンレス薄板(窓なし)22にマトリックス配列で接合した。この際、ステンレス薄板(窓あり)23の窓部の二隅に平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の二隅を一致させた。従って、マトリックス状に配列された平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の対向する2面に共通電極11と信号電極12がそれぞれ形成されており、共通電極11は基板20と電氣的に接続されている。次に、板厚0.1mmのステンレス薄板(窓あり)23のアクチュエータ素子10の反対面にポリイミド樹脂を材料とした厚さ50 μ mのポリイミドフィルム24をエポキシ接着剤で貼り合わせ、そのポリイミドフィルム24にステンレス薄板(窓

30

40

50

あり) 23に形成してある0.5mm×0.5mmの100個の窓と1対1で対応した直径30μmの貫通穴25を形成し、0.05mm厚のステンレス薄板(窓なし)22とポリイミドフィルム24とで囲まれたステンレス薄板(窓あり)23に形成してある0.5mm×0.5mmの100個の窓の各々に液状インク26を充填した。

【0158】

次に、図7及び図8を参照して、基板上に設けられた平板状圧電/電歪アクチュエータ素子と、フレキシブルプリント配線基板に設けられたバンプとの接合方法について説明する。

まず、上記平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12と、先に形成したフレキシブルプリント配線基板30上のバンプ40とを互いに対向させ、加熱・加圧を行うことにより信号電極12とバンプ40を電氣的に接続した。このとき、フレキシブルプリント配線基板30の配線パターンは平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の上方に配置されるため、フレキシブルプリント配線基板30の実装効率を最大限まで高めることができる。さらに、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10とフレキシブルプリント配線基板30及びアルミナ基板との間にはコア材42による間隙が存在しており、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12のアクチュエータエリア14は完全に自由に動作することができる。

【0159】

以上のようにして作製した第8実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電/電歪アクチュエータの評価実験を以下のようにして行った。

まず、50Vの直流電圧を印加し、分極処理を施した。駆動は、各平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10に直流電圧25Vをバイアスとして印加し、10kHz、振幅25Vの電圧を印加し、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10を駆動させ、10秒連続駆動後及び1時間連続駆動後のインク液滴噴射の滴体積、インク滴速度を測定した。ここでインク液滴噴射のインク滴体積安定性は、ポリイミドフィルム24と対向する平行な位置に配した記録紙上へのインク液滴着弾直径を測定することにより確認を行った。

その結果を表7に示す。

【0160】

【表7】

バンプ高さ	5μm	10μm	50μm	10μm(アルミナ基板)
10秒後インク滴着弾直径	68μm(一部)	85μm	14°C	インク液滴噴射せず
1時間後インク滴着弾直径	インク液滴噴射せず	84μm	100	インク液滴噴射せず
10秒後インク滴速度	6.5m/sec(一部)	9.5m/sec	18°C	インク液滴噴射せず
1時間後インク滴速度	インク液滴噴射せず	9.3m/sec	○	インク液滴噴射せず

【0161】

表7に示すように、1時間駆動後のアクチュエータにおいて、バンプ高さ5μmのアクチュエータ、及びアルミナ基板を用いたバンプ高さ10μmのアクチュエータにおいては、インク液滴は噴射されなかったが、この例のバンプ高さ10μmのアクチュエータにおいては、インク液滴着弾直径は84μm、インク滴速度は9.3m/secと測定された。

【0162】

また、1時間駆動後のこの例のアクチュエータにおいて、バンプ高さ5μmの各アクチュエータ素子、バンプ、基板及び接合点は、バンプ破壊、基板配線断線によりインク液滴噴射は確認できなかった。しかしながら、この例のバンプ高さ10μmのアクチュエータにおいては、インク滴体積、インク滴速度の変化がない安定したインク液滴噴射が確認された。また、アルミナ基板では、基板反りによるバンプ高さばらつきにより、バンプとアク

チュエータとの間の接合不良、及び基板の破壊、接合部の破壊が確認された。

【0163】

従って、この例のバンプ高さ10 μ m以上のフレキシブル配線基板一体型アクチュエータは、インクジェット式記録ヘッドのインク液滴噴射用として適用することができる。

【0164】

以上、この発明を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更があってもこの発明に含まれる。

例えば、上述の実施例においては、配線基板として、フレキシブルプリント配線基板30を用いたが、これに限定されず、他の配線基板を使用することもできる。

10

【0165】

また、上述の実施例においては、複数の平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10を、マトリクス配列した例について説明したが、これに限定されず、例えば、N個の平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10のP行Q列(N, P, Qは2の自然数、 $N = P \times Q$)のマトリクス配列を、最外行が(Q - n)列、あるいは最外列が(P - m)行(n, mは自然数)等と変形した配列にも適用できる。

【0166】

また、上述の実施例においては、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の両主面上に共通電極11及び信号電極12を形成し、基板側を共通電極11、対向する側を信号電極12としたが、これに限定されず、基板側を信号電極12、対向する側を共通電極11とすることもできる。

20

【0167】

また、上述の実施例においては、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の共通電極11は、単層又は二層構造で構成されたとしたが、これに限定されず、必要ならば、さらに複数の多層構造で構成することができる。

【0168】

また、上述の実施例においては、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10の信号電極12は、単層乃至三層構造で構成されたとしたが、これに限定されず、さらに複数の多層構造にすることができる。

【0169】

また、上述の実施例においては、共通電極11の材料は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10に接する第一層111の材料としてCrを用いたが、これに限定されず、可能ならば他の材料を用いることもできる。

30

【0170】

また、上述の実施例においては、共通電極11の材料は、基板20に接する第一層112の材料としてAuを用いたが、これに限定されず、可能ならば他の材料を用いることができる。

【0171】

また、上述の実施例においては、信号電極12の材料は、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10に接する第一層121としてCrを用いたが、これに限定されず、可能ならば他の材料を用いることができる。

40

【0172】

また、上述の実施例においては、信号電極12の材料は、中間層である第二層122にNiを用いたが、これに限定されず、可能ならば他の材料を用いることができる。

【0173】

また、上述の実施例においては、信号電極12の材料は、バンプ40に接する第三層にAuを用いたが、これに限定されず、可能ならば他の材料を用いることができる。

【0174】

また、上述の実施例においては、平板状圧電/電歪アクチュエータ素子10, 共通電極11, 及び信号電極12は、バンプ40と接合されるための電気接合用エリア13と、平板

50

状圧電／電歪アクチュエータ素子が駆動するためのアクチュエータエリア14とを有するとしたが、これに限定されず、パンプ40と接合され、かつ、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10が駆動できるならば、分割せずに構成することもできるし、あるいは、他の複数の機能部分に分割することもできる。

【0175】

また、上述の実施例においては、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10とステンレス薄板（窓なし）22との接合にエポキシ系樹脂を用いたが、これに限定されず、電氣的導通が可能ならば、他の接着材を用いることができる。

【0176】

また、上述の実施例においては、球状のコア材44としてはCuを用いたが、これに限定されず、NiやAgを使用することもできる。

【0177】

また、上述の実施例においては、フレキシブルプリント配線基板30にコア材42を設けるとしたが、これに限定されず、平板状圧電／電歪アクチュエータ素子10の信号電極12の電気接合用エリア13上にコア材を搭載し、ハンダを加熱溶融させることによりパンプを形成することもできる。

【0178】

また、上述の実施例においては、パンプ40の導電性のコア材42は、半球状又は球状に形成されるとしたが、これに限定されず、コア材として機能すれば、いかなる形状にも形成することができる。

【0179】

また、上述の実施例においては、導電性のコア材42は、金属又はセラミック等の無機材料、あるいはハンダ材料より形成されるとしたが、可能ならば他のいかなる材料を使用することもできる。

【0180】

また、上述の実施例においては、導電性の接合材43は、金属、異方性導電樹脂、あるいはハンダ材料で形成されるとしたが、エポキシ系樹脂を用いることもでき、あるいは可能ならば他の材料を用いることもできる。

【0181】

また、上述の実施例においては、導電性のコア材42と導電性の接合材43とを共にハンダを用いて形成しパンプ40dとしたが、これに限らず、ハンダ以外の材料、例えばAuを用いて形成することもできる。

【0182】

また、上述の実施例においては、基板の材料として、ステンレスを用いたが、これに限定されず、Ni、コパル等を用いることができる。さらに、有機樹脂フィルム上にNi等を薄膜形成したのも用いることができる。

【0183】

また、上述の実施例においては、フレキシブルプリント配線基板30上のパンプ40は、加熱、加圧、又は加振により信号電極11と電氣的に接続されるとしたが、これに限定されず、可能ならば、加熱、加圧、加振以外の工程を用いて接合することもできる。

【0184】

また、上述の実施例においては、前記格子状配列構造の圧電／電歪アクチュエータ素子10を、インクジェット式記録ヘッドのインク液滴噴射用として適用するとしたが、これに限定されず、光スイッチ、あるいは光位相変換素子等、様々な装置に適用することができる。

【0185】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明の構成によれば、余分な配線引き回しや接合工程を削除でき、フレキシブルプリント配線基板の実装効率を最大限まで高めることができ、基板上にマトリックスに配列された複数個の平板状圧電／電歪アクチュエータ素子への電気接合の

10

20

30

40

50

高密度化及び低コスト化が容易に達成できる。

その理由は、従来技術 1 で説明した平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子への電気接合方法に一箇所づつワイヤボンディングを順次施すことにより複数の端子接合が行われる方式、及び、従来技術 2 で説明した基板上にマトリックスに配列された複数個の平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子へスクリーン印刷を施すことによりマトリックス導電パターンを一旦一次元系に再配列した後、フレキシブルプリント基板へ電氣的に接合する方式を行うことなく、マトリックス状に配列された平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子とその配列に対応したフレキシブルプリント配線基板上の電気接合用パッド上の半球状のバンプとを加熱・加圧により電氣的に接続しているためである。

【 0 1 8 6 】

また、この発明の構成によれば、製造歩留まりが向上することができ、特に低コスト化を実現することができる。

その理由は、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子の電気接合用エリア直下に剛体を接合することにより、加圧時に発生するフレキシブルプリント配線基板上のバンプの先端と平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子の電氣的接合用エリアとの応力集中により平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子が撓み変形を起こし、破損してしまうことを防止すると共に電気接合用エリア自身の振動も抑制されるため、金属疲労等による電気接合部の破損を防止することができるからである。

【 0 1 8 7 】

また、この発明の構成によれば、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子の持つ本来の特性を効率的に利用できる。

その理由は、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子とフレキシブルプリント配線基板との間には、コア材による間隙が存在しており、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子は、完全に自由に動作することができるためである。

【 0 1 8 8 】

また、この発明の構成によれば、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子の電気接合後の長期的信頼性確保が可能になる。

その理由は、上述したように、平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子の電気接合用エリア直下に剛体を接合し、加圧時に発生するフレキシブルプリント配線基板上の半球状のバンプの先端と平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子の電気接合用エリアとの応力集中による圧電アクチュエータの破損を防止すると共に、電気接合用エリア自身の振動も抑制されるため、金属疲労等による電気接合部の破損を防止することができるためである。

【 0 1 8 9 】

また、他の理由は、バンプを半球状に形成することにより平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子とのコンタクトを確実に行うことができ、フレキシブルプリント配線基板と平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子との間に角度（コンタクト部への片あたり）が生じ、且つ平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子に脆性材料を用いた場合、加熱・加圧プロセス時に平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子が破損することを防止することができるためである。

【 0 1 9 0 】

また、他の理由は、配線基板をリジットにすると、基板の反りにより接合不良が発生する可能性があるが、フレキシブルプリント配線基板は、一般にポリイミドを用いているため、平面度の高い金属で作製されたツールで押すことで反りが完全に吸収され、さらに、マトリックスに配列された複数個の平板状圧電 / 電歪アクチュエータ素子の環境温度変化によるピッチ変化にも追従することができるからである。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 この発明の第 1 実施例である配線基板一体型マトリックス配列圧電 / 電歪アクチュエータの全体構成を示す斜視図である。（ a ）は接合前、（ b ）は接合後の全体構成を示す。

【 図 2 】 図 1 （ a ） の A - A 断面図である。

10

20

30

40

50

【図3】図1(b)のB-B断面図である。

【図4】図2のD-D矢視図である。

【図5】図1(a)のC-C矢視図である。

【図6】この発明の第2実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの全体構成を示す斜視図である。(a)は接合前、(b)は接合後の全体構成を示す。

【図7】図7(a)のE-E断面図である。

【図8】図7(b)のF-F断面図である。

【図9】図9のI-I断面図である。

【図10】図7のG部の詳細拡大図である。

10

【図11】図8のH部の詳細拡大図である。

【図12】この発明の第3実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータのバンプの構成を示す断面図である。

【図13】この発明の第4実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの接合部の構成を示す断面図である。

【図14】この発明の第5実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータのバンプの構成を示す断面図である。

【図15】この発明の第6実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータのバンプの構成を示す断面図である。

【図16】この発明の第7実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータのバンプの構成を示す断面図である。

20

【図17】この発明の第8実施例である配線基板一体型マトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの全体構成を示す斜視図である。

【図18】図17のJ-J断面図である。

【図19】従来技術1のマトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの構成を示す斜視図である。

【図20】従来技術2のマトリクス配列圧電/電歪アクチュエータの構成を示す斜視図である。

【符号の説明】

10 平板状圧電/電歪アクチュエータ素子

30

11 共通電極

12 信号電極

13 電気接合用エリア

14 アクチュエータエリア

20 基板

21 剛体

22 ステンレス薄板(窓なし)

23 ステンレス薄板(窓あり)

24 ポリイミドフィルム

25 貫通穴

40

26 液状インク

30 フレキシブルプリント配線基板

31 ベースフィルム

32 配線パターン

33 カバーレイ

40 バンプ(半球状)

40a バンプ(球状)

40b バンプ(接合剤に異方性導電樹脂を使用)

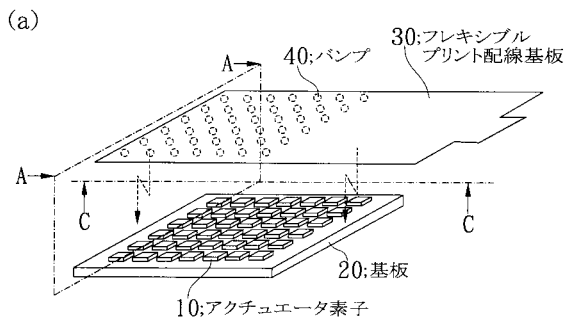
40c バンプ(接合剤にAuを使用)

40d バンプ(ハンダを使用)

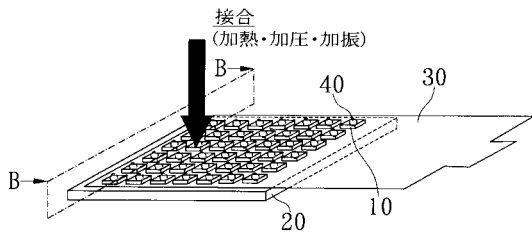
50

- 4 1 パッド
- 4 2 コア材 (半球状)
- 4 2 a コア材 (球状)
- 4 3 接合材 (半球状)
- 4 3 a 接合材 (球状)
- 4 3 b 接合材 (異方性導電樹脂)
- 4 3 c 接合剤 (Au)
- 1 1 1 共通電極第一層
- 1 1 2 共通電極第二層
- 1 2 1 信号電極第一層
- 1 2 2 信号電極第二層
- 1 2 2 a 信号電極第二層 (電気接合用エリアのみ)
- 1 2 3 信号電極第三層
- 1 2 3 a 信号電極第三層 (電気接合用エリアのみ)

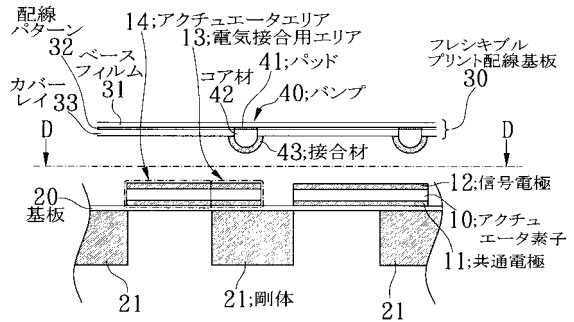
【図 1】



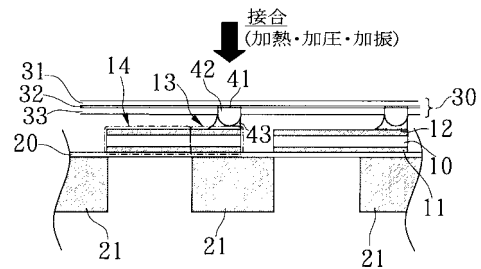
(b)



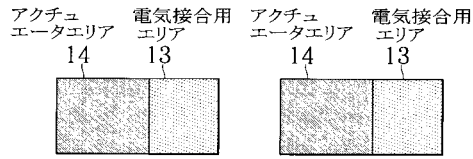
【図 2】



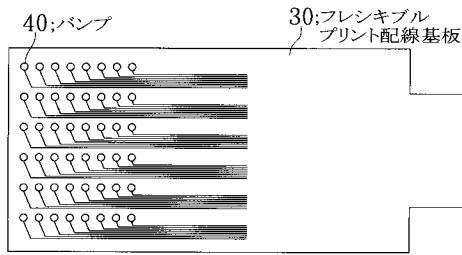
【図 3】



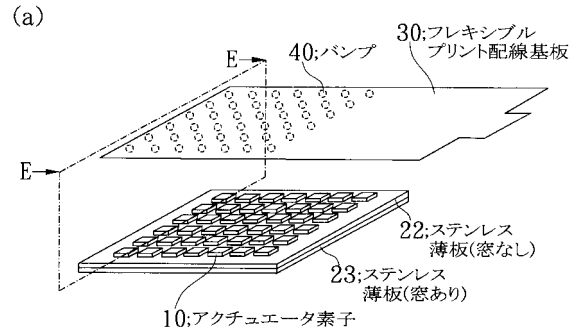
【図4】



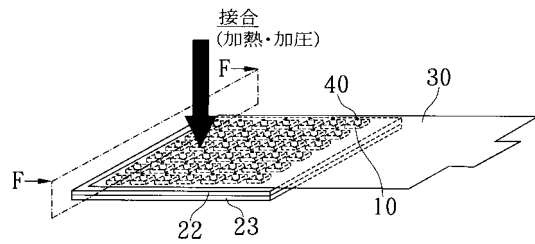
【図5】



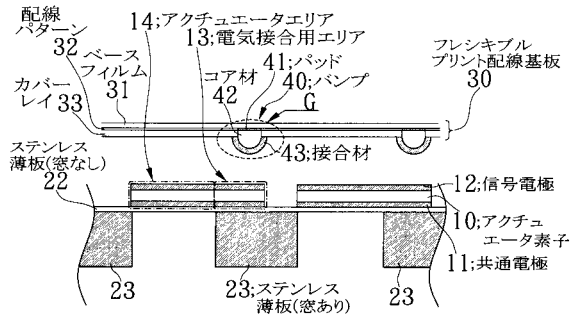
【図6】



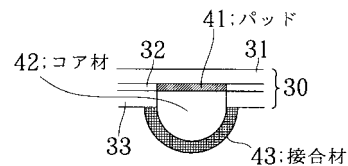
(b)



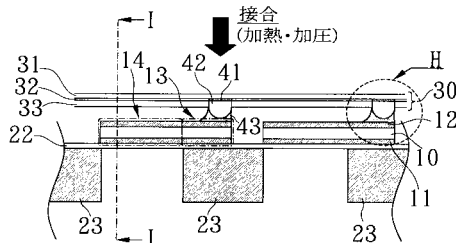
【図7】



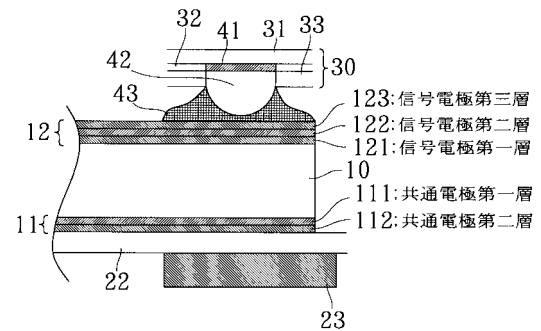
【図10】



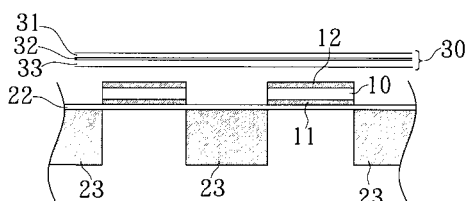
【図8】



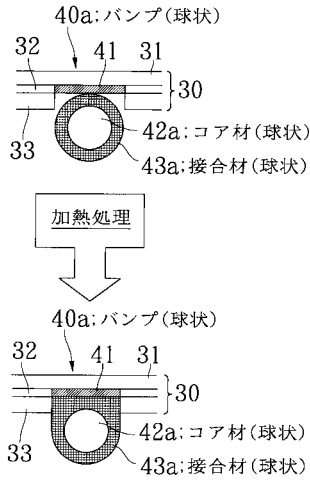
【図11】



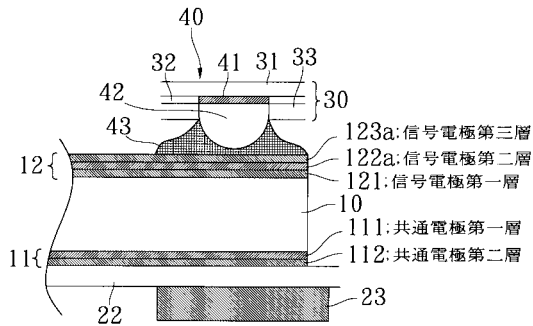
【図9】



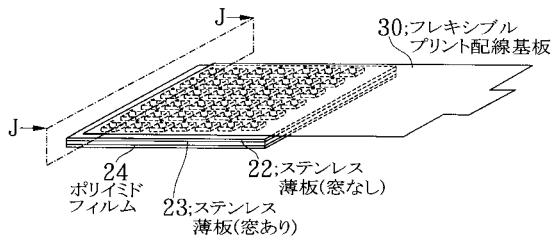
【図12】



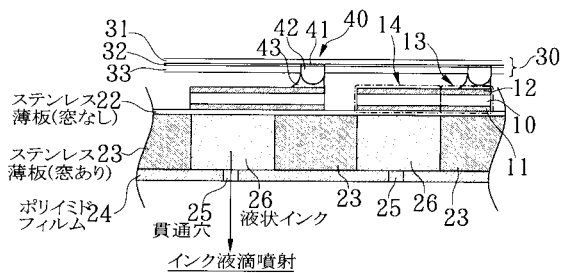
【図13】



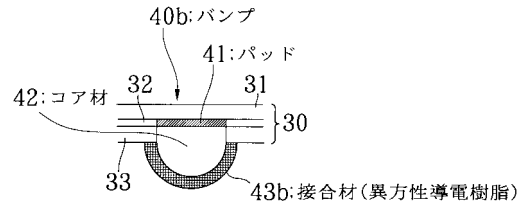
【図17】



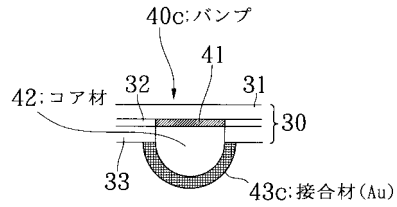
【図18】



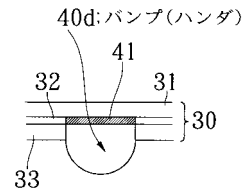
【図14】



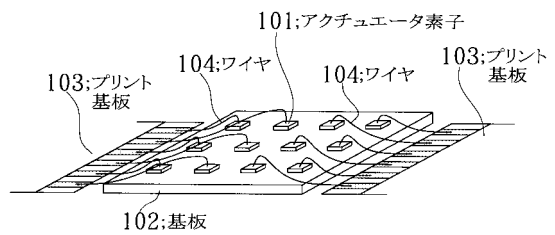
【図15】



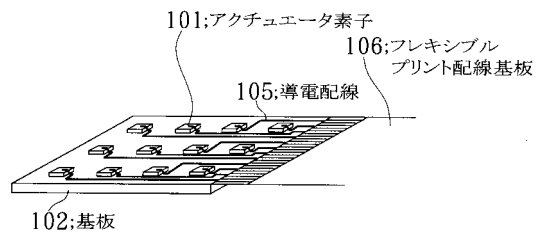
【図16】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H 0 1 L 21/60 (2006.01)

(72)発明者 佐々木 康弘
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

審査官 河合 俊英

(56)参考文献 特開平07-227966(JP,A)
特開平11-150441(JP,A)
特開2000-176654(JP,A)
特開平07-023500(JP,A)
特開2000-108346(JP,A)
特開2000-285992(JP,A)
特開2000-200962(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 41/09
B41J 2/045
B41J 2/055
B41J 2/16
H01L 21/60
H01L 41/22