

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2006年4月6日 (06.04.2006)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2006/035773 A1

## (51) 国際特許分類:

B41J 2/045 (2006.01) B05D 3/00 (2006.01)  
B41J 2/055 (2006.01) B41J 2/16 (2006.01)  
B05C 5/00 (2006.01) B41J 2/175 (2006.01)  
B05D 1/26 (2006.01)

## (72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大西 孝生 (OHNISHI, Takao) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 山本 一博 (YAMAMOTO, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 伊関 良洋 (ISEKI, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 木村 浩二 (KIMURA, Koji) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 廣田 寿一 (HIROTA, Toshikazu) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

## (21) 国際出願番号:

PCT/JP2005/017752

## (22) 国際出願日:

2005年9月27日 (27.09.2005)

## (25) 国際出願の言語:

日本語

## (26) 国際公開の言語:

日本語

## (30) 優先権データ:

特願2004-289450 2004年9月30日 (30.09.2004) JP

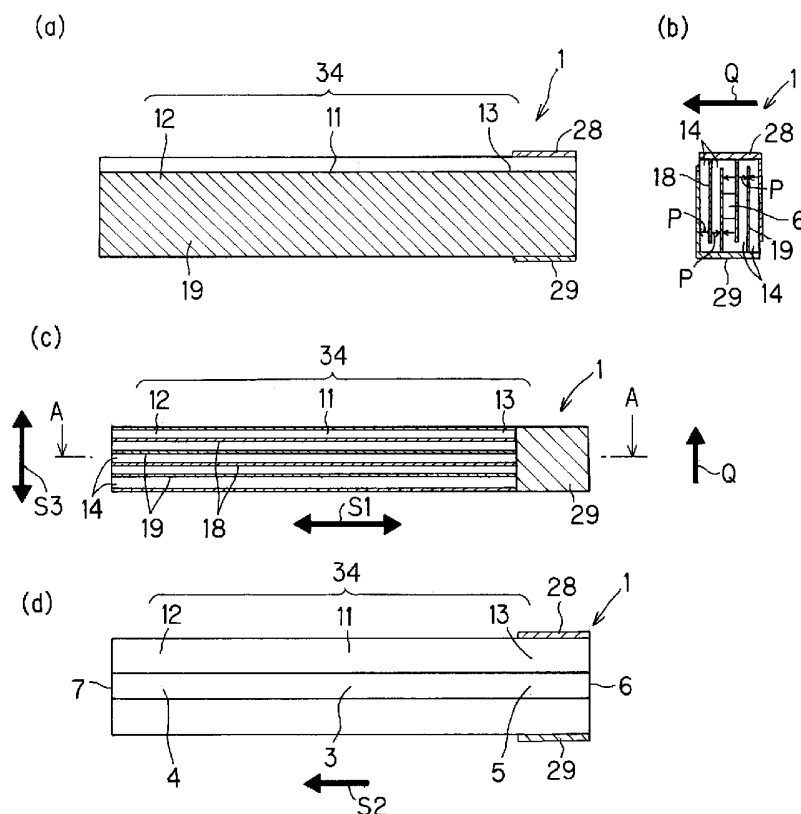
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本碍子株式会社 (NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).

(74) 代理人: 渡邊 一平 (WATANABE, Kazuhira); 〒1110053 東京都台東区浅草橋3丁目20番18号第8菊星タワービル3階 Tokyo (JP).

/ 続葉有 /

(54) Title: LIQUID DROP DISCHARGE PIEZOELECTRIC DEVICE

(54) 発明の名称: 液滴吐出圧電デバイス



(57) Abstract: A liquid drop discharge piezoelectric device (1) provided with a cavity member (11) having a cavity (3) inside it, an introduction member (13) having an introduction flow path (5) communicating with the cavity (3), and a nozzle member (12) having a nozzle flow path (4) communicating, on the opposite side of the introduction flow path (5), with the cavity (3). In the liquid drop discharge piezoelectric device (1), the introduction member (13) has an introduction opening (6) that introduces liquid to the cavity (3) through the introduction flow path (5), and the nozzle member (12) has a discharge opening (7) that discharges as drops the liquid placed in the cavity (3) through the nozzle flow path (4). When the quantity of a liquid drop is on the order of nl (nanoliters), the liquid drop discharge piezoelectric device (1) is a liquid drop discharge means that exhibits excellent stability and reproducibility of the quantity of a liquid drop and that can function stably when it is installed on an apparatus.

/ 続葉有 /



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: キャビティ3が内蔵されたキャビティ部材11と、キャビティ3に連通する導入流路5を有する導入部材13と、導入流路5とは反対側でキャビティ3に連通するノズル流路4を有するノズル部材12とを具備する液滴吐出圧電デバイス1の提供による。この液滴吐出圧電デバイス1は、導入部材13には導入口6が設けられ、導入流路5を介してキャビティ3へ液体の導入をし、ノズル部材12には吐出口7が設けられ、ノズル流路4を介してキャビティ3に充填をされた液体を、滴として吐出させ得るものであり、液滴の量がn l (ナノリットル) オーダーの場合において、液滴の量の安定性、再現性に優れ、且つ装置に取り付けられて安定的に稼動出来る液滴吐出手段である。

## 明 細 書

### 液滴吐出圧電デバイス

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、液体を充填するキャビティ(部材)と、その液体を滴として吐出するノズル(部材)と、が一体化された構造を有し、nlオーダーの微少な液滴を再現よく且つ容易に取り扱うことが出来る液滴吐出デバイスに関する。

#### 背景技術

- [0002] 近年、あらゆる分野において微少な液滴の吐出手段が、製品の生産手段等として利用されている。例えば、印刷機器におけるインクを吐出する手段として、あるいは医療、生体、薬品、及び食品製造等の分野において所定の液体を吐出・分注する手段として、更には燃料電池や電子部品の製造過程において電極膜を形成する手段として、微少液滴吐出手段が使用される。特に、医療分野における血液分析装置や遺伝子検査装置や創薬検査等のための検査装置では、ランニングコスト削減やスループット向上のため、現状、マイクロリットル( $\mu$ l)オーダーの最小吐出量(分注量)をナノリットル(nl)オーダーにする微量化が要望されており、そのnlオーダーの吐出量を再現よく安定的に吐出することが可能な液滴吐出手段が必要になってきている。又、電極膜を形成するための装置では、均一の厚さの膜を安定して形成するために、非接触でnlオーダーの液滴を吐出可能な手段が待望されている。
- [0003] このような要望に対し、例えば、特許文献1には、インクの液滴を画像記録媒体上へ付着させるインクジェットヘッドが開示されている。開示されたインクジェットヘッドは、圧力室となるくり抜き部を有する複数の板状圧電材料を導電材料を介して積層した圧電素子ブロックと、インク噴射口を形成した基板と、を接合し、圧電素子ブロックにインク供給口を形成した蓋を接合し、圧電素子ブロックを構成する圧電素子の変位によって圧力室の容積を変化させるインクジェットヘッドである。
- [0004] 又、特許文献2には、液体充填部と、液体注入口と、液体を噴射する液体噴射口と、液体を駆動して噴射させるバイモルフ又はユニモルフ型の圧電素子と、を備え、流路が圧電素子上に一連となる、金属製の液体噴射装置が提案されている。

[0005] 更に、特許文献3には、液体に慣性力を与えることで液体を吐出させる手段が提案されている。開示された液体分注装置は、液体保持部材(吐出ノズルと溶液を保持する容器)と、その液体保持部材を移動させる駆動手段(圧電素子)と、を有し、駆動手段で液体保持部材を移動させる(吐出ノズルに加速度を与えることで慣性力を液体に与える)ことにより、液滴を吐出する装置である。更に、先行文献として特許文献4が知られている。

[0006] 特許文献1:特開平7-81055号公報

特許文献2:特開2000-6400号公報

特許文献3:特開2001-235400号公報

特許文献4:特開平7-40536号公報

発明の開示

[0007] しかしながら、特許文献1, 2に示された手段は、ピコリットル(pl)オーダーの量の微少な液滴を吐出するデバイスであり、nlオーダーの吐出量を得るためには、液滴吐出を多数回行う必要があり、吐出回数が多いことから時間を要する。更に、微少な液滴の表面積が大きいと、飛行中に液溶媒が揮発し易く、吐出時間が長い場合には吐出先の環境が変化したときに、その影響で揮発量のばらつきを生じ、液量の再現性が必ずしも良好ではない。

[0008] 又、特許文献3に開示された液体分注装置は、駆動手段(圧電素子)と液体保持部材とが、連結部で接続される構成であるため、液体保持部材を移動させる際、連結部も振動してしまい、液保持部材が所定の動作をおこせない場合があり、吐出動作が不安定となることがあり得る。

[0009] その他に、マイクロシリンジのシリンダーを精密に制御することにより、nlオーダーの液量を分注する方法も知られるが、非接触で液体を供給出来ないため、液体の供給先に針内の液が引っ張られ、液量がばらつき、再現性が乏しく、正確さに欠ける。

[0010] 以上のように、現在のところ、nlオーダーの吐出量で再現よく稼働させることが可能であり、しかも、装置に取り付けて安定よく稼働出来る液滴吐出手段は、実現されていない。本発明は、このような従来技術の有する問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、特に液滴の量がnlオーダーの場合において、液滴の量の

安定性、再現性に優れ、且つ装置に取り付けられて安定的に稼動出来る液滴吐出手段を提供することにある。

- [0011] 上記目的を達成すべく鋭意検討がなされた結果、液滴吐出手段において、液体を溜めるキャビティ(部材)と、吐出にかかるノズル(部材)と、を一体化し、駆動手段として圧電素子(圧電駆動体)を用いることによって、上記課題を達成することが可能であることを見出し、本発明を完成するに至った。
- [0012] 即ち、先ず、本発明によれば、微少な液体の滴の吐出に用いられる液滴吐出デバイスであって、液体の充填をするキャビティが内蔵されたキャビティ部材と、キャビティに連通する導入流路を有するとともに、その導入流路を介してキャビティへ液体が導入をされる導入口が設けられた導入部材と、キャビティ部材を介して導入流路とは反対側でキャビティに連通するノズル流路を有するとともに、そのノズル流路を介してキャビティに充填をした液体を滴として吐出をする吐出口が設けられたノズル部材と、を具備し、キャビティ部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる複数の層状の圧電体と、複数の層状の電極と、が交互に積層をされてなる圧電駆動体で構成され、導入部材及び／又はノズル部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる圧電体で構成され、キャビティ部材と、導入部材及び／又はノズル部材とが、焼成によって一体的に形成され、キャビティ部材の少なくとも一部を構成する圧電駆動体の電界誘起歪みに基づく変位によって、キャビティ部材のキャビティ内の圧力の増加に伴う押圧力を発生させ、その押圧力を利用して、キャビティに充填をした液体を、吐出口から滴として吐出をする液滴吐出圧電デバイスが提供される。
- [0013] ここで、電界誘起歪みには横効果によるものと縦効果によるものがあり、そのうち横効果は、分極方向に電界を加えたときに垂直方向に伸縮するような圧電駆動体の変形をいう。本発明に係る液滴吐出圧電デバイスにおいては、例えば、導入口から吐出口に向けた方向にあたる液体の流れ方向と、圧電駆動体を形成する複数の層状の圧電体にかかる積層の方向と、が直交している場合には、積層の方向に圧電体を分極し、その分極と同じ方向に電界をかければ、圧電駆動体の変位は、キャビティ部材を、上記液体の流れ方向に伸縮させることになる。
- [0014] 又、電界誘起歪みの縦効果とは、分極方向に電界を加えたときに同じ方向に伸縮

するような圧電駆動体の変形をいう。本発明に係る液滴吐出圧電デバイスにおいては、例えば、導入口から吐出口に向けた方向にあたる液体の流れ方向と、圧電駆動体を形成する複数の層状の圧電体にかかる積層の方向と、が直交している場合には、積層の方向に圧電体を分極し、その分極と同じ方向に電界をかければ、圧電駆動体の変位は、キャビティ部材を、上記液体の流れ方向とは垂直な方向に伸縮させることになる。液体の流れ方向とは垂直な方向の伸縮は、キャビティ部材のキャビティを狭くし又は広げるような動作になるから、その動作によって、キャビティ内の圧力を増加せしめ押圧力を生じさせる。圧電駆動体の電界誘起歪みの縦効果に基づく変位によってキャビティ内に押圧力を生じさせるしくみは、キャビティ部材によらず、後述する好ましい態様において、ノズル部材や導入部材の少なくとも一部が圧電駆動体で構成される場合にも適用される。

[0015] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、上記導入部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる圧電体で構成される場合において、その圧電体が複数の層状の圧電体であり、その複数の層状の圧電体と複数の層状の電極とが交互に積層をされて圧電駆動体を構成することが好ましい。

[0016] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、上記ノズル部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる圧電体で構成される場合において、その圧電体が複数の層状の圧電体であり、その複数の層状の圧電体と複数の層状の電極とが交互に積層をされて圧電駆動体を構成することが好ましい。

[0017] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、キャビティ部材の全体が、圧電駆動体で構成されることが好ましい。

[0018] そして、キャビティ部材の全体が圧電駆動体で構成される場合には、キャビティ部材に内蔵されたキャビティの、上記液体の流れ方向に垂直な断面の形状が長方形であることが好ましい。

[0019] 又、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、キャビティ部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によってキャビティが形成され、一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成され、他の組の壁部は圧電体のみで構成されることが好ましい。

[0020] この場合において、即ち、キャビティ部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁

部によってキャビティが形成され、一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成され、他の組の壁部は圧電体のみで構成される場合においては、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、更に、導入部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によって導入流路が形成され、(そのうちの)一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成され、他の組の壁部は圧電体のみで構成されるとともに、ノズル部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によってノズル流路が形成され、(そのうちの)一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成され、他の組の壁部は圧電体のみで構成され、キャビティ部材、導入部材、及びノズル部材における、上記圧電駆動体で構成される一の組の対向する壁部が、キャビティ部材と導入部材において同じ位置に配設され、ノズル部材のみが異なる位置に配設されることが好ましい。これは、角筒体形状を呈する場合、対向する壁部は2組しかないので、そのうちの同じ1組がキャビティ部材と導入部材において圧電駆動体で構成され、他の1組がノズル部材において圧電駆動体で構成されることを意味する。

[0021] 又、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、キャビティ部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によってキャビティが形成され、その2組の対向する壁部が、ともに圧電駆動体で構成されることが好ましい。

[0022] そして、2組の対向する壁部がともに圧電駆動体で構成される場合には、そのともに圧電駆動体で構成される2組の対向する壁部のうち、一の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向が、他の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向と異なることが好ましい。

[0023] 分極方向が異なることは、圧電体にかけられる電界方向との関係で判断される。例えば、一の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向が電界方向と同じ方向である場合に、他の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向が電界方向と例えば反対方向であれば、分極方向が異なると判断される。

[0024] 又、ともに圧電駆動体で構成される2組の対向する壁部の何れかに、一の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体と、他の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体とを、部分的に分断するスリットが形成されていることが好ましい。

- [0025] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、キャビティ部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によってキャビティが形成される場合には、2組の対向する壁部のうち圧電駆動体で構成される壁部において、層状の電極がキャビティを形成する面から引き下がりキャビティを形成する面に露出しておらず、キャビティを形成する面（キャビティ形成面）が層状の圧電体のみによって構成され、且つ、キャビティを形成する面から層状の電極までの距離（引き下がり量とよぶ）と、層状の圧電体の1層の厚さと、の比が、5:1～1:10の範囲であることが好ましい。より好ましくは2:1～1:5の範囲である。この好ましい態様では、層状の電極がキャビティ形成面から所定の寸法（距離）だけ引き下がってキャビティ形成面から離れ、壁部の内部に形成され（存在し）、キャビティ形成面に現れず、キャビティ形成面が層状の圧電体のみにより構成される。キャビティを形成する面から（層状の）電極までの間では、圧電体は電極で挟まれていない。圧電体と電極とが積層されてなる圧電駆動体で構成される壁部であっても、上記引き下がり量で示される部分は、圧電体のみで構成される。そして、上記比は、上記引き下がり量と圧電体の厚さとの比で示される。
- [0026] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスにおいては、キャビティ部材、導入部材、及びノズル部材の全てが、セラミック材料からなる複数の層状の圧電体が積層をされることによって一体的に形成され、キャビティ部材のキャビティ、導入部材の導入流路、及びノズル部材のノズル流路が、積層をされた圧電体の同一の層により形成されていることが好ましい。このことは、キャビティ、導入流路、及びノズル流路が、キャビティ部材、導入部材、ノズル部材にまたがる圧電体の一の層にあたる部分に位置して、形成されていることを意味する。
- [0027] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、ノズル部材にかかるノズル流路の、液体の流れ方向に垂直な断面が、キャビティ部材のキャビティの、液体の流れ方向に垂直な断面より小さいことが好ましい。
- [0028] そして、この場合において、キャビティ部材のキャビティが、そのノズル流路側で、断面の大きさを連続的に小さく変化させて、ノズル部材のノズル流路と滑らかに接続されていることが好ましい。
- [0029] 又、ノズル部材にかかるノズル流路の、液体の流れ方向に垂直な断面の形状が、

長方形又は台形であることが好ましい。

- [0030] 更に、ノズル流路の液体の流れ方向に垂直な断面の形状が長方形又は台形である場合には、そのノズル部材のノズル流路の断面における最短距離 $d$ とノズル流路の長さ $L$ との比 $d/L$ が、 $0.08 \sim 0.8$ であることが好ましい。
- [0031] ノズル流路の断面における最短距離 $d$ とは、ノズル流路の液体の流れ方向に垂直な断面が長方形の場合には短い方の辺の長さに等しく、台形の場合には、高さ及び平行な辺のうちの短い方の辺の長さ、の何れかが該当する。
- [0032] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、ノズル部材の吐出口側の端面の表面粗さが、少なくともノズル部材のノズル流路の表面粗さより小さいことが好ましい。
- [0033] ここで、表面粗さとは、日本工業規格B0601「表面粗さ—定義及び表示」による表面粗さを指す。表面粗さのうち表面粗さ $R_a$ とは、日本工業規格B0601—1982に定める中心線平均粗さをいい、粗さ曲線を中心線から折り返し、その粗さ曲線と中心線によって得られた面積を長さ $L$ で割った値に相当し、一般には、表面粗さ測定器に表示される目盛りから直読する。又、表面粗さのうち表面粗さ $R_t$ とは、測定表面における最高点と最低点との差にて定義される最大高さ $R_{max}$ と同義である。本発明にかかる表面粗さとして、表面粗さ $R_a$ 及び表面粗さ $R_t$ の何れも採用出来、何れか一方を用いて判断すればよい。
- [0034] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、導入部材にかかる導入流路の、液体の流れ方向に垂直な断面が、キャビティ部材のキャビティの、液体の流れ方向に垂直な断面より小さく、キャビティ部材のキャビティが、その導入流路側で、液体の流れ方向に対し幅方向にあたる断面の大きさを連続的に小さく変化させて、導入部材の導入流路と滑らかに接続されていることが好ましい。尚、キャビティの幅方向とは、積層方向、及び液体の流れ方向の両方に垂直な方向であり、壁部又は圧電体の幅方向と同じ方向である。又、キャビティの幅とは、その方向(幅方向)におけるキャビティの寸法(長さ)でありキャビティ形成面間の距離に相当する。これらは、ノズル流路、及び導入流路についても同様である。
- [0035] 又、導入部材にかかる導入流路の、液体の流れ方向に垂直な断面の形状が、長方形又は台形であることが好ましい。

- [0036] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、導入部材の導入流路が、気液分離機能を有する多孔質体で構成されることが好ましい。
- [0037] 気液分離機能を有する多孔質体として、セラミック、金属、高分子材料の多孔質体を用いることが挙げられる。中でも、フィルム状のポリプロピレンが好ましく採用出来る。
- [0038] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、導入部材が、導入流路の導入口側に、導入流路と連通するとともに上記液体の流れ方向に垂直な断面が導入流路より大きい、導入キャビティを備えることが好ましい。
- [0039] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、導入部材が、液滴吐出圧電デバイスを適用装置に取付するための銜部を備え、少なくとも導入部材の導入口側の端面が、キャビティ部材の上記液体の流れ方向に垂直な断面より大きいことが好ましい。
- [0040] 大きいとは、液体の流れ方向に垂直な面において導入口側の端面とキャビティ部材の上記断面とを重ねたときに、導入口側の端面がキャビティ部材の上記断面を全て含み、且つ、銜部を備えることによって導入口側の端面の面積がキャビティ部材の上記断面より拡大されていることを意味する。
- [0041] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、キャビティ部材のキャビティ、ノズル部材のノズル流路、及び導入部材の導入流路が、液体の流れ方向に対し幅方向にあたる断面の形状及び幅が同一であり、それらが連続的に接続されていることが好ましい。
- [0042] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、微少な液体の滴が、nl(ナノリットル)オーダーの液量である場合に、好適に利用される。
- [0043] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、導入部材の導入口側の端面、導入部材の導入流路形成面、キャビティ部材のキャビティ形成面、ノズル部材のノズル流路形成面、及びノズル部材の吐出口側の端面に、電極が露出していないことが好ましい。
- [0044] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、液体の流れ方向と、圧電駆動体を形成する複数の層状の圧電体にかかる積層の方向と、が直交していることが好ましい。
- [0045] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、複数の層状の圧電体と複数の層状の電極とが交互に積層をされてなる圧電駆動体において、電極が両方の最外層に設けられ、且つ、一の最外層の電極が他の最外層の電極と極性が異なることが好ましい。

- [0046] 両方の最外層とは、圧電体と電極との積層の方向における両側の最外層を意味し、外部と対面している面を指す。
- [0047] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、キャビティ部材、ノズル部材、及び導入部材の各々の少なくとも一部が圧電駆動体で構成される場合において、圧電体がセラミック圧電体であり、その圧電体を含む圧電駆動体で構成されるキャビティ部材、ノズル部材、及び導入部材が、焼成によって一体的に形成されていることが好ましい。
- [0048] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、キャビティ部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる複数の層状の圧電体と、複数の層状の電極と、が交互に積層をされてなる圧電駆動体で構成され、その圧電駆動体の電界誘起歪みに基づく変位を利用するので、その変位量が大きい。又、導入部材及び／又はノズル部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる圧電体で構成され、キャビティ部材と、導入部材及び／又はノズル部材とが、焼成によって一体的に形成されるので、変位(又はエネルギー)が、吸収されることがなく、キャビティに充填された液体に、効率よく伝達される。従って、従来の圧電駆動デバイスより大きな液体の滴の吐出を行うことが出来、nlオーダーの液滴の吐出デバイスとして好適である。
- [0049] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、圧電駆動体の電界誘起歪みの横効果に基づく変位と、それに併用して、圧電駆動体の電界誘起歪みの縦効果に基づく変位で、キャビティ部材のキャビティ内に押圧力を生じさせるので、小さな駆動電圧で、キャビティの容積変化を大きくすることが出来る。従って、従来の圧電駆動デバイスより大きな液体の滴の吐出を行うことが出来、nlオーダーの液滴の吐出デバイスとして好適である。加えて、圧電駆動体の電界誘起歪みの横効果に基づく変位で、キャビティの少なくとも一部を屈曲させることにより、更に小さな駆動電圧でキャビティの容積変化を大きくすることが出来る。
- [0050] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、キャビティ部材の全体を圧電駆動体で構成し、キャビティ部材に内蔵されたキャビティの液体の流れ方向に垂直な断面の形状を長方形にするので、圧電体のみで構成される不活性部がなく、小さな駆動電圧で、キャビティの容積変化を大きくすることが出来る。従って、従来の圧電駆動デバイスより大きな液体の滴の吐出を行うことが出来、nlオーダーの液滴の

吐出デバイスとして好適である。

- [0051] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、キャビティ部材が角筒体形状を呈し2組の対向する壁部によってキャビティを形成し、一の組の対向する壁部のみを圧電駆動体で構成するので、キャビティの変形を1方向にすることが出来、液体の滴の吐出方向が安定する。従って、吐出位置を高精度に制御することが出来る。
- [0052] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、キャビティ部材が角筒体形状を呈し2組の対向する壁部によってキャビティを形成し、その2組の対向する壁部をともに圧電駆動体で構成し、一の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向と、他の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向とを異なるものとするので、圧電体に同じ電界を加えたときに、キャビティを形成する2組の壁部の変形方向が同じ方向になり、小さな駆動電圧で、キャビティの容積変化を大きくすることが出来る。従って、従来の圧電駆動デバイスより大きな液体の滴の吐出を行うことが出来、nlオーダーの液滴の吐出デバイスとして好適である。
- [0053] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、キャビティ部材が角筒体形状を呈し2組の対向する壁部によってキャビティを形成し、その2組の対向する壁部をともに圧電駆動体で構成し、2組の対向する壁部の何れかに、一の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体と、他の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体とを、部分的に分断するスリットが形成されたものであるので、圧電駆動体への拘束力が低下し、屈曲変位量を増加させることが出来、小さな駆動電圧で、キャビティの容積変化を大きくすることが出来る。従って、従来の圧電駆動デバイスより大きな液体の滴の吐出を行うことが出来、nlオーダーの液滴の吐出デバイスとして好適である。
- [0054] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様では、2組の対向する壁部のうち圧電駆動体で構成される壁部において、層状の電極がキャビティを形成する面から引き下がりキャビティを形成する面に露出しておらず、キャビティを形成する面が層状の圧電体のみによって構成され、且つ、キャビティを形成する面から層状の電極までの距離(引き下がり量)と、層状の圧電体の1層の厚さと、の比が、5:1~1:10の範囲であるため、キャビティ形成面に電極を露出させない態様において圧電駆動体

の変位の低下を抑制し得る。圧電駆動体で構成される壁部における上記引き下がり量と圧電体の1層の厚さとの比が、引き下がり量が大きくなり(圧電体のみで構成される部分が幅方向に広くなり)上記範囲を逸脱すると、圧電駆動体の不活性部分(電極で挟まれない圧電体のみで構成される部分)の拡大に伴い、変位低下が著しくなり得るので、好ましくない。一方、引き下がり量が小さくなり(圧電体のみで構成される部分が幅方向に狭くなり)上記範囲を逸脱すると、スクリーン印刷法により作製する場合に、製造上のばらつきによってキャビティ形成面に電極が露出するおそれが生じ、好ましくない。

[0055] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、キャビティ部材、導入部材、及びノズル部材の全てが、セラミック材料からなる複数の層状の圧電体が積層をされることによって一体的に形成され、キャビティ部材のキャビティ、導入部材の導入流路、及びノズル部材のノズル流路が、積層をされた圧電体の同一の層により形成されているため、液体が導入口から導入され吐出口から吐出されるまでの流路に、圧電体の積層方向には段差が存在せず、液体を導入する際の気泡巻き込み抑制効果が優れている。

[0056] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、キャビティ部材に加えて、更に、ノズル部材の少なくとも一部を圧電駆動体で構成し、その圧電駆動体の電界誘起歪みに基づく変位によって、ノズル部材のノズル流路内の液体に押圧力を生じさせることが出来る。従って、ノズル流路の液体の流れ方向(ノズルとしての軸方向)への変位に加えて、ノズル流路の周りのキャビティ部材からの液体の流れ方向に概ね垂直な収縮が加わり、ノズルから吐出される液体にくびれを生じさせ、くびれの発生により、滴として切ることが出来、吐出量の再現性を向上させることが可能である。

[0057] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、ノズル部材にかかるノズル流路の、液体の流れ方向に垂直な断面が、キャビティ部材のキャビティの、液体の流れ方向に垂直な断面より小さくなっており、更には、導入部材にかかる導入流路の、液体の流れ方向に垂直な断面が、キャビティ部材のキャビティの、液体の流れ方向に垂直な断面より小さくなっているため、キャビティ内の圧力を効率よく上昇させ得る。又、ノズル部材にかかるノズル流路の液体の流れ方向に垂直な断面の形状が長方

形又は台形であり、層状の圧電体と層状の電極とを積層した積層構造体で構成し易いため、製造コストを低減出来、且つ短辺でメニスカスを保持し易いため、大きな開口面積(即ち、大吐出量可能)を維持し、低粘度の液体にも対応することが可能である。

- [0058] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、ノズル部材のノズル流路の断面における最短距離 $d$ とノズル流路の長さ $L$ との比 $d/L$ が、 $0.08 \sim 0.8$ であるため、吐出量が大量であってもキャビティ内に気泡を巻き込むことがなく、吐出の安定性を確保出来る。
- [0059] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、ノズル部材の吐出口側の端面の表面粗さが、ノズル部材のノズル流路の表面粗さより小さいので、撥水剤等を塗布することなく、ノズルにおいて撥水性を向上出来、液体を滴として吐出させ易く、且つ、低粘度の液体、及び低撥水の液体にも対応可能である。
- [0060] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、キャビティ部材のキャビティ、ノズル部材のノズル流路、及び導入部材の導入流路が、液体の流れ方向に対し幅方向にあたる断面の形状及び幅が同一であり、連続的に接続されているので、キャビティ内の圧力を効率よく上昇させ得る。又、層状の圧電体と層状の電極とを積層した積層構造体で構成し易いため、製造コストを低減出来る。
- [0061] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、導入部材の導入流路が気液分離機能を有する多孔質体で構成されるので、例えば導入流路を真空にする処理等を施せば、液体の中の気泡を除去出来る。従って、気泡による吐出不能、圧力減衰等のトラブルが防止出来、より安定した吐出量を確保することが出来る。
- [0062] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、導入部材に液体を蓄える導入キャビティを備えているので、1回の充填作業で、多数の分注動作を行うことが出来、生産効率の向上に寄与する。
- [0063] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、導入部材に鍔部が備わり、導入部材の導入口側の端面がキャビティ部材の液体の流れ方向に垂直な断面より大きいので、導入流路へ液体を導入する際のシール性が向上し、ポンプ等の手段により、液体を導入流路内に導入しキャビティへ充填する際に、充填する量のばらつき

を小さくすることが可能であり、所定量の液体を確実に導入流路へ導入出来る。

- [0064] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、導入部材の導入口側の端面、導入部材の導入流路形成面、キャビティ部材のキャビティ形成面、ノズル部材のノズル流路形成面、及びノズル部材の吐出口側の端面に、電極が露出していないため、取り扱う液体が電解液等でも対応出来る。
- [0065] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、液体の流れ方向と、圧電駆動体を形成する複数の層状の圧電体にかかる積層の方向と、が直交しているため、積層にかかる圧電体の段差が、液体の流れ方向となり、導入流路やキャビティに気泡を残すことなく充填し易い。
- [0066] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの好ましい態様は、圧電駆動体において電極が両方の最外層に設けられ一の最外層の電極が他の最外層の電極と極性が異なるので、配線処理が容易である。加えて、ノズル流路を液滴吐出圧電デバイスの厚さ方向(層状の圧電体の積層方向)の中心位置に配置することが出来、液体の滴の吐出方向を、液滴吐出圧電デバイス全体の中心軸方向に合わせられるので、液体の滴の吐出方向がノズル部材のノズル流路の軸方向に合わせることが出来る。従って、吐出位置を制御し易く、吐出位置精度の向上が可能となる。

#### 図面の簡単な説明

- [0067] [図1]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの一の実施形態を示す図であり、(a)は平面図であり、(b)は短手方向の側面図((a)における右側面図)であり、(c)は長手方向の側面図((a)における下側面図)であり、(d)は(c)におけるAA断面を示す断面図である。
- [図2]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの他の実施形態を示す断面図である。
- [図3]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す断面図である。
- [図4]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、(a)は長手方向の断面図であり、(b)は短手方向の側面図である。
- [図5]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、(a)は長手方向の断面図であり、(b)は、(a)におけるDD断面を示す短手方向の断面図

である。

[図6]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す断面図である。

[図7]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す断面図である。

[図8]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、(a)は平面図であり、(b)は短手方向の側面図((a)における右側面図)であり、(c)は長手方向の側面図((a)における下側面図)である。

[図9]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、(a)は長手方向の断面図であり、(b)は(a)におけるBB断面を示す断面図である。

[図10]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、(a)は長手方向の断面図であり、(b)は(a)におけるCC断面を示す断面図である。

[図11]図10の(b)を拡大した図であり、分極方向と駆動電界方向との関係を説明するための図である。

[図12]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、内部を透視した斜視図である。

[図13]図12における切断線X1で切断した面を示す断面図であり、(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。

[図14]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、内部を透視した斜視図である。

[図15]図14における切断線X2で切断した面を示す断面図であり、(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。

[図16]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、内部を透視した斜視図である。

[図17]図16における切断線X3で切断した面を示す断面図であり、(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、(b)は正極、

負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。

[図18]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。

[図19]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、内部を透視した斜視図である。

[図20]図19における切断線X4で切断した面を示す断面図であり、(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。

[図21]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。

[図22]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、内部を透視した斜視図である。

[図23]本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの応用例を示す図であり、インライン型ディスプレイを構成した例を示す斜視図である。

[図24]従来の液滴吐出圧電デバイスを示す断面図である。

## 符号の説明

- [0068] 1, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 120, 140, 160, 180, 190, 210, 220 液滴吐出圧電デバイス  
3, 53, 153, 253, 353 キャビティ  
4, 54 ノズル流路  
5, 55, 155 導入流路  
6 導入口  
7 吐出口  
11, 21, 121, 221, 321, 421, 521, 621 キャビティ部材

12, 22, 122, 322, 522 ノズル部材

13, 23, 123, 223, 323, 523 導入部材

15 鏑部

16 多孔質体

17 絶縁部

18, 19 電極

25 スリット

28, 29 外部電極

30, 31, 32, 33 壁部

34, 144, 154, 164, 174, 184, 194, 204, 284, 294, 304, 314 圧電駆動体

52 導入キャビティ

118, 119, 218, 219 ビアホール

230 インライン型ディスペンサ

231 櫛骨部

240 (従来の)液滴吐出圧電デバイス

453 キャビティ

454 ノズル流路

455 導入流路

発明を実施するための最良の形態

[0069] 以下、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスについて、適宜、図面を参酌しながら、実施の形態を説明するが、本発明はこれらに限定されて解釈されるべきものではない。本発明の要旨を損なわない範囲で、当業者の知識に基づいて、種々の変更、修正、改良、置換を加え得るものである。例えば、図面は、好適な本発明の実施の形態を表すものであるが、本発明は図面に表される態様や図面に示される情報により制限されない。本発明を実施し又は検証する上では、本明細書中に記述されたものと同様の手段若しくは均等な手段が適用され得るが、好適な手段は、以下に記述される手段である。

[0070] 先ず、図1は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの一の実施形態を示す図であ

り、図1の(a)は平面図であり、図1の(b)は短手方向の側面図(図1の(a)における右側面図)であり、図1の(c)は長手方向の側面図(図1の(a)における下側面図)であり、図1の(d)は図1の(c)におけるAA断面(内部の電極を含まない断面)を示す断面図である。

- [0071] 図1の(a)～(d)に示される液滴吐出圧電デバイス1は、キャビティ3が内蔵されたキャビティ部材11と、キャビティ3に連通する導入流路5を有する導入部材13と、導入流路5とは反対側でキャビティ3に連通するノズル流路4を有するノズル部材12とを具備する。導入部材13には導入口6が設けられ、導入流路5を介してキャビティ3へ液体の導入をする。又、ノズル部材12には吐出口7が設けられ、ノズル流路4を介してキャビティ3に充填をされた液体を、滴として吐出させる。
- [0072] 液滴吐出圧電デバイス1において、キャビティ部材11のキャビティ3、ノズル部材12のノズル流路4、及び導入部材13の導入流路5は、矢印S2で示される液体の流れ方向に垂直な断面の形状が、長方形で同一であり、その大きさも同一であり、それらは連続的に接続され、1つの貫通孔のように形成されている。従って、キャビティ部材11、ノズル部材12、及び導入部材13の境界は明示されない。
- [0073] 又、キャビティ部材11、導入部材13、及びノズル部材12は、それら全てが、セラミック材料からなる5層の圧電体14と、導電材料からなる6層の電極18、19とが、矢印Qで示される積層方向に、交互に積層をされ、焼成によって一体的に形成された圧電駆動体34として構成されている。即ち、液滴吐出圧電デバイス1全体が圧電駆動体34にあたる。又、液滴吐出圧電デバイス1において、液体の流れ方向(矢印S2)と積層方向(矢印Q)とは直交している。
- [0074] 電極18、19は、一対の電極として、圧電体14に電界をかけ得る駆動電極であり、圧電体14に挟まれて存在するとともに、両方の最外層にも設けられ、且つ、一の最外層(図1の(c)中の上面)には電極19が設けられ、他の最外層(図1の(c)中の下面)には極性が異なる電極18が設けられている。又、電極18、19は、3層の電極18と3層の電極19で構成され、それぞれが、導入部材13の側面に形成された、極性の同じ外部電極28又は外部電極29と接続されている。
- [0075] 図1の(b)に明示されるように、電極18、19は、導入部材13の導入流路5の形成面

、キャビティ部材11のキャビティ3の形成面、及びノズル部材12のノズル流路4の形成面に露出しており、液滴吐出圧電デバイス1は、このままの態様では、滴を吐出する液体として電解性のものは取り扱うことは困難であるが、導入流路5の形成面、キャビティ3の形成面、及びノズル流路4の形成面に、絶縁膜を形成することにより対応が可能である。

[0076] 液滴吐出圧電デバイス1は、その全体を構成する圧電駆動体34の圧電体14が、図1の(b)中の矢印Pで示される方向に分極されており、例えば、外部電極28を正極、外部電極29を負極として外部電源に接続し、層状の電極18, 19間に、分極と同じ方向に電界を形成して(圧電駆動体34をONにして)、その後、電界の形成を止める(圧電駆動体34をOFFにする)という動作を繰り返すと、液滴吐出圧電デバイス1全体を構成している圧電駆動体34(圧電体14)は、電界誘起歪みの横効果に基づき、矢印S1方向の変位を生じる。そして、例えば導入部材13の導入口6が設けられた端面を固定面にして、ONにすれば、圧電駆動体34(圧電体14)は、矢印S1方向のうち図中の右方向に向けて収縮し、OFFにすれば、圧電駆動体34(圧電体14)は、矢印S1方向のうち図中の左方向に向けて伸長して、元へ戻る。

[0077] そして、液滴吐出圧電デバイス1では、上記のようにON/OFFさせると、圧電駆動体34(圧電体14)が、上記電界誘起歪みの横効果と同時に、電界誘起歪みの縦効果に基づいた変位を生じる。圧電駆動体34の電界誘起歪みの縦効果に基づく変位は、分極の方向(矢印P方向)と電界の方向とが同じであれば、それと同じ方向に発生する。液滴吐出圧電デバイス1では、極性の異なる電極18, 19が交互に積層される態様から、ONにしたときの電界の方向は、図1の(b)中に示される電界方向圧電体14一層毎に異なり、又、それに合わせて、圧電体14が図1の(b)中の矢印Pで示される方向に分極されている。従って、圧電駆動体34をONにすれば、層状の圧電体14は、矢印S3方向(図中の上下方向)に伸長し、OFFにすれば、矢印S3方向(図中の上下方向)に収縮する。これらの動作によって、液滴吐出圧電デバイス1には、導入流路5、キャビティ3、及びノズル流路4内に押圧力を生じさせ、この一連の動作によって、液滴吐出圧電デバイス1において、キャビティ3に充填をされた液体が、吐出口7から滴として吐出をされる。

- [0078] 尚、液滴吐出圧電デバイス1において、ノズル部材12の吐出口7側の端面の表面粗さRmaxは1  $\mu$  m以下になっている。一方、ノズル流路4、キャビティ3、導入流路5の表面粗さRmaxは10～20  $\mu$  mであり、吐出口7側の端面より大きい。
- [0079] 次に、図2は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの他の実施形態を示す断面図(図1の(d)相当、内部の電極を含まない断面図)である。図2に示される液滴吐出圧電デバイス102は、キャビティ53が内蔵されたキャビティ部材21と、キャビティ53に連通する導入流路155を有する導入部材123と、導入流路155とは反対側でキャビティ53に連通するノズル流路54を有するノズル部材122と、を具備する。導入部材123には導入口6が設けられ、導入流路155を介してキャビティ53へ液体の導入をする。又、ノズル部材122には吐出口7が設けられ、ノズル流路54を介してキャビティ53に充填をされた液体を、滴として吐出させる。
- [0080] 液滴吐出圧電デバイス102は、キャビティ部材21のキャビティ53及び導入部材123の導入流路155において、液体の流れ方向に垂直な断面の形状が、(図示しないが)液滴吐出圧電デバイス1より細長い長方形で同一であり、その大きさも同一であり、それらは連続的に接続され、1つの貫通孔のように形成されている。従って、キャビティ部材21と導入部材123の境界は明示されない。
- [0081] 一方、ノズル部材122は、上記液滴吐出圧電デバイス1とは異なり、ノズル流路54の液体の流れ方向に垂直な断面は、キャビティ53及び導入流路155の液体の流れ方向に垂直な断面より小さく、キャビティ部材21のキャビティ53が、そのノズル流路54側で、断面の大きさを連続的に小さく変化させて(テーパ形状のように)、ノズル部材122のノズル流路54と滑らかに接続されている。
- [0082] 又、液滴吐出圧電デバイス102において、キャビティ部材21及び導入部材123は、(側面図を示さないが)セラミック材料からなる層状の圧電体と、導電材料からなる層状の電極とが、交互に積層をされ、焼成によって一体的に形成された圧電駆動体144として構成されており、液体の流れ方向と積層の方向とは直交している。圧電駆動体144について、その電極の構成、圧電体の分極、電界誘起歪みの横効果及び縦効果に基づく変位、駆動体として押圧力を生じさせる動作等については圧電駆動体34に準じる。一方、ノズル部材122は、金属材料(SUS304等のステンレスやチタ

ン等)又は樹脂材料(ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、ポリエチレンテレフタレート(PET)等)で成形され、非駆動部として構成される。尚、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、この液滴吐出圧電デバイス102の態様のように、ノズル部材を圧電駆動体として構成しない場合にも、ノズル部材を、金属材料又は樹脂材料ではなく、電極を形成しない(挟まない)圧電体で構成することにより、ノズル部材を含み全てを焼成によって一体化することが可能である。

[0083] 更に、液滴吐出圧電デバイス102は、ノズル部材122の吐出口7側の端面の表面粗さRmaxが $1\mu\text{m}$ 以下になっており、液滴吐出圧電デバイス1と同様に、表面粗さRmaxが $10\sim 20\mu\text{m}$ であるノズル流路54、キャビティ53、及び導入流路155より、表面粗さが小さい。

[0084] 次に、図3は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す断面図(図1の(d)相当、内部の電極を含まない断面図)である。図3に示される液滴吐出圧電デバイス103は、上記した液滴吐出圧電デバイス102に準じた態様を呈するが、上記した液滴吐出圧電デバイス1(図1の(d)を参照)と同様に、ノズル部材も圧電駆動体で構成され、ノズル部材、キャビティ部材、及び導入部材が焼成により一体化され、その全体が圧電駆動体として駆動し得るところが、液滴吐出圧電デバイス102とは異なる。

[0085] 液滴吐出圧電デバイス103は、キャビティ53が内蔵されたキャビティ部材21と、キャビティ53に連通する導入流路155を有する導入部材123と、導入流路155とは反対側でキャビティ53に連通するノズル流路54を有するノズル部材22とを具備する。導入部材123には導入口6が設けられ、導入流路155を介してキャビティ53へ液体の導入をし、ノズル部材22には吐出口7が設けられ、ノズル流路54を介してキャビティ53に充填をされた液体を、滴として吐出させる。

[0086] 液滴吐出圧電デバイス103は、キャビティ部材21、ノズル部材22、及び導入部材123が、(側面図を示さないが)セラミック材料からなる層状の圧電体と、導電材料からなる層状の電極とが、交互に積層をされ、焼成によって一体的に形成された圧電駆動体154として構成されており、液体の流れ方向と積層の方向とは直交している。圧電駆動体154について、その電極の構成、圧電体の分極、電界誘起歪みの横効果

及び縦効果に基づく変位、駆動体として押圧力を生じさせる動作等については、液滴吐出圧電デバイス1の圧電駆動体34に準じる。ノズル部材22の吐出口7側の端面の表面粗さ $R_{max}$ は、液滴吐出圧電デバイス1、及び液滴吐出圧電デバイス102と同様に、ノズル流路54、キャビティ53、及び導入流路155の表面粗さ $R_{max}$ より小さい。

[0087] 次に、図4は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、図4の(a)は長手方向の断面図(図1の(d)相当、内部の電極を含まない断面図)であり、図4の(b)は短手方向の側面図(図4の(a)における左側面図)である。図4の(a)、(b)に示される液滴吐出圧電デバイス104は、キャビティ53が内蔵されたキャビティ部材21と、キャビティ53に連通する導入流路55を有する導入部材23と、導入流路55とは反対側でキャビティ53に連通するノズル流路54を有するノズル部材22と、を具備する。導入部材23には導入口6が設けられ、導入流路55を介してキャビティ53へ液体の導入をする。又、ノズル部材22には吐出口7が設けられ、ノズル流路54を介してキャビティ53に充填をされた液体を、滴として吐出させる。

[0088] 液滴吐出圧電デバイス104において、キャビティ部材21及びキャビティ53、並びにノズル部材22及びノズル流路54は、液滴吐出圧電デバイス103と概ね同形態を有し、ノズル部材22は、ノズル流路54の液体の流れ方向に垂直な断面がキャビティ53の液体の流れ方向に垂直な断面より小さく、キャビティ部材21のキャビティ53が、そのノズル流路54側で、断面の大きさを連続的に小さく変化させて(テーパ形状のように)、ノズル部材22のノズル流路54と滑らかに接続されている。

[0089] 液滴吐出圧電デバイス104において、ノズル部材22にかかるノズル流路54の液体の流れ方向に垂直な断面の形状は、長方形である(図4の(b)を参照)。尚、この断面形状は正方形であっても台形であってもよく、液体に合わせて、適宜、設定される。又、液滴吐出圧電デバイス104では、ノズル部材22のノズル流路54の断面における最短距離 $d$ とノズル流路の長さ $L$ との比 $d/L$ が、0.2になっている。この液滴吐出圧電デバイス104のような態様の液滴吐出圧電デバイスによらず、例えば、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスを、遺伝子構造の解析に必要なDNAチップの製造工程において用いられる微量液滴吐出装置の吐出デバイスとして使用する場合には、最

短距離 $d$ を0.05～0.1mm、長さ $L$ を0.1～1mmとし、且つ、 $d/L$ を、0.08～0.8にすることが、吐出量の安定性を確保する上で好ましい。

[0090] 一方、導入部材23は、上記液滴吐出圧電デバイス103とは異なり、導入流路55の液体の流れ方向に垂直な断面は、キャビティ53の液体の流れ方向に垂直な断面より小さく、キャビティ部材21のキャビティ53が、その導入流路55側で、断面の大きさを連続的に小さく変化させて(テーパ形状のように)、導入部材23の導入流路55と滑らかに接続されている。即ち、キャビティ部材21を中心として、ノズル部材22と導入部材23が概ね対称形になるように形成されている。尚、導入流路55の液体の流れ方向に垂直な断面の方が、ノズル流路54の液体の流れ方向に垂直な断面より少し大きい。

[0091] 液滴吐出圧電デバイス104は、上記した液滴吐出圧電デバイス1、103と同様に、キャビティ部材21、ノズル部材22、及び導入部材23は、(側面図を示さないが)セラミック材料からなる層状の圧電体と、導電材料からなる層状の電極とが、交互に積層をされ、焼成によって一体的に形成された圧電駆動体164として構成されており、液体の流れ方向と積層の方向とは直交している。圧電駆動体164について、その電極の構成、圧電体の分極、電界誘起歪みの横効果及び縦効果に基づく変位、駆動体として押圧力を生じさせる動作等については、液滴吐出圧電デバイス1の圧電駆動体34に準じる。

[0092] 次に、図5は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの他の実施形態を示す図であり、図5の(a)は長手方向の断面図(図1の(d)相当、内部の電極を含まない断面図)であり、図5の(b)は、図5の(a)におけるDD断面を示す短手方向の断面図である。図5の(a)、(b)に示される液滴吐出圧電デバイス105は、上記した液滴吐出圧電デバイス104と概ね同形態の液滴吐出圧電デバイスであるが、図5の(a)中に絶縁部17として示される、導入部材の導入口側の端面、導入部材の導入流路形成面、キャビティ部材のキャビティ形成面、ノズル部材のノズル流路形成面、及びノズル部材の吐出口側の端面において、電極(電極18, 19、外部電極28, 29)が、圧電体(圧電体14)に埋設され、露出していないところのみが、液滴吐出圧電デバイス104と異なる。図4の(a)に対比させて図5の(a)に示される液滴吐出圧電デバイス105の絶縁部17

を参照することで理解される。

[0093] 液滴吐出圧電デバイス105は、このままの態様で、滴として吐出される液体として電解性のものを取り扱うことが出来る。尚、別途、例えば圧電体と同じ材料で膜を形成すること等により絶縁を図ることは可能であるが、図5の(a)中の絶縁部17は、電極が露出していない部分を便宜的に表したものであり、新たな膜等が形成された部分ではない。液滴吐出圧電デバイス105は、電極が露出していないこと以外は、液滴吐出圧電デバイス104と同じ液滴吐出圧電デバイスであり、全体構成等の説明は省略する。

[0094] 次に、図6は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す断面図(図1の(d)相当、内部の電極を含まない断面図)である。図6に示される液滴吐出圧電デバイス106も、上記した液滴吐出圧電デバイス104と概ね同形態の液滴吐出圧電デバイスであるが、導入部材の導入流路(図4の(a)を参照)が、気液分離機能を有する多孔質体16で構成されているところが異なる。尚、多孔質体16はポリプロピレン製の多孔質体である。液滴吐出圧電デバイス106は、それ以外は液滴吐出圧電デバイス104と同じ液滴吐出圧電デバイスであり、全体構成等の説明は省略する。

[0095] 次に、図7は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す断面図(図1の(d)相当、内部の電極を含まない断面図)である。図7に示される液滴吐出圧電デバイス107は、導入部材が、導入流路の導入口側に、導入流路と連通するとともに液体の流れ方向に垂直な断面が導入流路より大きい、導入キャビティを備えるところが、今までに説明した液滴吐出圧電デバイスとは異なる。

[0096] 液滴吐出圧電デバイス107は、キャビティ53が内蔵されたキャビティ部材21と、キャビティ53に連通するノズル流路54を有するノズル部材22と、導入部材223と、を具備する。導入部材223は、ノズル流路54とは反対側でキャビティ53に連通する導入流路55を有し、更に、その導入口6側に、導入流路55に連通して、液体の流れ方向に垂直な断面が導入流路55より大きくキャビティ53と同程度の大きさの導入キャビティ52を有する。導入部材223では、導入キャビティ52及び導入流路55を介してキャビティ53へ液体の導入が行われ、より多量の液体を円滑にキャビティ53へ導入するこ

とが出来る。尚、導入キャビティ52の導入口6側に、更に、導入流路55と同等の流路を設けることも好ましい。液滴吐出圧電デバイスを適用装置に取り付ける際に、その流路のシール面積を大きくすることが出来るからである。

[0097] 液滴吐出圧電デバイス107では、導入部材223の導入流路55の液体の流れ方向に垂直な断面は、キャビティ部材21のキャビティ53の液体の流れ方向に垂直な断面より小さく、キャビティ53が、その導入流路55側で、断面の大きさを連続的に小さく変化させて(テーパ形状のように)、導入流路55と滑らかに接続されている。そして、導入部材223においては、導入流路55の液体の流れ方向に垂直な断面は、導入キャビティ52の液体の流れ方向に垂直な断面より小さく、導入キャビティ52が、その導入流路55側で、断面の大きさを連続的に小さく変化させて(テーパ形状のように)、導入流路55と滑らかに接続されている。一方、ノズル部材22には吐出口7が設けられ、ノズル流路54を介してキャビティ53に充填をされた液体を、滴として吐出させる。

[0098] 液滴吐出圧電デバイス107は、キャビティ部材21、ノズル部材22、及び導入部材223は、(側面図を示さないが)セラミック材料からなる層状の圧電体と、導電材料からなる層状の電極とが、交互に積層をされ、焼成によって一体的に形成された圧電駆動体174として構成されており、液体の流れ方向と積層の方向とは直交している。圧電駆動体174について、その電極の構成、圧電体の分極、電界誘起歪みの横効果及び縦効果に基づく変位、駆動体として押圧力を生じさせる動作等については、液滴吐出圧電デバイス1の圧電駆動体34に準じる。

[0099] 次に、図8は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、図8の(a)は平面図であり、図8の(b)は短手方向の側面図(図8の(a)における右側面図)であり、図8の(c)は長手方向の側面図(図8の(a)における下側面図)である。図8の(a)～(c)に示される液滴吐出圧電デバイス108は、上記した液滴吐出圧電デバイス1と概ね同形態の液滴吐出圧電デバイスであるが、液滴吐出圧電デバイスを、例えば微少液滴吐出装置等の、液滴吐出圧電デバイスを適用する装置に取付するための、銚部15を導入部材13に備え、少なくとも導入部材13の導入口6側の端面の積層方向の長さR1が、キャビティ部材11の液体の流れ方向に垂直な断面

の積層方向の長さR2より長いことにより、少なくとも導入部材13の導入口6側の端面が、キャビティ部材11の液体の流れ方向に垂直な断面より大きくなっているところが、液滴吐出圧電デバイス1と異なる。液滴吐出圧電デバイス108は、それ以外は液滴吐出圧電デバイス1と同じ液滴吐出圧電デバイスであり、全体構成等の説明は省略する。

[0100] 次に、図9は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、図9の(a)は長手方向の断面図(図1の(d)相当、内部の電極を含まない断面図)であり、図9の(b)は短手方向のキャビティ部材部分の断面(図9の(a)におけるB-B断面)を示す断面図であり、図9の(c)は内部の電極を含む長手方向の断面図である。図9の(a)～(c)に示される液滴吐出圧電デバイス110は、上記した液滴吐出圧電デバイス104と概ね同形態の液滴吐出圧電デバイスであるが、その液滴吐出圧電デバイス104や液滴吐出圧電デバイス1等のように、全体が圧電駆動体として構成されるのではなく、キャビティ部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によってキャビティが形成され、一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成されるが、他の組の壁部は圧電体のみで構成されるところが、液滴吐出圧電デバイス104等と異なる。

[0101] 液滴吐出圧電デバイス110は、キャビティ153が内蔵されたキャビティ部材121と、キャビティ153に連通する導入流路55を有する導入部材23と、導入流路55とは反対側でキャビティ153に連通するノズル流路54を有するノズル部材22と、を具備する。キャビティ部材121は、角筒体形状を呈しており、対向する壁部30, 31及び壁部32, 33によって、断面形状が長方形のキャビティ153が形成されている。導入部材23には導入口6が設けられ、導入流路55を介してキャビティ153へ液体の導入をする。又、ノズル部材22には吐出口7が設けられ、ノズル流路54を介してキャビティ153に充填をされた液体を、滴として吐出させる。

[0102] 液滴吐出圧電デバイス110は、キャビティ部材121、導入部材23、及びノズル部材22は、それら全てが、セラミック材料からなる9層の圧電体14が積層され、焼成によって一体的に形成されたものであり、液体の流れ方向と積層の方向とは直交している。しかし、液滴吐出圧電デバイス104や液滴吐出圧電デバイス1等とは異なり、導電

材料からなる、合わせて8層の電極18, 19は、全ての圧電体14の間に積層をされているわけではなく、壁部30, 31には存在しない。

- [0103] 電極18, 19は、一対の電極として、圧電体14に電界をかけ得る駆動電極であり、壁部32, 33であってキャビティ153に対応する位置において積層されて存在し、圧電体14とともに圧電駆動体184を構成している。又、電極18, 19は、4層の電極18と4層の電極19で構成され、4層の電極18は、圧電体14を貫通するビアホール118によって導通し、4層の電極19は、圧電体14を貫通するビアホール119によって導通している((図9の(c)を参照)。又、電極18, 19は、キャビティ153を形成する面には露出していない(図9の(b)を参照)。
- [0104] 液滴吐出圧電デバイス110において、壁部32, 33に存在する圧電駆動体184を構成する圧電体14は、例えば電極18から電極19へ向けた方向に分極される(挟まれる電極により層毎に分極方向が異なる)。そして、図示しない端子電極に電源を接続し、端子電極を介して、電極18側を正極、電極19側を負極にして、電極18, 19間に駆動のための電界をかけることにより、先に記した分極方向と同じ方向の電界が形成される。即ち、分極が互いに反対方向の層状の圧電体14が電極18, 19を挟んで積層され、各々の圧電体14においては、分極と駆動電界とが同一方向になっている。その結果、圧電体14には電界誘起歪みが発現し、圧電駆動体184は、その横効果による変位に基づき、図9の(a)中における概ねX方向に伸縮し、その縦効果による変位に基づき、図9の(b)中において概ねZ方向に伸縮する。
- [0105] 液滴吐出圧電デバイス110における、これらの圧電体14の変位は、電界誘起歪みを直接利用しているので、発生力が大きく応答速度も速い。個々の層が発現する変位量は大きなものではないが、電極18, 19で挟まれた圧電体14は7層存在するので、層数に比例した変位量が得られ、大変位を得ることが可能である。
- [0106] 液滴吐出圧電デバイス110は、このような態様により、キャビティ部材121において壁部32, 33のみに変位を生じさせる。そして、特に縦効果に基づく変位によりキャビティ153内の圧力を増加させキャビティ153に押圧力を発生させ、その押圧力によって、キャビティ153に充填された液体が、吐出口7から滴として吐出される。
- [0107] 次に、図10及び図11は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形

態を示す図であり、図10の(a)は長手方向の断面図(図1の(d)相当、内部の電極を含まない断面図)であり、図10の(b)は短手方向のキャビティ部材部分の断面(図10の(a)におけるCC断面)を示す断面図である。図10の(c)は一の圧電駆動体(圧電駆動体194)の断面を表しており、内部の電極及びキャビティを含む長手方向の断面図である。図10の(d)は他の圧電駆動体(圧電駆動体204)の断面を表しており、内部の電極及びスリットを含む長手方向の断面図である。又、図11は図10の(b)を拡大した図であり、分極方向と駆動電界方向との関係を説明するための図である。図10の(a)～(d)、及び図11に示される液滴吐出圧電デバイス111は、上記した液滴吐出圧電デバイス110と概ね同形態の液滴吐出圧電デバイスであるが、2組の対向する壁部によって形成された角筒体形状を呈するキャビティ部材において、2組の対向する壁部がともに圧電駆動体で構成されるところが、液滴吐出圧電デバイス110と異なる。又、ともに圧電駆動体で構成される2組の対向する壁部のうち、一の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向が、他の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向と、駆動電界との関係において異なっている。

[0108] 液滴吐出圧電デバイス111は、キャビティ253が内蔵されたキャビティ部材221と、キャビティ253に連通する導入流路55を有する導入部材23と、導入流路55とは反対側でキャビティ253に連通するノズル流路54を有するノズル部材22と、を具備する。キャビティ部材221は、角筒体形状を呈しており、対向する壁部30, 31及び壁部32, 33によって、断面形状が長方形のキャビティ253が形成されている。導入部材23には導入口6が設けられ、導入流路55を介してキャビティ253へ液体の導入をする。又、ノズル部材22には吐出口7が設けられ、ノズル流路54を介してキャビティ253に充填をされた液体を、滴として吐出させる。

[0109] 液滴吐出圧電デバイス111は、キャビティ部材221、導入部材23、及びノズル部材22は、それら全てが、セラミック材料からなる9層の圧電体14が積層され、焼成によって一体的に形成されたものであり、液体の流れ方向と積層の方向とは直交している。しかし、液滴吐出圧電デバイス104や液滴吐出圧電デバイス1等とは異なり、導電材料からなる10層の電極18, 19は、全ての圧電体14の間に積層をされているわけ

ではない。一方、液滴吐出圧電デバイス110とは異なり、電極18, 19は、対向する壁部30, 31及び壁部32, 33の全てに存在する。

- [0110] 電極18, 19は、一対の電極として、圧電体14に電界をかけ得る駆動電極であり、キャビティ253を形成する全ての壁部30, 31, 32, 33であって、且つキャビティ253に対応する位置のみにおいて積層されて存在する。そして、電極18, 19は、壁部32, 33において圧電体14とともに圧電駆動体194を構成し、壁部30, 31において圧電体14とともに圧電駆動体204を構成するが、キャビティ253から離れた角筒体としての角部には存在しない(図10の(b)及び図11を参照)。
- [0111] 圧電駆動体194, 204を構成する電極18, 19は、合わせて5層の電極18と5層の電極19で構成される。図10の(c), (d)に示されるように、これらの電極18, 19は、導入部材23側又はノズル部材22側まで配線が延長され、圧電体14を貫通するビアホール118, 119, 218, 219によって、それぞれ同じ極性毎に導通している。圧電駆動体194の電極18は、圧電体14を貫通するビアホール118によって導通し、圧電駆動体194の電極19は、圧電体14を貫通するビアホール119によって導通している((図10の(c)を参照)。又、圧電駆動体204の電極18は、圧電体14を貫通するビアホール218によって導通し、圧電駆動体204の電極19は、圧電体14を貫通するビアホール219によって導通している((図10の(d)を参照)。尚、電極18, 19は、キャビティ253を形成する面には露出していない(図10の(b)及び図11を参照)。
- [0112] 液滴吐出圧電デバイス111において、壁部32, 33に存在する圧電駆動体194を構成する圧電体14は、例えば電極18から電極19へ向けた方向に分極される(挟まれる電極により層毎に分極方向が異なる)。そして、図示しない端子電極に電源を接続し、端子電極を介して、電極18側を正極、電極19側を負極にして、電極18, 19間に駆動のための電界をかけることにより、先に記した分極方向と同じ方向の電界が形成される。即ち、分極が互いに反対方向の層状の圧電体14が電極18, 19を挟んで積層され、各々の圧電体14においては、分極と駆動電界とが同一方向になっている。その結果、圧電体14には電界誘起歪みが発現し、圧電駆動体194は、その縦効果による変位に基づき、図10の(b)中において概ねZ方向に伸縮する。
- [0113] 一方、壁部30, 31に存在する圧電駆動体204を構成する圧電体14は、圧電駆動

体194を構成する圧電体14とは反対に、例えば電極19から電極18へ向けた方向に分極される。そして、図示しない端子電極に電源を接続し、端子電極を介して、電極18側を正極、電極19側を負極にして、電極18, 19間に駆動のための電界をかけることにより、先に記した分極方向と反対方向の電界が形成される。即ち、圧電駆動体204を構成する圧電体14においては、分極と駆動電界とが反対方向になっており、圧電体14には電界誘起歪みが発現し、圧電駆動体204は、その横効果による変位に基づき、図10の(b)中において概ねY方向に伸縮する。すると、圧電駆動体204の横効果で、キャビティ253に隣接する圧電体14は屈曲変位を生じ、Z方向への変位に変換される。ここで、圧電駆動体194と圧電駆動体204の分極方向を反対方向としていることで、同じ電界を印加した場合に、圧電駆動体194で構成される壁部と、圧電駆動体204で構成される壁部の、2組の壁部の変形方向が同じになるため、駆動方法が容易になり、且つ小さな駆動電圧で、キャビティの容積変化を大きくすることが出来る。

[0114] 上記のような圧電体14の変位は、電界誘起歪みを直接利用しているので、発生力が大きく応答速度も速い。又、壁部30, 31のそれぞれの圧電駆動体204の両側にはスリット25が形成されているので、圧電駆動体194及び圧電駆動体204が拘束されずに、バルク状態に近い大きな変位を発生させ得る。

[0115] 液滴吐出圧電デバイス111は、このような態様により、キャビティ部材221において壁部30, 31, 32, 33の全てに変位を生じさせる。そして、特に縦効果に基づく変位によりキャビティ253内の圧力を増加させキャビティ253に押圧力を発生させる。そして、その押圧力によって、キャビティ253に充填された液体が、吐出口7から滴として吐出される。

[0116] 次に、図12及び図13は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図である。図12は内部を透視した斜視図であり、図13の(a), (b)は図12における切断線X1で切断した面を示す断面図である。図13の(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、図13の(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。尚、図12においては、図面の理解を容易にするため、電極の数は省略して描かれている。

- [0117] 図12及び図13に示される液滴吐出圧電デバイス120は、2組の対向する壁部によって形成された角筒体形状を呈するキャビティ部材において、2組の対向する壁部がともに圧電駆動体で構成されており、上記した液滴吐出圧電デバイス111と概ね同形態の液滴吐出圧電デバイスであるが、スリットが形成されておらず、角筒体形状を呈するキャビティ部材の角部(四隅部分)においても、層状の圧電体の間に電極が積層されているところが異なっている。
- [0118] 液滴吐出圧電デバイス120は、キャビティ353が内蔵されたキャビティ部材321と、キャビティ353に連通する導入流路を有する導入部材323と、導入流路とは反対側でキャビティ353に連通するノズル流路を有するノズル部材322と、を具備する。キャビティ部材321は、角筒体形状を呈しており、対向する壁部30, 31及び壁部32, 33によって、断面形状が長方形のキャビティ353が形成されている。導入部材323には導入口6が設けられ、導入流路を介してキャビティ353へ液体の導入をする。又、ノズル部材322には吐出口7が設けられ、ノズル流路を介してキャビティ353に充填をされた液体を、滴として吐出させる。
- [0119] 液滴吐出圧電デバイス120では、キャビティ部材321、導入部材323、及びノズル部材322は、それら全てが、セラミック材料からなる14層の圧電体14が積層され、焼成によって一体的に形成されたものであり、液体の流れ方向と積層の方向とは直交している。そして、導電材料からなる合わせて15層の電極18, 19は、キャビティ部材321のみにおいて、圧電体14の間に積層をされており、対向する壁部30, 31及び壁部32, 33の全てに存在する。
- [0120] 電極18, 19は、一对の電極として、圧電体14に電界をかけ得る駆動電極であり、キャビティ353を形成する全ての壁部30, 31, 32, 33に積層されて存在し、且つキャビティ部材321の角部においても存在する。そして、電極18, 19は、壁部32, 33において圧電体14とともに圧電駆動体294を構成し、壁部30, 31において圧電体14とともに圧電駆動体304を構成する。
- [0121] 液滴吐出圧電デバイス120は、2組の対向する壁部30, 31及び壁部32, 33が、ともに圧電駆動体で構成されるが、積層の界面がキャビティ353に現れない壁部30, 31において、電極18, 19が、キャビティ353を形成する面には露出しておらず、更に

は、積層の界面がキャビティ353に現れる壁部32, 33においても、電極18, 19が、キャビティ353を形成する面には露出していない(図13の(a), (b)を参照)。壁部32, 33において、層状の電極18, 19は、キャビティ353を形成する面から引き下がり、壁部32, 33のキャビティ353を形成する面は圧電体14のみによって構成されている。そして、キャビティ353を形成する面から電極18, 19までの距離W(引き下がり量、図13の(a)を参照)と、圧電体14の1層の厚さT(図13の(a)を参照)と、の比は、概ね1:1になっている。

[0122] 圧電駆動体294, 304を構成する電極18, 19は、7層の電極18と8層の電極19で構成される。これらの電極18, 19は、図示しないが、上記した液滴吐出圧電デバイス110, 111に準じて、圧電体14を貫通するビアホールで、圧電駆動体毎、且つ同じ極性毎に導通している。

[0123] 液滴吐出圧電デバイス120において、壁部32, 33に存在する圧電駆動体294を構成する圧電体14は、例えば電極18から電極19へ向けた方向に分極される(挟まれる電極により層毎に分極方向が異なる)。そして、図示しない端子電極に電源を接続し、端子電極を介して、電極18側を正極、電極19側を負極にして、電極18, 19間に駆動のための電界をかけることにより、先に記した分極方向と同じ方向の電界が形成される。即ち、分極が互いに反対方向の層状の圧電体14が電極18, 19を挟んで積層され、各々の圧電体14においては、分極と駆動電界とが同一方向になっている。その結果、圧電体14には電界誘起歪みが発現し、圧電駆動体294は、その縦効果による変位に基づき、図12中における概ねZ方向に伸縮し、その縦効果による変位に基づき、図12中において壁部は概ねZ方向に伸縮する(図13の(b)を参照)。

[0124] 一方、壁部30, 31に存在する圧電駆動体304を構成する圧電体14は、圧電駆動体294を構成する圧電体14とは反対に、例えば電極19から電極18へ向けた方向に分極される。そして、図示しない端子電極に電源を接続し、端子電極を介して、電極18側を正極、電極19側を負極にして、電極18, 19間に駆動のための電界をかけることにより、先に記した分極方向と反対方向の電界が形成される。即ち、圧電駆動体304を構成する圧電体14においては、分極と駆動電界とが反対方向になっており、圧電体14には電界誘起歪みが発現し、圧電駆動体304は、その横効果による変位

に基づき、図12中における概ねY方向に伸縮し、その横効果による屈曲変位に基づき、図12中において概ねZ方向に伸縮する(図13の(b)を参照)。

[0125] 上記のような圧電体14の変位は、電界誘起歪みを直接利用しているので、発生力が大きく応答速度も速い。個々の層が発現する変位量は大きなものではないが、電極18, 19で挟まれた圧電体14は14層存在するので、層数に比例した変位量が得られ、大変位を得ることが可能である。

[0126] 液滴吐出圧電デバイス120は、このような態様により、キャビティ部材321において壁部30, 31, 32, 33の全てに変位を生じさせる。そして、特に縦効果に基づく変位によりキャビティ353内の圧力を増加させキャビティ353に押圧力を発生させる。そして、その押圧力によって、キャビティ353に充填された液体が、吐出口7から滴として吐出される。

[0127] 次に、図14及び図15は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図である。図14は内部を透視した斜視図であり、図15の(a), (b)は図14における切断線X2で切断した面を示す断面図である。図15の(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、図15の(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。

[0128] 図14及び図15に示される液滴吐出圧電デバイス140は、2組の対向する壁部によって形成された角筒体形状を呈するキャビティ部材において、一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成されるが、他の組の壁部は圧電体のみで構成されるところが、上記した液滴吐出圧電デバイス120と異なる。それ以外は、液滴吐出圧電デバイス120と同じ態様であるので記載を省略し、以下、異なるところについて説明する。

[0129] 液滴吐出圧電デバイス140のキャビティ部材421において、電極18, 19は、一対の電極として、圧電体14に電界をかけ得る駆動電極であり、壁部30, 31であってキャビティ353に対応する位置において積層されて存在し、圧電体14とともに圧電駆動体284を構成する。電極18, 19は、キャビティ部材421の角部においては存在しない。又、電極18, 19は、キャビティ353を形成する面には露出していない(図15の(a), (b)を参照)。対向する壁部に設けられる2つの圧電駆動体284を構成する電極18, 19は、それぞれ圧電駆動体284において、1層の電極18と2層の電極19で

構成される。これらの電極18, 19は、図示しないが、上記した液滴吐出圧電デバイス110, 111に準じて、圧電体14を貫通するビアホールで、同じ極性毎に導通している。

[0130] 液滴吐出圧電デバイス140のキャビティ部材421において、壁部30, 31に存在する圧電駆動体284を構成する圧電体14は、例えば電極18から電極19へ向けた方向に分極される(挟まれる電極により層毎に分極方向が異なる)。そして、図示しない端子電極に電源を接続し、端子電極を介して、電極18側を正極、電極19側を負極にして、電極18, 19間に駆動のための電界をかけることにより、先に記した分極方向と同じ方向の電界が形成される。即ち、分極が互いに反対方向の層状の圧電体14が電極18, 19を挟んで積層され、各々の圧電体14においては、分極と駆動電界とが同一方向になっている。その結果、圧電体14には電界誘起歪みが発現し、圧電駆動体284は、その横効果による変位に基づき、図14中における概ねX方向に伸縮し、その縦効果による変位に基づき、図14中において概ねZ方向に伸縮する(図15の(b)を参照)。このような圧電体14の変位は、電界誘起歪みを直接利用しているので、発生力が大きく応答速度も速い。一方、圧電駆動体が存在しない壁部32, 33は、変形(伸縮)しない。

[0131] 液滴吐出圧電デバイス140は、このような態様により、キャビティ部材421において壁部30, 31に変位を生じさせる。そして、特に縦効果に基づく変位によりキャビティ353内の圧力を増加させキャビティ353に押圧力を発生させる。そして、その押圧力によって、キャビティ353に充填された液体が、吐出口7から滴として吐出される。

[0132] 次に、図16及び図17は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図である。図16は内部を透視した斜視図であり、図17の(a), (b)は図16における切断線X3で切断した面を示す断面図である。図17の(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、図17の(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。尚、図16においては、図面の理解を容易にするため、電極の数は省略して描かれている。

[0133] 図16及び図17に示される液滴吐出圧電デバイス160は、2組の対向する壁部によって形成された角筒体形状を呈するキャビティ部材において、一の組の対向する壁

部が圧電駆動体で構成されるが、他の組の壁部は圧電体のみで構成されるところが、上記した液滴吐出圧電デバイス120と異なる。それ以外は、液滴吐出圧電デバイス120と同じ態様であるので記載を省略し、以下、異なるところについて説明する。

[0134] 液滴吐出圧電デバイス160のキャビティ部材521において、電極18, 19は、一対の電極として、圧電体14に電界をかけ得る駆動電極であり、上記液滴吐出圧電デバイス140とは反対の組の壁部である壁部32, 33であってキャビティ353に対応する位置において積層されて存在し、圧電体14とともに圧電駆動体314を構成する。電極18, 19は、キャビティ部材521の角部においては存在しない。又、電極18, 19は、キャビティ353を形成する面には露出していない(図17の(a), (b)を参照)。圧電駆動体314を構成する電極18, 19は、4層の電極18と5層の電極19で構成される。これらの電極18, 19は、図示しないが、上記した液滴吐出圧電デバイス110, 111に準じて、圧電体14を貫通するビアホールで、同じ極性毎に導通している。

[0135] 液滴吐出圧電デバイス160のキャビティ部材521では、壁部32, 33が圧電駆動体314で構成される。そして、その圧電駆動体314を構成する圧電体14は、例えば電極18から電極19へ向けた方向に分極される(挟まれる電極により層毎に分極方向が異なる)。図示しない端子電極に電源を接続し、端子電極を介して、電極18側を正極、電極19側を負極にして、電極18, 19間に駆動のための電界をかけることにより、先に記した分極方向と同じ方向の電界が形成される。即ち、分極が互いに反対方向の層状の圧電体14が電極18, 19を挟んで積層され、各々の圧電体14においては、分極と駆動電界とが同一方向になっている。その結果、圧電体14には電界誘起歪みが発現し、圧電駆動体314は、その横効果による変位に基づき、図16中における概ねX方向に伸縮し、その縦効果による変位に基づき、図16中において概ねZ方向に伸縮する(図17の(b)を参照)。このような圧電体14の変位は、電界誘起歪みを直接利用しているので、発生力が大きく応答速度も速い。一方、圧電駆動体が存在しない壁部30, 31は、変形(伸縮)しない。

[0136] 液滴吐出圧電デバイス160は、このような態様により、キャビティ部材521において壁部32, 33に変位を生じさせる。そして、特に縦効果に基づく変位によりキャビティ353内の圧力を増加させキャビティ353に押圧力を発生させる。そして、その押圧力に

よって、キャビティ353に充填された液体が、吐出口7から滴として吐出される。

[0137] 次に、図18は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図である。図18の(a)，(b)は、図17の(a)，(b)に対応する液滴吐出圧電デバイスの断面図であり、図18の(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、図18の(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。図18に示される液滴吐出圧電デバイス180は、圧電駆動体を構成する電極18，19が、キャビティ353を形成する面(内面)に加えて、外面にも露出しておらず、液滴吐出圧電デバイスの外面の絶縁性を高めたところが、上記した液滴吐出圧電デバイス160とは異なる(液滴吐出圧電デバイス160の圧電駆動体314では、電極18，19は、外面に露出している(図17の(a)，(b)を参照))。液滴吐出圧電デバイス180は、それ以外は液滴吐出圧電デバイス160と同じ態様であるので記載を省略する。

[0138] 次に、図19及び図20は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図である。図19は内部を透視した斜視図であり、図20の(a)，(b)は図19における切断線X4で切断した面を示す断面図である。図20の(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、図20の(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。尚、図19においては、図面の理解を容易にするため、電極の数は省略して描かれている。

[0139] 図19及び図20に示される液滴吐出圧電デバイス190は、2組の対向する壁部によって形成された角筒体形状を呈するキャビティ部材において、2組の対向する壁部がともに圧電駆動体で構成されるものであり、上記した液滴吐出圧電デバイス140の圧電駆動体284と液滴吐出圧電デバイス160の圧電駆動体314とで、キャビティ部材の壁部を構成した液滴吐出圧電デバイスである。又、液滴吐出圧電デバイス190は、上記した液滴吐出圧電デバイス120(図12及び図13の(a)，(b)を参照)においてキャビティ部材321の角部から電極18，19を除いた態様ということが出来、液滴吐出圧電デバイス190は、それ以外は、上記した液滴吐出圧電デバイス120と同じ態様であり、且つ、圧電駆動体における圧電体の分極や、正極と負極の電極間にかかる電界や、それらに基づく圧電駆動体の伸縮(変形)の態様等についても、液滴吐出

圧電デバイス120に準じるものであるので、以下、説明を省略する。

[0140] 次に、図21は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図である。図21の(a)，(b)は、図20の(a)，(b)に対応する液滴吐出圧電デバイスの断面図であり、図21の(a)は正極、負極の電極間に電界を形成していない(圧電駆動体がOFFの)状態を示し、図21の(b)は正極、負極の電極間に電界を形成した(圧電駆動体がONの)状態を示す。図21に示される液滴吐出圧電デバイス210は、圧電駆動体を構成する電極18，19が、キャビティ353を形成する面(内面)に加えて、外面にも露出しておらず、液滴吐出圧電デバイスの外面の絶縁性を高めたところが、液滴吐出圧電デバイス190とは異なる(液滴吐出圧電デバイス190の圧電駆動体314では、電極18，19は、外面に露出している(図20の(a)，(b)を参照))。液滴吐出圧電デバイス210は、それ以外は液滴吐出圧電デバイス190と同じ(即ち、液滴吐出圧電デバイス120と概ね同じ)態様であるので記載を省略する。

[0141] 次に、図22は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの更に他の実施形態を示す図であり、内部を透視した斜視図である。図22に示される液滴吐出圧電デバイス220は、上記した液滴吐出圧電デバイス160(図16を参照)と同様に、2組の対向する壁部によって形成された角筒体形状を呈するキャビティ部材において、一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成されるが、他の組の壁部は圧電体のみで構成される(図22においては、図面の理解を容易にするため、電極の数は省略して描かれている)。そして、液滴吐出圧電デバイス220では、導入部材及びノズル部材においても圧電駆動体が備わっている。

[0142] 液滴吐出圧電デバイス220は、キャビティ353が内蔵されたキャビティ部材521と、キャビティ353に連通する導入流路を有する導入部材523と、導入流路とは反対側でキャビティ353に連通するノズル流路を有するノズル部材522と、を具備する。キャビティ部材521は、角筒体形状を呈しており、2組の対向する壁部によって、断面形状が長方形のキャビティ353が形成されている。導入部材523には導入口6が設けられ、導入流路を介してキャビティ353へ液体の導入をする。又、ノズル部材522には吐出口7が設けられ、ノズル流路を介してキャビティ353に充填をされた液体を、滴として吐出させる。

- [0143] 液滴吐出圧電デバイス220では、キャビティ部材521、導入部材523、及びノズル部材522は、それら全てが、セラミック材料からなる9層の圧電体14が積層され、焼成によって一体的に形成されたものであり、液体の流れ方向と積層の方向とは直交している。そして、2組の対向する壁部によって形成された角筒体形状を呈するキャビティ部材521において、幅方向(図22中において水平方向)の一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成されるが、他の組の壁部は圧電体のみで構成される。
- [0144] 導入部材523は、キャビティ部材521と同様に、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によってキャビティ353より小さい(細い)導入流路を形成しており、2組の対向する壁部のうちの、キャビティ部材521と同じ幅方向の対向する壁部が圧電駆動体で構成されるが、他の組の壁部は圧電体のみで構成される。そして、ノズル部材522も、キャビティ部材521と同様に、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によってキャビティ353より小さい(細い)ノズル流路を形成し、2組の対向する壁部のうちの、キャビティ部材521及び導入部材523と異なる圧電体の積層方向(幅方向とは垂直な方向)の対向する壁部が圧電駆動体で構成されるが、幅方向の対向する壁部は圧電体のみで構成される。即ち、キャビティ部材521、導入部材523、及びノズル部材522のそれぞれにおける、圧電駆動体で構成される壁部は、キャビティ部材521と導入部材523において同じ位置に配設され、ノズル部材522のみが異なる位置に配設される。
- [0145] 液滴吐出圧電デバイス220は、上記態様を有することにより、キャビティ部材521、導入部材523、及びノズル部材522のそれぞれにおける圧電駆動体を共通に駆動させ得る電極配線にすることにより、キャビティ部材521のキャビティ353内の圧力を、効率よくノズル部材522のノズル流路に加えることが可能である。共通の電極配線とすることにより、キャビティ部材521と導入部材523において圧電駆動体が同じように伸縮(変形)し、ノズル部材522の圧電駆動体は反対に伸縮(変形)し、キャビティ353及び導入流路と、ノズル流路と、の拡大、縮小のタイミングをずらすことが出来るからである。即ち、液体を導入するタイミングでは、ノズル部材522においてノズル流路を縮小するように圧電駆動体を変形させ、キャビティ部材521においてキャビティ353を拡大するように圧電駆動体を変形させ、同様に導入部材523において導入流路

を拡大するように圧電駆動体を変形させる。そして、液体を吐出するタイミングでは、ノズル部材522においてノズル流路を拡大するように圧電駆動体を変形させ、キャビティ部材521においてキャビティ353を縮小するように圧電駆動体を変形させ、同様に導入部材523において導入流路を縮小するように圧電駆動体を変形させる。液滴吐出圧電デバイス220は、特に縦効果に基づく変位によりキャビティ353内の圧力を増加させてキャビティ353に押圧力を発生させ、上記のような動作により、その押圧力を、キャビティ353に充填された液体を吐出口7から滴として吐出する力として、効率よく利用する。又、それぞれの圧電駆動体における電極18, 19を独立に駆動させると、上記効果に加えて、液を吐出した後に液体にくびれを生じさせ、滴として切る機能を併せ持つことも出来るようになる。

[0146] 以上、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの実施形態について説明したが、上記した図1～図22に示された液滴吐出圧電デバイスは、導入部材の導入流路、キャビティ部材のキャビティ、及びノズル部材のノズル流路が、直線状に配置される点で共通し、このような態様によって、液体の流れを良好にするとともに、液体を導入（充填）する際に気泡が抜け易くしている。図24に示される液滴吐出圧電デバイス240では、キャビティ453を中心として、導入口6と対称となる位置に吐出口7が設けられていないため、導入流路455、キャビティ453、及びノズル流路454が直線状に配置されず、キャビティ453のコーナー部分（例えば、図24においてYで示される丸囲い部分）において液体の流れが滞り、気泡も溜まるおそれがあるが、既述の本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの実施形態によれば、そのような問題は回避出来る。

[0147] 尚、既述の本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの実施形態の説明においては、液体は、導入部材の導入口から入り、導入流路を介してキャビティへ導入され、ノズル部材のノズル流路を介して、吐出口から、滴として、吐出させるものとしたが、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、吐出口から液体の吸引をし、ノズル流路及びキャビティへ液体の充填をして次の吐出の準備をすることも出来る。このように液体を充填する場合には、吐出口から液体の吸引をして次の吐出の準備をするので、導入部材は使用されない。このような動作を実現するに際しては、キャビティ部材の少なくとも一部を構成する圧電駆動体の電界誘起歪みに基づく変位によって、キャビティ部

材を振動させ、吐出口から液体の吸引をすることが好ましい。

[0148] 次に、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスの応用例について説明する。図23は、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスを用いてインライン型ディスペンサを構成した例を示す斜視図である。図23に示されるインライン型ディスペンサ230は、櫛歯形を呈し、図1に示される液滴吐出圧電デバイス1を4つ平行に並べて櫛歯部を構成し、櫛骨部231をヘッダー管として用いるディスペンサである。インライン型ディスペンサ230では、櫛骨部231の中の(図示しない)流路と、液滴吐出圧電デバイス1の導入口6と、が接続されており、櫛骨部231側から液体を液滴吐出圧電デバイス1へ供給し、各液滴吐出圧電デバイス1を稼働させることによって、液滴を吐出させることが可能である。

[0149] 次に、本発明に係る液滴吐出圧電デバイスを製造する方法、及び使用する材料について説明する。本発明に係る液滴吐出圧電デバイスを製造するにあたっては、以下に記すように、主にグリーンシート積層法を用い、付帯的手段として打抜加工法を利用することが好ましい。尚、作製対象を、図1の(a)～(d)に示される液滴吐出圧電デバイス1として説明することとし、製造工程を図に示さないが、適宜、製造後の態様が示される図1の(a)～(d)を参照して説明する。

[0150] 以下、製造工程に従って説明する。まず、圧電材料を主成分とする5枚のセラミックグリーンシートを用意する。セラミックグリーンシート(以下、単にシートともいう)は、従来知られた成形方法により作製出来る。例えば、圧電材料の粉末を用意し、これにバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等を望む組成に調合してスラリーを作製し、これを脱泡処理後、ドクターブレード法、リバースロールコーター法、リバースドクターロールコーター法等のシート成形法によって、セラミックグリーンシートを作製することが可能である。

[0151] 圧電材料は、圧電効果等の電界誘起歪みを起こす材料であれば、問われるものではない。結晶質でも非晶質でもよく、又、半導体セラミック材料や強誘電体セラミック材料、あるいは反強誘電体セラミック材料を用いることも可能である。用途に応じて適宜選択し採用すればよい。又、分極処理が必要な材料であっても必要がない材料であってもよい。

[0152] 具体的には、好ましい材料として、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、マンガンタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、マグネシウムタングステン酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス、チタン酸ビスマスネオジウム(BNT)、ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロンチウムビスマス、銅タングステンバリウム、鉄酸ビスマス、あるいはこれらのうちの2種以上からなる複合酸化物を挙げることが出来る。又、これらの材料には、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン、セリウム、カドミウム、クロム、コバルト、アンチモン、鉄、イットリウム、タンタル、リチウム、ビスマス、スズ、銅等の酸化物が固溶されていてもよい。更に、上記材料等に、ビスマス酸リチウム、ゲルマン酸鉛等を添加した材料、例えば、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、及びマグネシウムニオブ酸鉛の複合酸化物に、ビスマス酸リチウム及び／又はゲルマン酸鉛を添加した材料は、圧電体の低温焼成を実現しつつ高い材料特性を発現出来るので好ましい。

[0153] 5枚のセラミックグリーンシートを作製したら、その5枚のセラミックグリーンシート全てを、液滴吐出圧電デバイス1の圧電体14相当の形状(概ね短冊形状、(図1の(a)を参照))に加工し、5枚の加工済シートを得る(加工済シートA～Eとする)。5枚の加工済シートA～Eのうちの1枚の(例えば)加工済シートCには、更に、のちにキャビティ3、ノズル流路4、導入流路5になる孔部を開け、孔部付シートCとする。そして、2枚の加工済シートA、E及び1枚の孔部付シートCの一の面に、のちに電極18になる導体膜を所定のパターンで形成するとともに、(例えば)加工済シートAの裏面に、のちに電極19になる導体膜を形成する。更に、残り2枚の加工済シートB、Dの一の面に、のちに電極19になる導体膜を所定のパターンで形成する。尚、導体膜の形成手段は、スクリーン印刷法が好適に用いられるが、フォトリソグラフィ等の手段で行ってもよい。導体膜の所定のパターンとは、加工済シートにおいて長手方向の端部に導体膜を形成しないパターンであり、且つ、のちに電極18になる導体膜とのちに電極19になる導体膜とでは、その長手方向の端部は相互に異なる(図1の(b)を参照)。

[0154] 導体膜(電極)の材料としては、室温で固体であって、導電性の金属が採用され、

例えば、アルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、又は鉛等の金属単体又はこれら2種類以上からなる合金、例えば、銀－白金、白金－パラジウム、銀－パラジウム等を1種単独で又は2種類以上を組み合わせたものを用いることが好ましい。又、これらの材料と、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化チタン、酸化ケイ素、酸化セリウム、ガラス、又は圧電材料等との混合物、サーメットであつてもよい。これらの材料の選定にあたっては、圧電材料の種類に応じて選択することが好ましい。

[0155] 次に、導体膜を形成した加工済シートA、B、孔部付シートC、加工済シートD、Eを、孔部付シートCを真中にして積層し、圧着して所定の厚さを有するセラミックグリーン積層体を得る(積層の状態について、作製対象である液滴吐出圧電デバイス1が示される図1の(b)を参照)。このとき、グリーンシートの積層状態(一体性)を向上させる目的で、接合補助層をグリーンシートに形成しておくことが好ましい。次いで、のちに外部電極28、29になる導体膜を形成した後、焼成一体化して焼成積層体を得る。その後、必要に応じて分極処理を行えば、液滴吐出圧電デバイス1が得られる。

[0156] 尚、本明細書において、液滴吐出圧電デバイスにかかり単に圧電と称しているが、本明細書にいう圧電駆動体は、電界によって誘起される歪みを利用する駆動体全てを指し、狭義の意味での、印加電界に概ね比例した歪み量を発生する圧電効果を利用する駆動体に限定されるものではなく、印加電界の二乗に概ね比例した歪み量を発生する電歪効果、強誘電体材料全般に見られる分極反転、反強誘電体材料に見られる反強誘電相－強誘電相転移、等の現象を利用するものも含まれる。

#### 産業上の利用可能性

[0157] 本発明に係る液滴吐出圧電デバイスは、バイオテクノロジー分野における微量液体の混合・反応操作や、遺伝子構造の解析に必要なDNAチップの製造や、半導体製造用のコーティング工程において用いられる微少液滴吐出装置、あるいは医療分野における各種検査に用いられる試薬の微量投入装置等に、好適に利用することが出来る。

## 請求の範囲

- [1] 微少な液体の滴の吐出に用いられる液滴吐出デバイスであって、  
液体の充填をするキャビティが内蔵されたキャビティ部材と、  
前記キャビティに連通する導入流路を有するとともに、前記導入流路を介して前記キャビティへ液体が導入をされる導入口が設けられた導入部材と、  
前記キャビティ部材を介して前記導入流路とは反対側で前記キャビティに連通するノズル流路を有するとともに、前記ノズル流路を介して前記キャビティに充填をした液体を滴として吐出をする吐出口が設けられたノズル部材と、を具備し、  
前記キャビティ部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる複数の層状の圧電体と、複数の層状の電極と、が交互に積層をされてなる圧電駆動体で構成され、  
前記導入部材及び／又はノズル部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる圧電体で構成され、  
前記キャビティ部材と、導入部材及び／又はノズル部材とが、焼成によって一体的に形成され、  
キャビティ部材の少なくとも一部を構成する前記圧電駆動体の電界誘起歪みに基づく変位によって、前記キャビティ部材のキャビティ内の圧力の増加に伴う押圧力を発生させ、その押圧力を利用して、前記キャビティに充填をした液体を、前記吐出口から滴として吐出をする液滴吐出圧電デバイス。
- [2] 前記導入部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる圧電体で構成される場合において、その圧電体が複数の層状の圧電体であり、その複数の層状の圧電体と複数の層状の電極とが交互に積層をされて圧電駆動体を構成する請求項1に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [3] 前記ノズル部材の少なくとも一部が、セラミック材料からなる圧電体で構成される場合において、その圧電体が複数の層状の圧電体であり、その複数の層状の圧電体と複数の層状の電極とが交互に積層をされて圧電駆動体を構成する請求項1又は2に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [4] 前記キャビティ部材の全体が、前記圧電駆動体で構成される請求項1～3の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

- [5] 前記キャビティ部材に内蔵されたキャビティの、前記液体の流れ方向に垂直な断面の形状が長方形である請求項4に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [6] 前記キャビティ部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によって前記キャビティが形成され、一の組の対向する壁部が前記圧電駆動体で構成され、他の組の壁部は圧電体のみで構成される請求項1に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [7] 更に、前記導入部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によって前記導入流路が形成され、一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成され、他の組の壁部は圧電体のみで構成されるとともに、  
前記ノズル部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によって前記ノズル流路が形成され、一の組の対向する壁部が圧電駆動体で構成され、他の組の壁部は圧電体のみで構成され、  
前記キャビティ部材、前記導入部材、及び前記ノズル部材における、前記圧電駆動体で構成される一の組の対向する壁部が、前記キャビティ部材と前記導入部材において同じ位置に配設され、前記ノズル部材のみが異なる位置に配設される請求項6に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [8] 前記キャビティ部材が、角筒体形状を呈し、2組の対向する壁部によって前記キャビティが形成され、その2組の対向する壁部が、ともに前記圧電駆動体で構成される請求項1～3の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [9] ともに前記圧電駆動体で構成される前記2組の対向する壁部のうち、一の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向が、他の組の対向する壁部を構成する圧電駆動体の圧電体の分極方向と異なる請求項8に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [10] ともに前記圧電駆動体で構成される前記2組の対向する壁部の何れかに、一の組の対向する壁部を構成する前記圧電駆動体と、他の組の対向する壁部を構成する前記圧電駆動体とを、部分的に分断するスリットが形成されている請求項8又は9に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [11] 前記2組の対向する壁部のうち圧電駆動体で構成される壁部において、前記層状の電極が前記キャビティを形成する面から引き下がり前記キャビティを形成する面に

露出しておらず、前記キャビティを形成する面が前記層状の圧電体のみによって構成され、且つ、

前記キャビティを形成する面から前記層状の電極までの距離と、前記層状の圧電体の1層の厚さと、の比が、5:1～1:10の範囲である請求項6～10の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

- [12] 前記キャビティ部材、導入部材、及びノズル部材の全てが、セラミック材料からなる複数の層状の圧電体が積層をされることによって一体的に形成され、

前記キャビティ部材のキャビティ、導入部材の導入流路、及びノズル部材のノズル流路が、前記積層をされた圧電体の同一の層により形成されている請求項1～11の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

- [13] 前記ノズル部材にかかるノズル流路の、前記液体の流れ方向に垂直な断面が、前記キャビティ部材のキャビティの、前記液体の流れ方向に垂直な断面より小さい請求項1～12の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

- [14] 前記キャビティ部材のキャビティが、そのノズル流路側で、断面の大きさを連続的に小さく変化させて、前記ノズル部材のノズル流路と滑らかに接続されている請求項13に記載の液滴吐出圧電デバイス。

- [15] 前記ノズル部材にかかるノズル流路の、前記液体の流れ方向に垂直な断面の形状が、長方形又は台形である請求項1～14の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

- [16] 前記ノズル部材のノズル流路の断面における最短距離 $d$ と、ノズル流路の長さ $L$ と、の比 $d/L$ が、0.08～0.8である請求項1～15の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

- [17] 前記ノズル部材の前記吐出口側の端面の表面粗さが、少なくとも前記ノズル部材のノズル流路の表面粗さより小さい請求項1～16の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

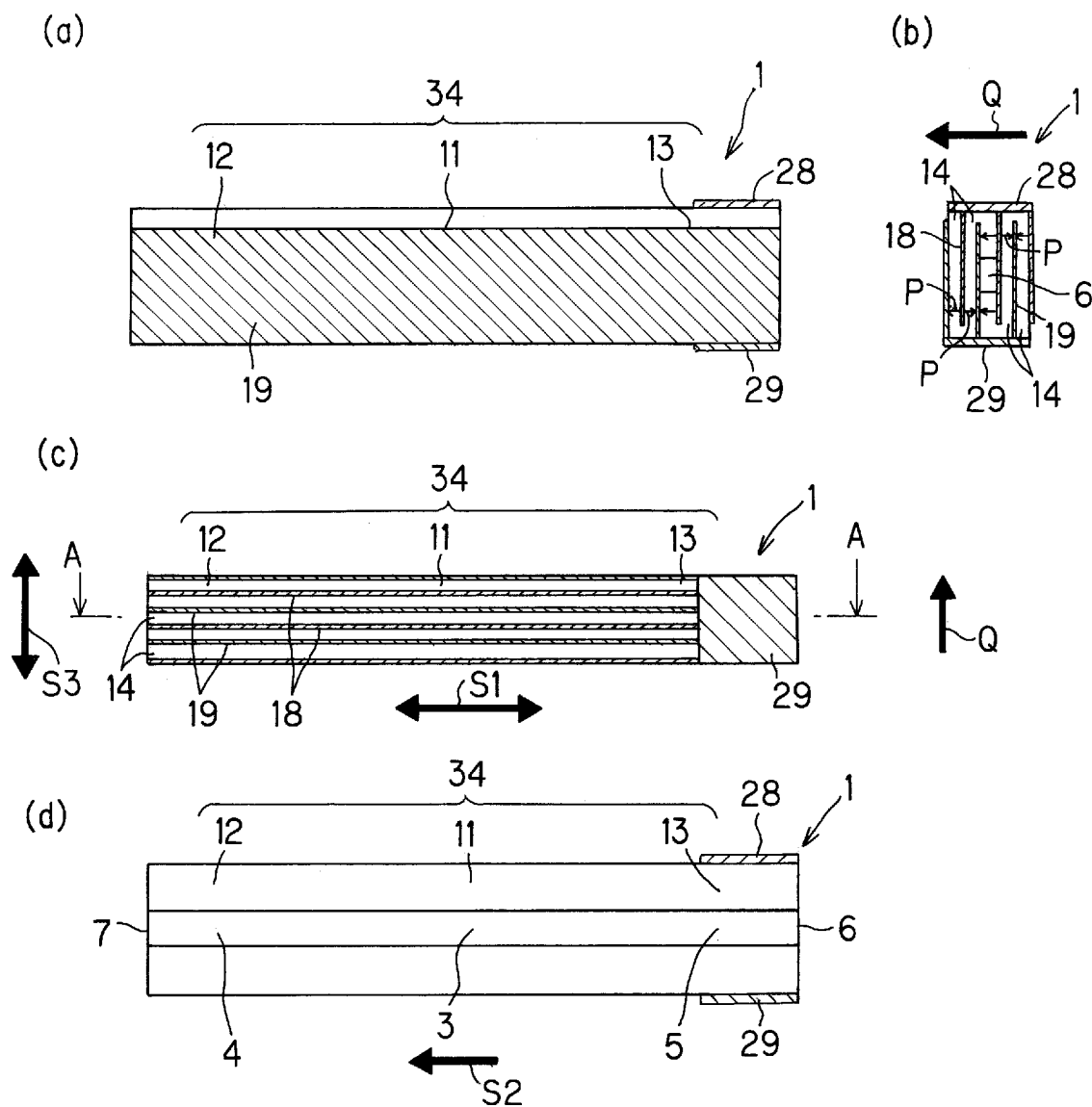
- [18] 前記導入部材にかかる導入流路の、前記液体の流れ方向に垂直な断面が、前記キャビティ部材のキャビティの、前記液体の流れ方向に垂直な断面より小さく、前記キャビティ部材のキャビティが、その前記導入流路側で、液体の流れ方向に対し幅方

向にあたる断面の大きさを連続的に小さく変化させて、前記導入部材の導入流路と滑らかに接続されている請求項1～17の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

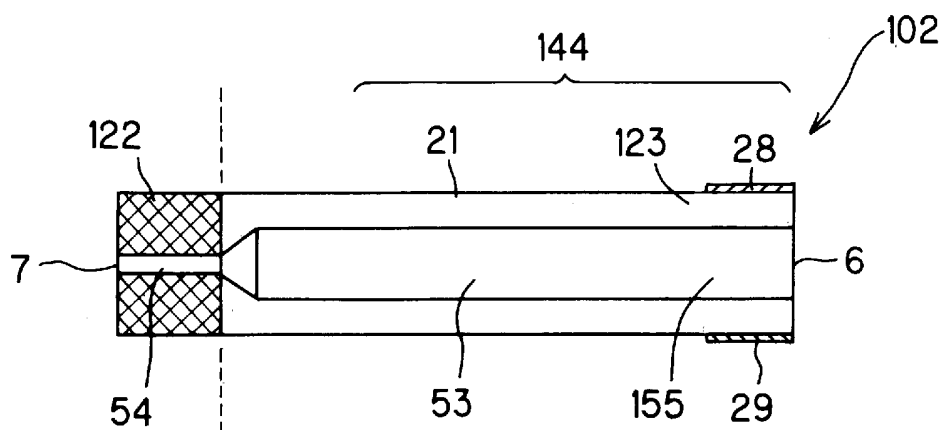
- [19] 前記導入部材にかかる導入流路の、前記液体の流れ方向に垂直な断面の形状が、長方形又は台形である請求項1～18の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [20] 前記導入部材の導入流路が、気液分離機能を有する多孔質体で構成される請求項1～19の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [21] 前記導入部材が、前記導入流路の前記導入口側に、前記導入流路と連通するとともに前記液体の流れ方向に垂直な断面が前記導入流路より大きい、導入キャビティを備える請求項1～20の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [22] 前記導入部材が、液滴吐出圧電デバイスを適用装置に取付するための銜部を備え、少なくとも前記導入部材の前記導入口側の端面が、前記キャビティ部材の前記液体の流れ方向に垂直な断面より大きい請求項1～21の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [23] 前記キャビティ部材のキャビティ、前記ノズル部材のノズル流路、及び前記導入部材の導入流路が、前記液体の流れ方向に対し幅方向にあたる断面の形状及び幅が同一であり、連続的に接続されている請求項1～12の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [24] 前記微少な液体の滴が、nl(ナノリットル)オーダーの液量である請求項1～23の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [25] 前記導入部材の前記導入口側の端面、前記導入部材の前記導入流路形成面、前記キャビティ部材のキャビティ形成面、前記ノズル部材のノズル流路形成面、及び前記ノズル部材の前記吐出口側の端面に、前記電極が露出していない請求項1～24の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。
- [26] 前記液体の流れ方向と、前記圧電駆動体を形成する複数の層状の圧電体にかかる積層の方向と、が直交している請求項1～25の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

- [27] 前記複数の層状の圧電体と複数の層状の電極とが交互に積層をされてなる圧電駆動体において、前記電極が両方の最外層に設けられ、且つ、一の最外層の電極が他の最外層の電極と極性が異なる請求項1～26の何れか一項に記載の液滴吐出圧電デバイス。

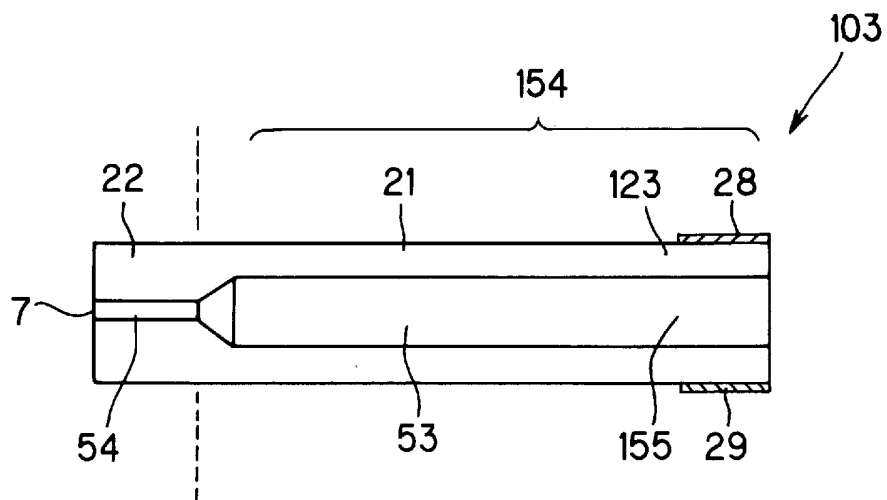
[図1]



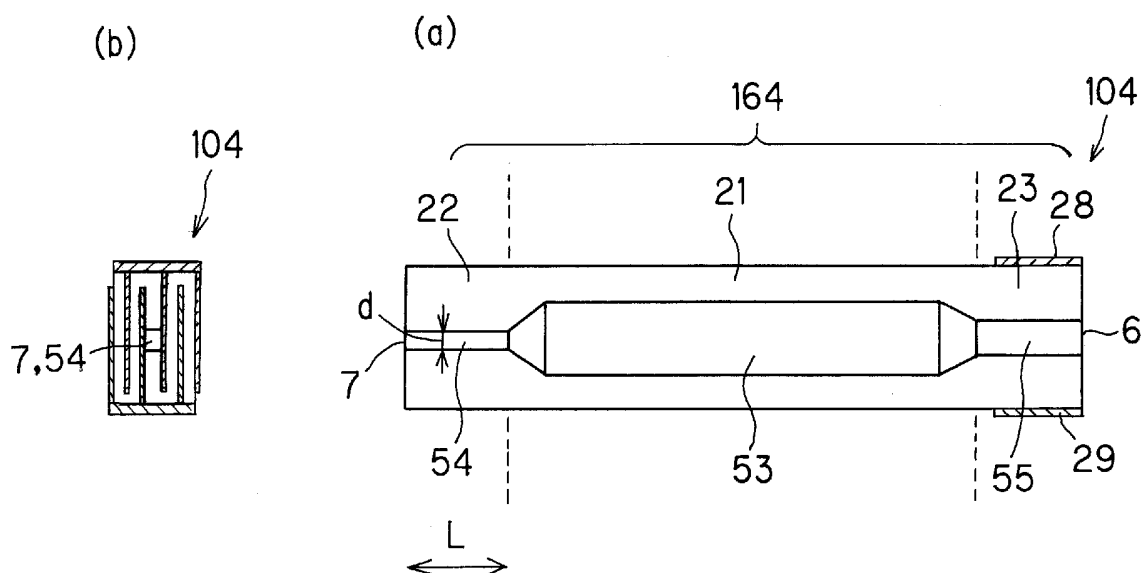
[図2]



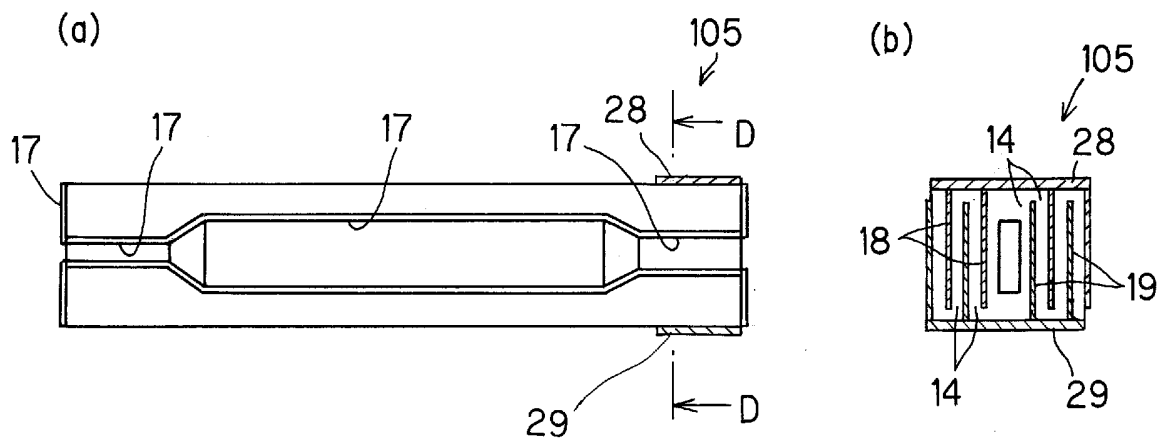
[図3]



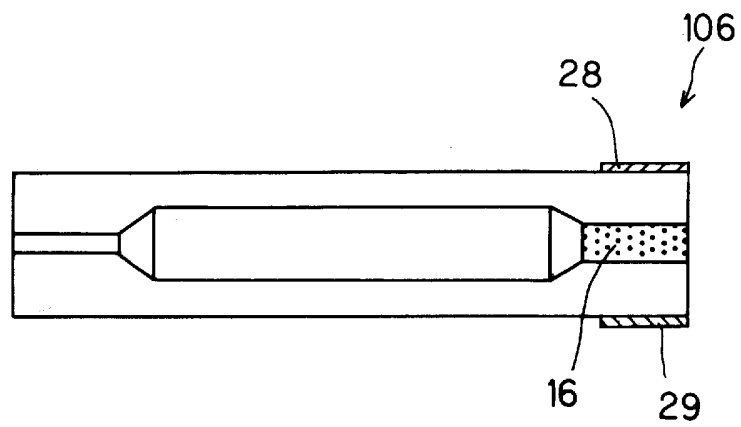
[図4]



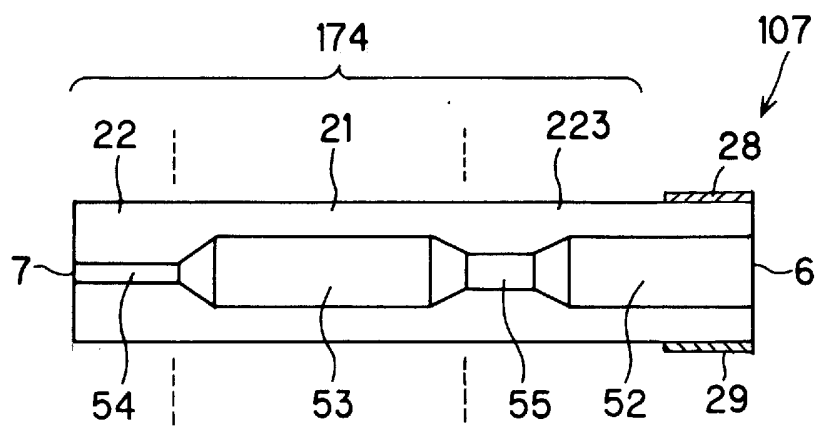
[図5]



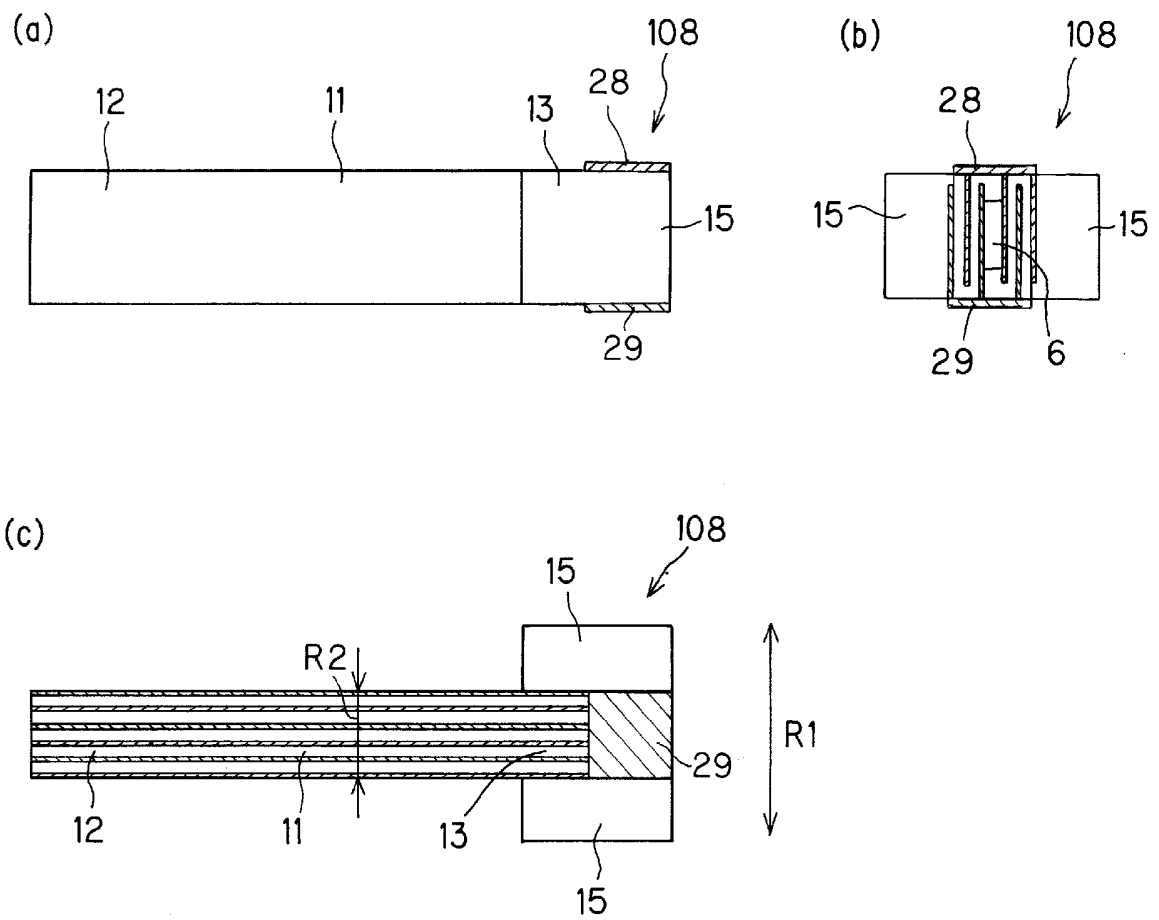
[図6]



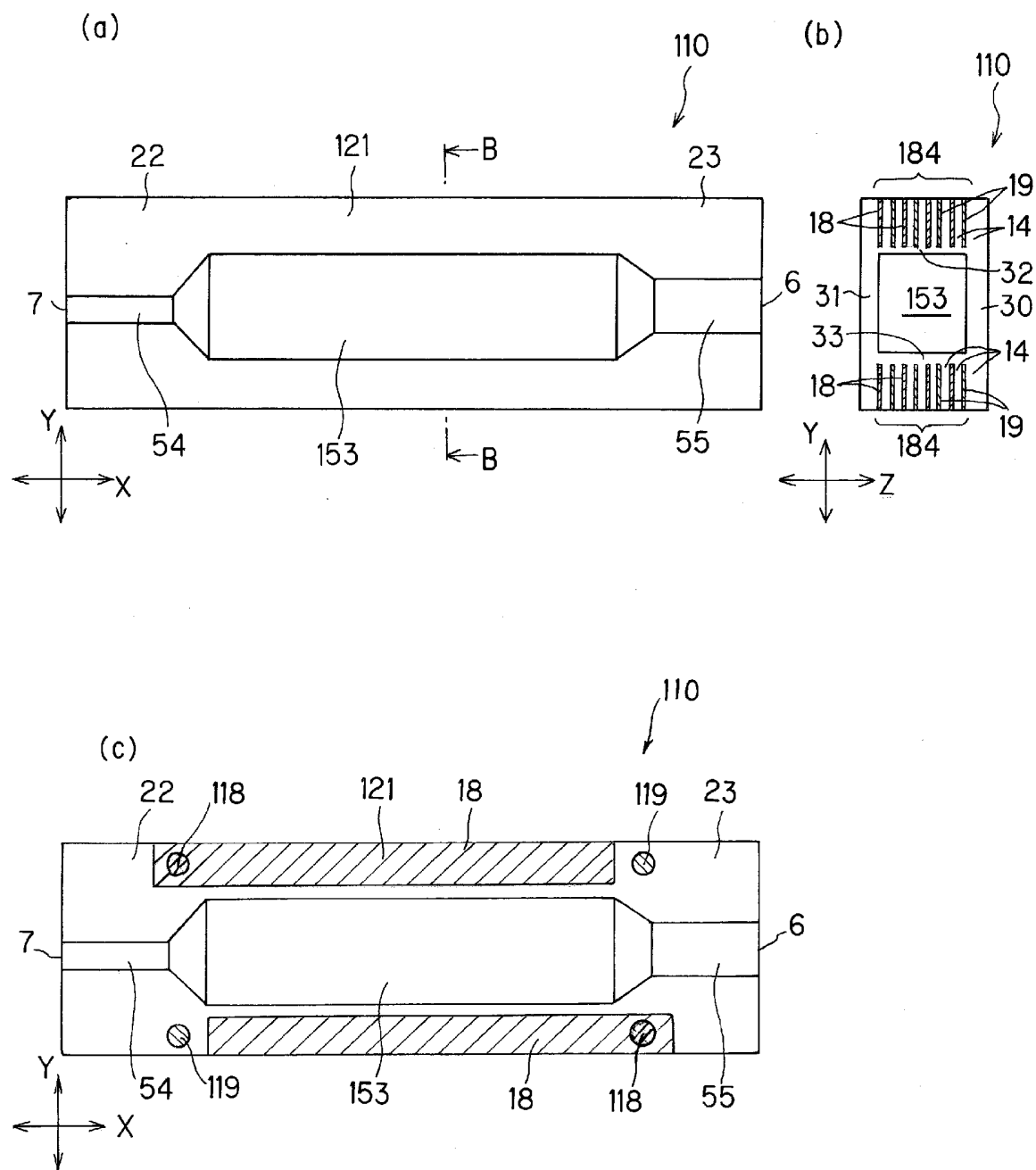
[図7]



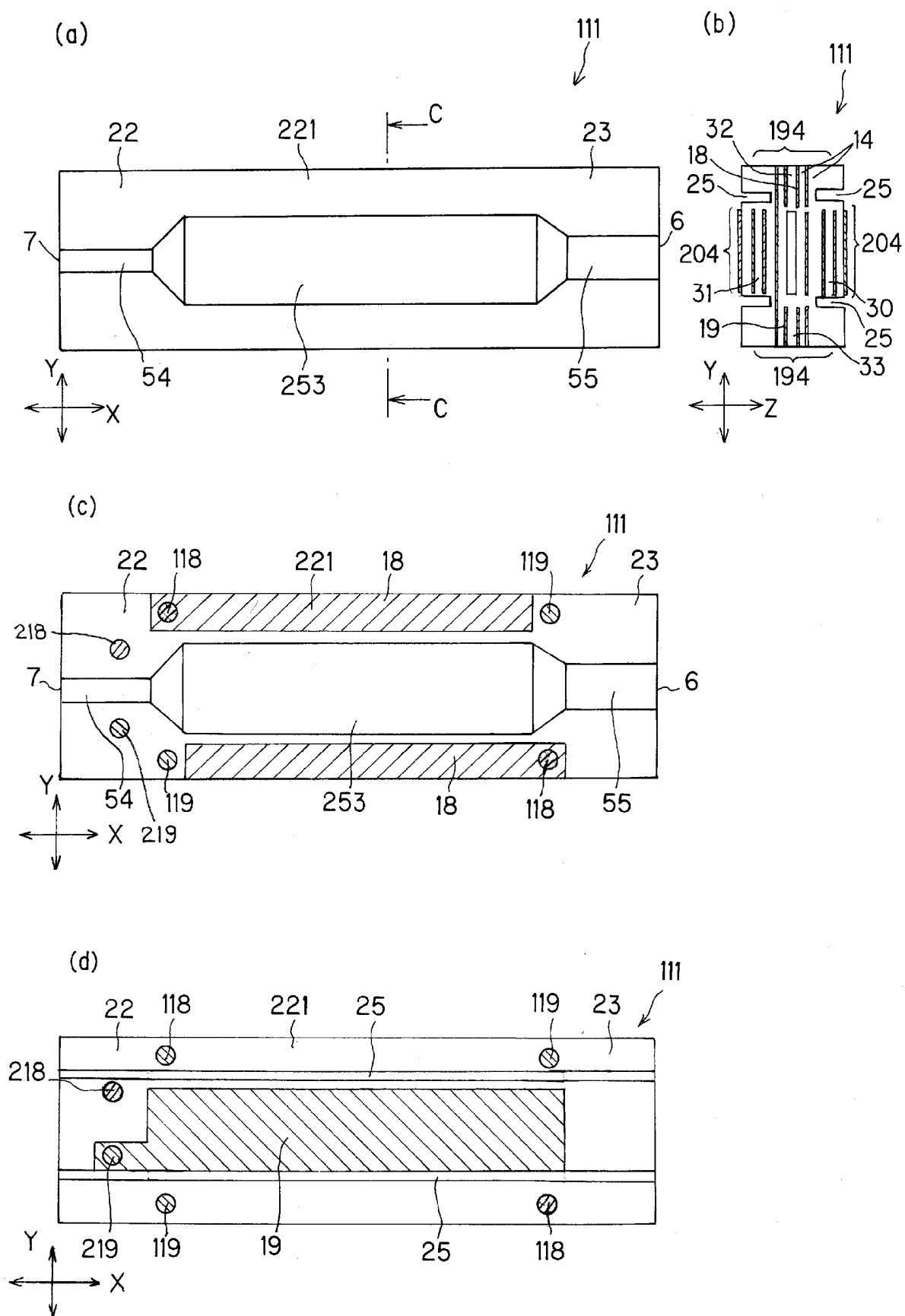
[図8]



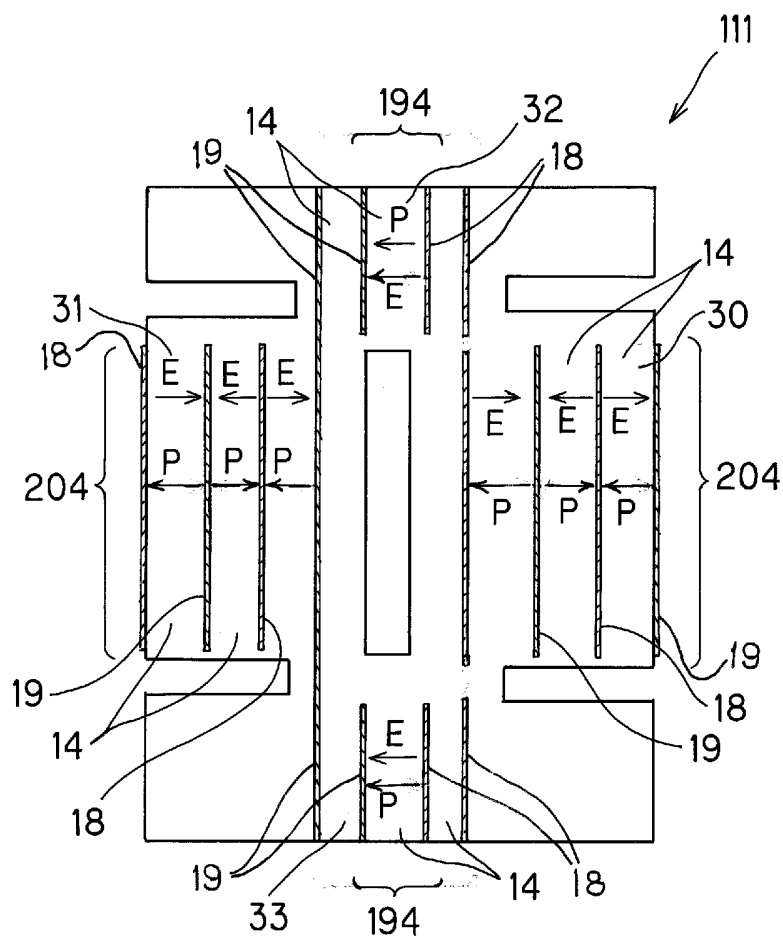
[図9]



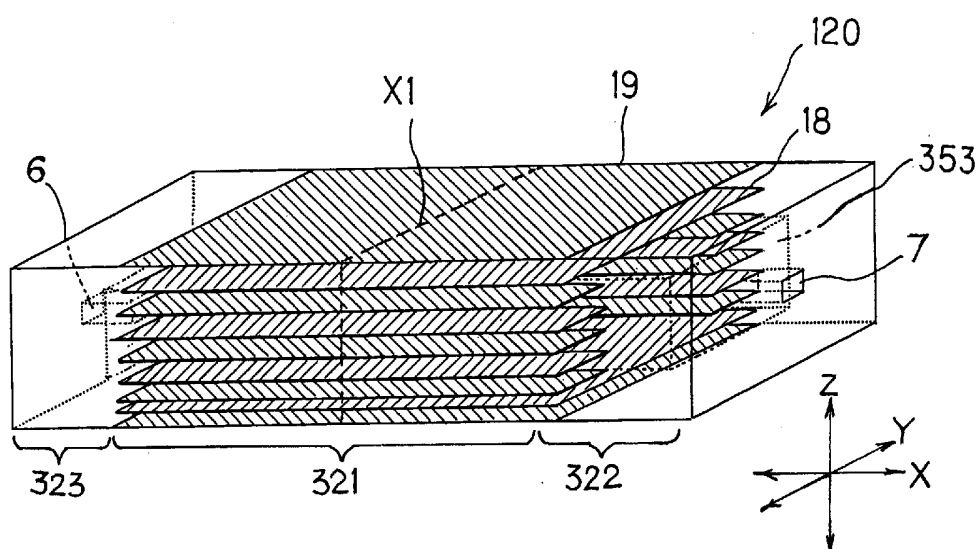
[図10]



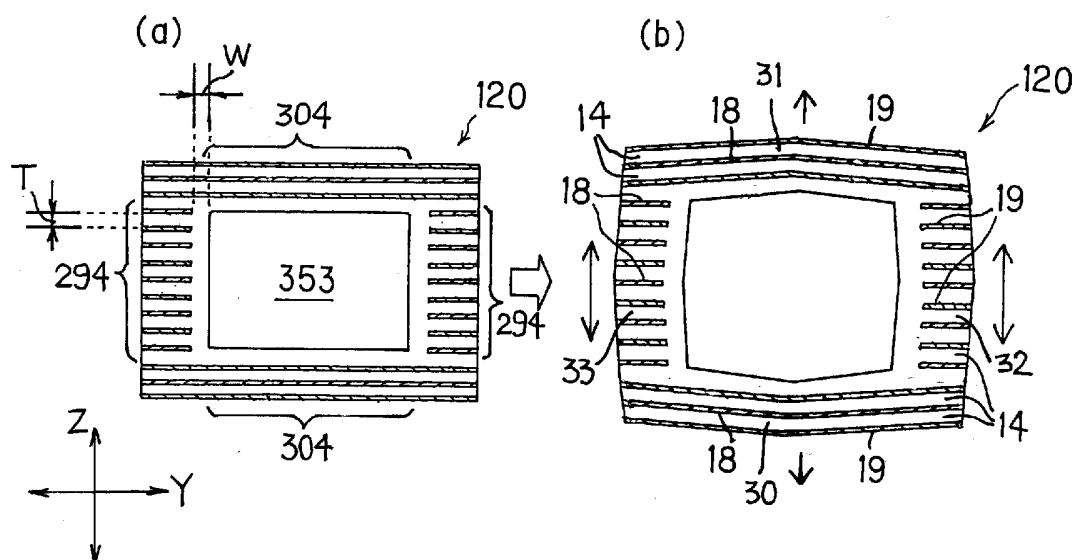
[図11]



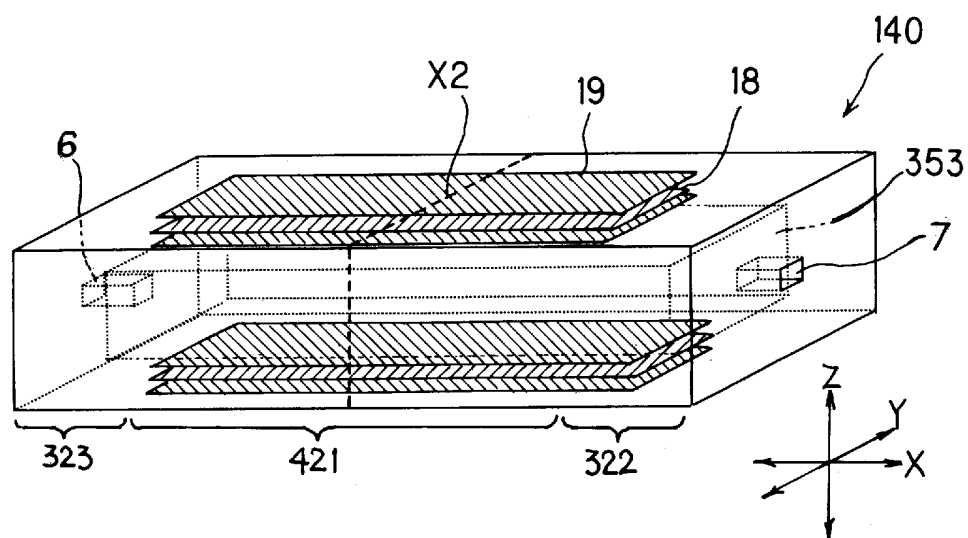
[図12]



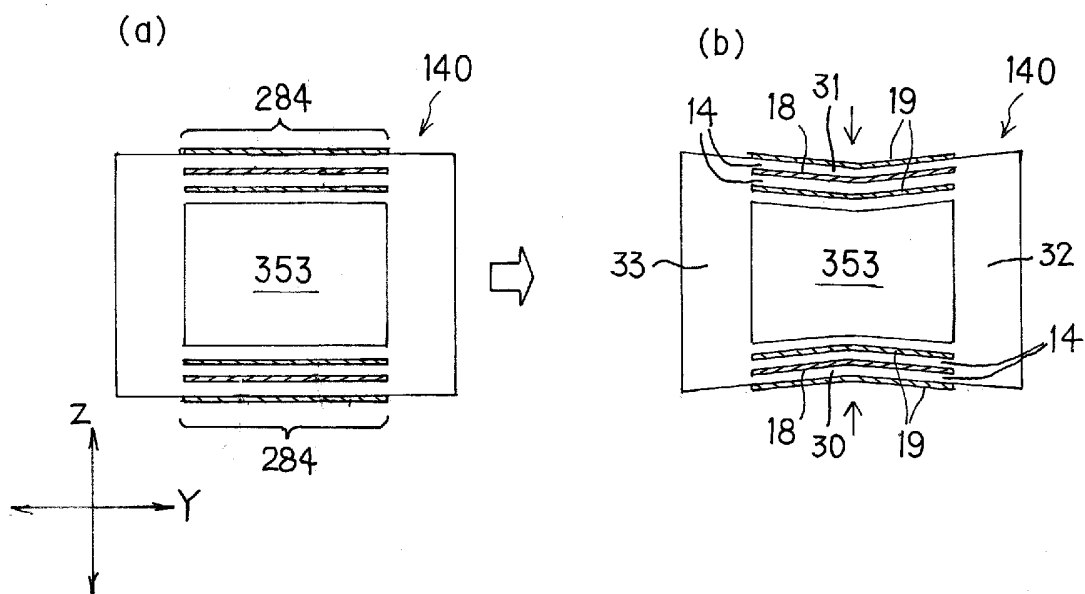
[図13]



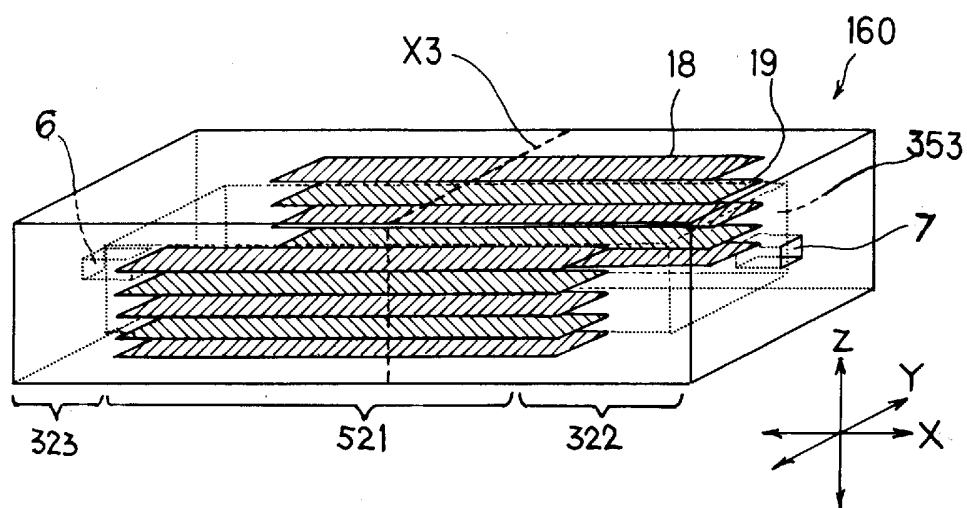
[図14]



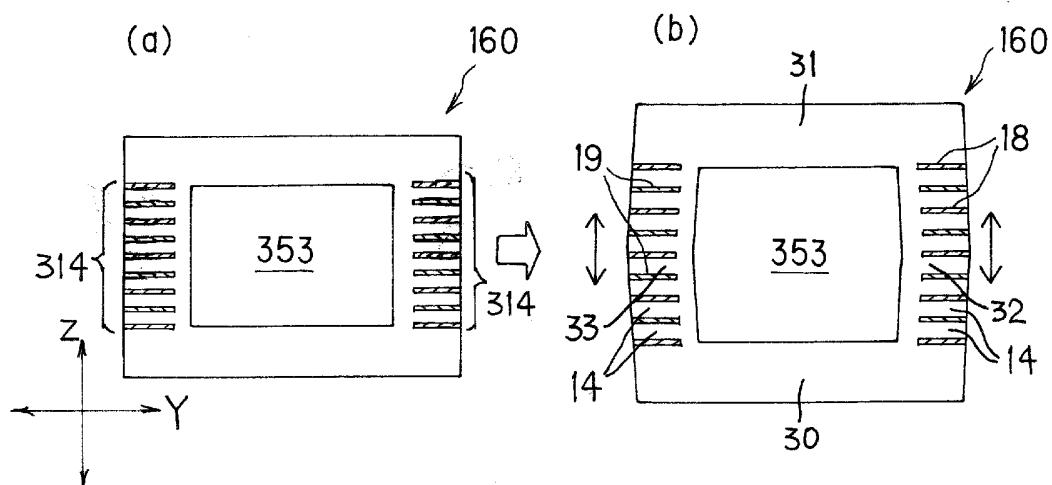
[図15]



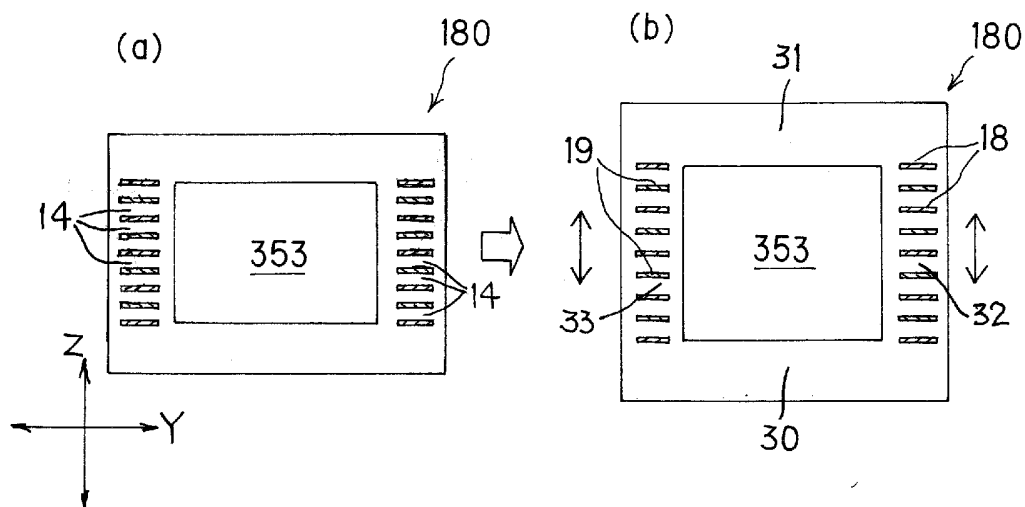
[図16]



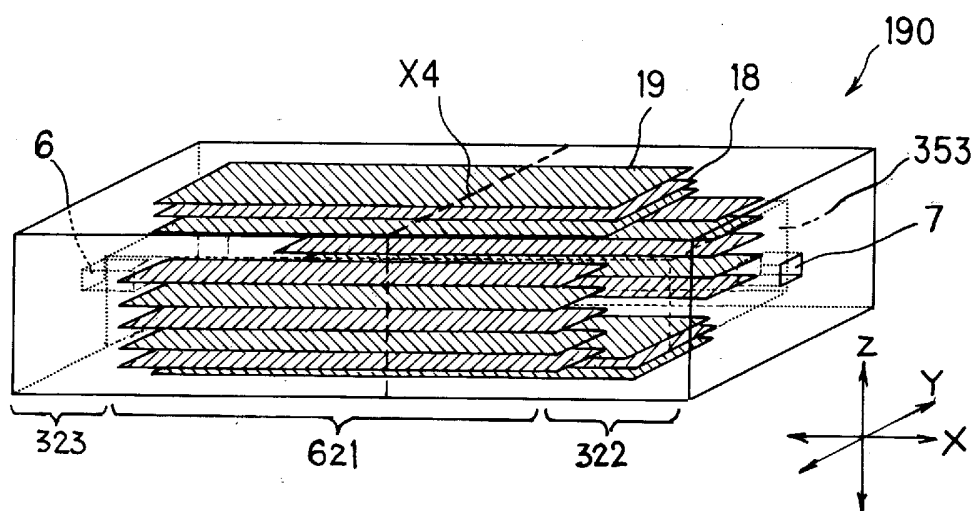
[図17]



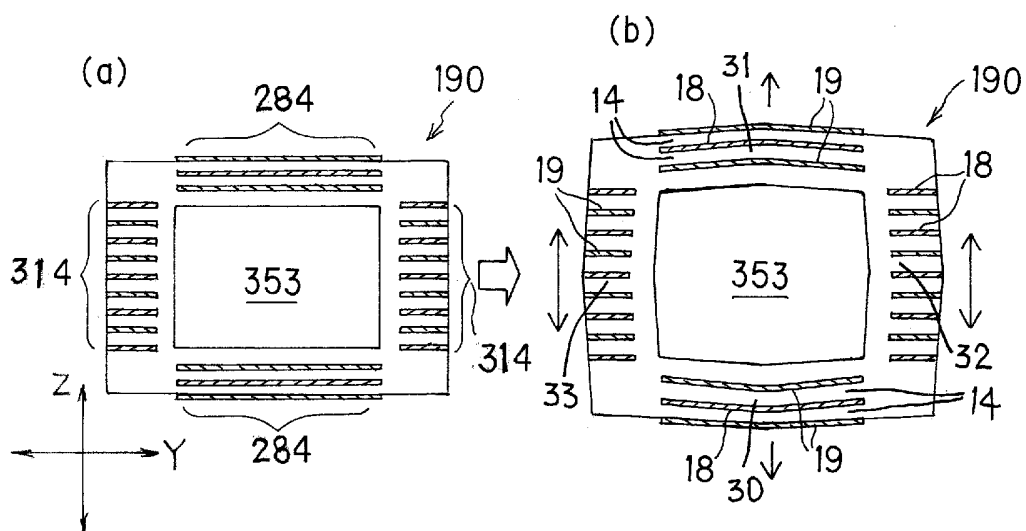
[図18]



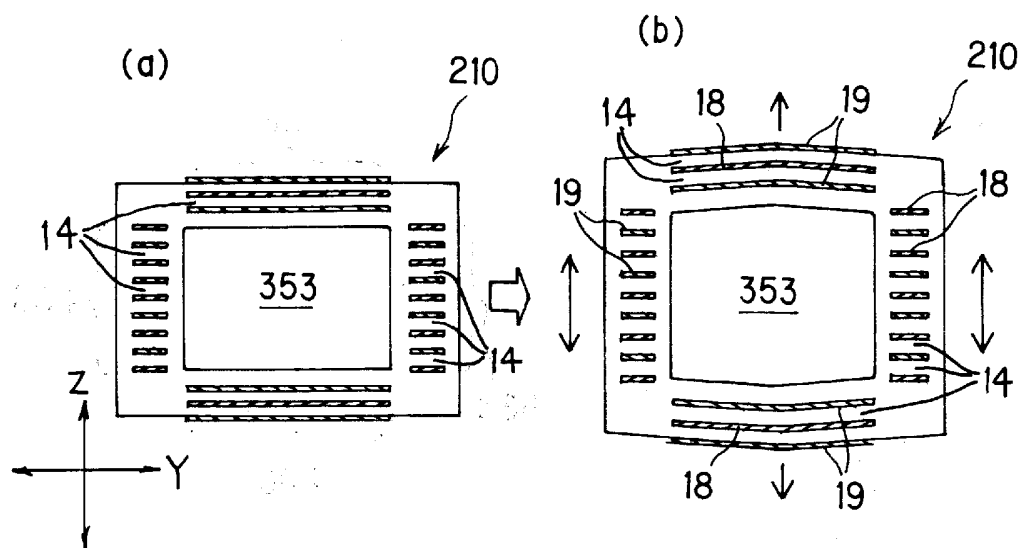
[図19]



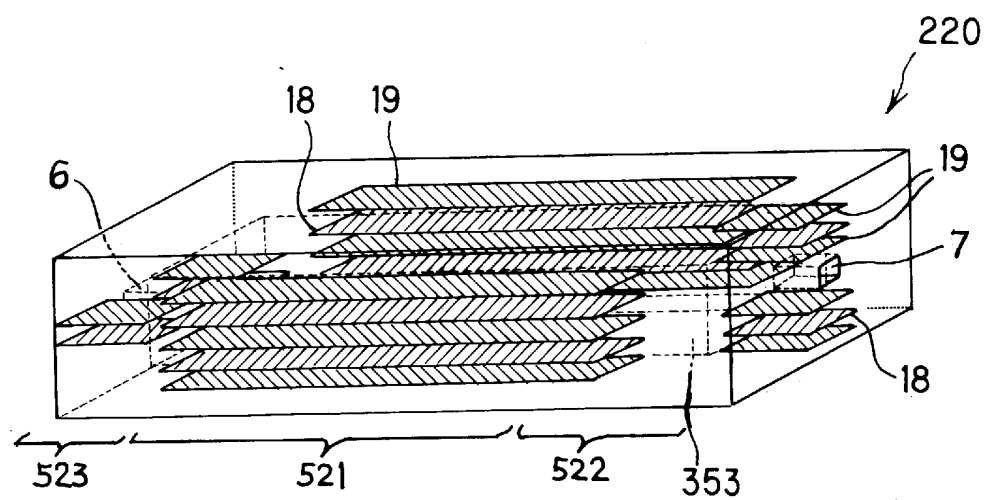
[図20]



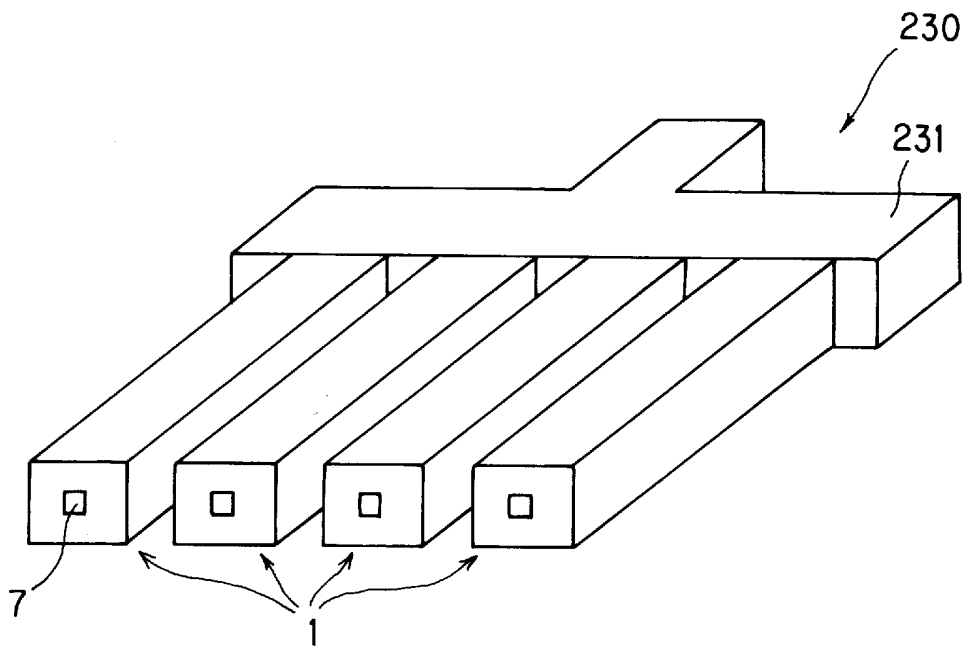
[図21]



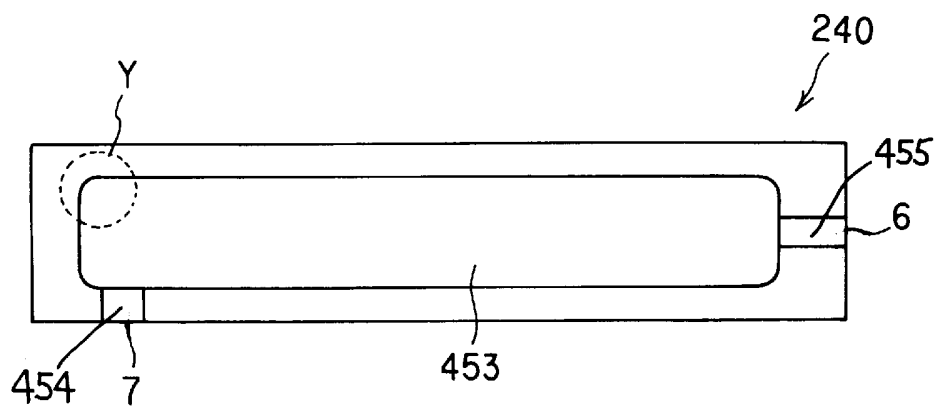
[図22]



[図23]



[図24]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/017752

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**B41J2/045**(2006.01), **B41J2/055**(2006.01), **B05C5/00**(2006.01), **B05D1/26**(2006.01), **B05D3/00**(2006.01), **B41J2/16**(2006.01), **B41J2/175**(2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**B41J2/045**(2006.01), **B41J2/055**(2006.01), **B05C5/00**(2006.01), **B05D1/26**(2006.01), **B05D3/00**(2006.01), **B41J2/16**(2006.01), **B41J2/175**(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                        | Relevant to claim No.                    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Y         | JP 9-169110 A (Kyocera Corp.),<br>30 June, 1997 (30.06.97),<br>Par. Nos. [0015] to [0029]; Figs. 1 to 3<br>(Family: none) | 1-8, 10-17,<br>19-21, 23-27<br>9, 18, 22 |
| A         |                                                                                                                           |                                          |
| Y         | JP 10-109411 A (Fujitsu Ltd.),<br>28 April, 1998 (28.04.98),<br>Par. Nos. [0039] to [0053]; Fig. 1<br>(Family: none)      | 1-8, 10-17,<br>19-21, 23-27              |
| Y         | WO 96/41721 A1 (Citizen Watch Co., Ltd.),<br>27 December, 1996 (27.12.96),<br>Page 11, lines 23 to 24<br>& US 6168255 B1  | 17                                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
09 December, 2005 (09.12.05)

Date of mailing of the international search report  
20 December, 2005 (20.12.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2005/017752

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                          | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 8-187865 A (Fuji Xerox Co., Ltd.),<br>23 July, 1996 (23.07.96),<br>Par. No. [0014]<br>(Family: none)                                                                     | 20                    |
| Y         | JP 2001-270117 A (Seiko Epson Corp.),<br>02 October, 2001 (02.10.01),<br>Par. No. [0041] Fig. 1<br>& US 2001/0015740 A1                                                     | 21                    |
| Y         | JP 7-329291 A (Star Micronics Co., Ltd.),<br>19 December, 1995 (19.12.95),<br>Column 1, lines 2 to 9; column 13, line 29 to<br>column 14, line 11; Fig. 1<br>(Family: none) | 23,25                 |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. **B41J2/045** (2006.01), **B41J2/055** (2006.01), **B05C5/00** (2006.01), **B05D1/26** (2006.01), **B05D3/00** (2006.01), **B41J2/16** (2006.01), **B41J2/175** (2006.01)

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. **B41J2/045** (2006.01), **B41J2/055** (2006.01), **B05C5/00** (2006.01), **B05D1/26** (2006.01), **B05D3/00** (2006.01), **B41J2/16** (2006.01), **B41J2/175** (2006.01)

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2005年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2005年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2005年 |

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                     | 関連する<br>請求の範囲の番号                  |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Y               | J P 9-169110 A (京セラ株式会社) 30.06.1997, 段落【0015】-【0029】, 図1-図3 (ファミリーなし) | 1-8、10<br>-17、19<br>-21、23<br>-27 |
| A               |                                                                       | 9、18、22                           |
| Y               | J P 10-109411 A (富士通株式会社) 28.04.1998, 段落【0039】-【0053】、図1 (ファミリーなし)    | 1-8、10<br>-17、19<br>-21、23        |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

09.12.2005

## 国際調査報告の発送日

20.12.2005

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

## 特許庁審査官 (権限のある職員)

2P

3484

桐畑 幸▲廣▼

電話番号 03-3581-1101 内線 3261

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                           |                  |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                         | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| Y                     | WO 96/41721 A1 (シチズン時計株式会社) 27. 1<br>2. 1996, 第11頁第23行~第24行<br>& US 6168255 B1            | - 27<br>17       |
| Y                     | JP 8-187865 A (富士ゼロックス株式会社) 23. 0<br>7. 1996, 段落【0014】(ファミリーなし)                           | 20               |
| Y                     | JP 2001-270117 A (セイコーエプソン株式会社)<br>02. 10. 2001, 段落【0041】, 図1<br>& US 2001/0015740 A1     | 21               |
| Y                     | JP 7-329291 A (スター精密株式会社) 19. 12.<br>1995, 第1欄第2行~第9行、第13欄第29行~第14欄第<br>11行, 図1 (ファミリーなし) | 23、25            |