

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4344942号
(P4344942)

(45) 発行日 平成21年10月14日(2009.10.14)

(24) 登録日 平成21年7月24日(2009.7.24)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 41/09 (2006.01)	HO 1 L 41/08	J
HO 1 L 41/18 (2006.01)	HO 1 L 41/08	L
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/18	1 O 1 A
HO 1 L 41/22 (2006.01)	HO 1 L 41/18	1 O 1 B
B 4 1 J 2/045 (2006.01)	HO 1 L 41/18	1 O 1 D
請求項の数 17 (全 24 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2004-380989 (P2004-380989)
 (22) 出願日 平成16年12月28日(2004.12.28)
 (65) 公開番号 特開2006-186259 (P2006-186259A)
 (43) 公開日 平成18年7月13日(2006.7.13)
 審査請求日 平成17年11月21日(2005.11.21)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100090387
 弁理士 布施 行夫
 (74) 代理人 100090398
 弁理士 大淵 美千栄
 (72) 発明者 岩下 節也
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 (72) 発明者 木島 健
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッドおよび圧電アクチュエーター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1導電層と、前記第1導電層の上方に形成されたペロブスカイト構造を有する圧電体層と、前記圧電体層の上方に形成された第2導電層と、を有する圧電アクチュエーターを備えたインクジェット式記録ヘッドであって、

前記第1導電層は、(001)に優先配向したLa₃Ni₂O₇を含むバッファ層と、前記バッファ層の上方に形成され酸素が欠損しているニッケル酸ランタンからなる導電性酸化層と、を有するインクジェット式記録ヘッド。

【請求項2】

第1導電層と、前記第1導電層の上方に形成されたペロブスカイト構造を有する圧電体層と、前記圧電体層の上方に形成された第2導電層と、を有する圧電アクチュエーターを備えたインクジェット式記録ヘッドであって、

前記第1導電層は、(001)に優先配向したLa₄Ni₃O₁₀を含むバッファ層と、前記バッファ層の上方に形成され酸素が欠損しているニッケル酸ランタンからなる導電性酸化層と、を有するインクジェット式記録ヘッド。

【請求項3】

第1導電層と、前記第1導電層の上方に形成されたペロブスカイト構造を有する圧電体層と、前記圧電体層の上方に形成された第2導電層と、を有する圧電アクチュエーターを備えたインクジェット式記録ヘッドであって、

前記第1導電層は、(001)に優先配向したLa₂CuO₄を含むバッファ層と、前

10

20

記バッファ層の上方に形成され酸素が欠損しているニッケル酸ランタンからなる導電性酸化層と、を有するインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかにおいて、

前記バッファ層は、A サイトが P b により置換しているインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記バッファ層が P b により置換される量は、10 at % 以下であるインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかにおいて、

前記導電性酸化層は、(001) に優先配向しているインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれかにおいて、

前記導電性酸化層は、化学式 $LaNiO_{3-x}$ で示され、 $0 < x < 1$ であるインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれかにおいて、

前記導電性酸化層は、A サイトが P b により置換しているインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 9】

請求項 8 において、

前記導電性酸化層が P b により置換される量は、10 at % 以下であるインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれかにおいて、

前記第 1 導電層は、ニッケル酸ランタンより比抵抗が低い導電材からなる低抵抗層をさらに有し、前記バッファ層は前記低抵抗層の上方に形成されているインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 11】

請求項 10 において、

前記低抵抗層は、(111) に優先配向しているインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれかにおいて、

前記第 2 導電層は、ペロブスカイト構造を有する導電性酸化物からなる第 2 導電性酸化層と、前記第 2 導電性酸化層より比抵抗が低い導電材からなる第 2 低抵抗層と、を有するインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 13】

請求項 12 において、

前記第 2 低抵抗層は、前記第 2 導電性酸化層上に形成されているインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 のいずれかに記載のインクジェット式記録ヘッドを備えたインクジェットプリンター。

【請求項 15】

第 1 導電層と、前記第 1 導電層の上方に形成されたペロブスカイト構造を有する圧電体層と、前記圧電体層の上方に形成された第 2 導電層と、を有する圧電アクチュエーターであって、

前記第 1 導電層は、(001) に優先配向した $La_3Ni_2O_7$ を含むバッファ層と、前記バッファ層の上方に形成され酸素が欠損しているニッケル酸ランタンからなる導電性

10

20

30

40

50

酸化層と、を有する圧電アクチュエーター。

【請求項 16】

第 1 導電層と、前記第 1 導電層の上方に形成されたペロブスカイト構造を有する圧電体層と、前記圧電体層の上方に形成された第 2 導電層と、を有する圧電アクチュエーターであって、

前記第 1 導電層は、(001)に優先配向した $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ を含むバッファ層と、前記バッファ層の上方に形成され酸素が欠損しているニッケル酸ランタンからなる導電性酸化層と、を有する圧電アクチュエーター。

【請求項 17】

第 1 導電層と、前記第 1 導電層の上方に形成されたペロブスカイト構造を有する圧電体層と、前記圧電体層の上方に形成された第 2 導電層と、を有する圧電アクチュエーターであって、

前記第 1 導電層は、(001)に優先配向した La_2CuO_4 を含むバッファ層と、前記バッファ層の上方に形成され酸素が欠損しているニッケル酸ランタンからなる導電性酸化層と、を有する圧電アクチュエーター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電素子、圧電アクチュエーター、圧電ポンプ、インクジェット式記録ヘッド、インクジェットプリンター、表面弾性波素子、薄膜圧電共振子、周波数フィルタ、発振器、電子回路、および電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

高画質、高速印刷を可能にするプリンターとして、インクジェットプリンターが知られている。インクジェットプリンターは、内容積が変化するキャピティを備えたインクジェット式記録ヘッドを備え、このヘッドを走査させつつそのノズルからインク滴を吐出することにより、印刷を行うものである。このようなインクジェットプリンター用のインクジェット式記録ヘッドにおけるヘッドアクチュエーターとしては、従来、PZT ($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$) に代表される圧電体層を用いた圧電素子が用いられている（例えば、特開 2001-223404 号公報参照）。

【0003】

また、圧電体層を有するその他のデバイスにおいても、その特性向上が望まれていることから、良好な圧電特性を有する圧電体層の提供が望まれている。

【特許文献 1】特開 2001-223404 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の目的は、良好な圧電特性を得ることができる圧電素子を提供することにある。また、本発明の他の目的は、上記圧電素子を用いた圧電アクチュエーター、圧電ポンプ、インクジェット式記録ヘッド、インクジェットプリンター、表面弾性波素子、薄膜圧電共振子、周波数フィルタ、発振器、電子回路、および電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に係る圧電素子は、
基板と、
前記基板の上方に形成された第 1 導電層と、
前記第 1 導電層の上方に形成された、ペロブスカイト構造を有する圧電体からなる圧電体層と、
前記圧電体層に電氣的に接続された第 2 導電層と、を含み、
前記第 1 導電層は、(001)に優先配向しているニッケル酸ランタンからなる導電性

10

20

30

40

50

酸化層を含み、

前記ニッケル酸ランタンは、酸素が欠損している。

【0006】

この圧電素子によれば、良好な圧電特性を得ることができる。この理由は、以下の通りである。

【0007】

この圧電素子では、導電性酸化層を構成するニッケル酸ランタンは、酸素が欠損している。そして、導電性酸化層の上方に形成する圧電体層の材質の種類に応じて、ニッケル酸ランタンの酸素の欠損量を適宜決定することにより、圧電体層を構成する圧電体の格子定数に、導電性酸化層を構成するニッケル酸ランタンの格子定数を近づけることができる。即ち、圧電体層と導電性酸化層との格子不整合を低減することができる。その結果、圧電体層に加わる応力を低減することができる。これにより、この圧電素子は、圧電定数が高く、印加された電圧に対して大きな変形をなす圧電体層を有することができる。即ち、この圧電素子によれば、良好な圧電特性を得ることができる。

10

【0008】

なお、本発明において、「ペロブスカイト構造を有する圧電体」とは、ペロブスカイト構造を有する圧電体と、層状ペロブスカイト構造を有する圧電体と、を含む。

【0009】

また、本発明において、「優先配向」とは、100%の結晶が所望の配向（例えば(001)配向）になっている場合と、所望の配向にほとんどの結晶（例えば90%以上）が配向し、残りの結晶が他の配向（例えば(111)配向）となっている場合と、を含む。

20

【0010】

また、本発明において、特定のもの（以下、「A」という）の上方に形成された他の特定のもの（以下、「B」という）とは、A上に直接形成されたBと、A上に、A上の他のものを介して形成されたBと、を含む。また、本発明において、Aの上方にBを形成するとは、A上に直接Bを形成する場合と、A上に、A上の他のものを介してBを形成する場合と、を含む。

【0011】

本発明に係る圧電素子において、

前記第1導電層は、(001)に優先配向しているランタン系層状ペロブスカイト化合物からなるバッファ層を1層以上含み、

30

前記ランタン系層状ペロブスカイト化合物は、 La_2NiO_4 、 $La_3Ni_2O_7$ 、 $La_4Ni_3O_{10}$ 、および La_2CuO_4 、並びに、これらのうちの少なくとも2種からなる固溶体のうちの少なくとも1種を含むことができる。

【0012】

本発明に係る圧電素子において、

前記第1導電層は、前記ニッケル酸ランタンに比べ比抵抗が低い導電材からなる低抵抗層を1層以上含むことができる。

【0013】

本発明に係る圧電素子において、

前記導電材は、金属、該金属の酸化物、および該金属からなる合金のうちの少なくとも1種を含み、

40

前記金属は、Pt、Ir、Ru、Ag、Au、Cu、Al、およびNiのうちの少なくとも1種であることができる。

【0014】

本発明に係る圧電素子において、

前記第1導電層は、

前記低抵抗層と、

前記低抵抗層の上方に形成された前記バッファ層と、

前記バッファ層の上方に形成された前記導電性酸化層と、を含むことができる。

50

【 0 0 1 5 】

本発明に係る圧電素子において、
前記導電性酸化層と前記圧電体層とは、接していることができる。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る圧電素子において、
前記圧電体は、 ABO_3 の一般式で示され、
Aは、Pbを含み、
Bは、ZrおよびTiのうちの少なくとも一方を含むことができる。

【 0 0 1 7 】

本発明に係る圧電素子において、
前記Bは、さらに、Nbを含むことができる。

10

【 0 0 1 8 】

本発明に係る圧電素子において、
前記圧電体は、菱面体晶、または、正方晶と菱面体晶との混晶であり、かつ(001)
に優先配向していることができる。

【 0 0 1 9 】

本発明に係る圧電アクチュエーターは、上述の圧電素子を有する。

【 0 0 2 0 】

本発明に係る圧電ポンプは、上述の圧電素子を有する。

【 0 0 2 1 】

本発明に係るインクジェット式記録ヘッドは、上述の圧電素子を有する。

20

【 0 0 2 2 】

本発明に係るインクジェットプリンターは、上述のインクジェット式記録ヘッドを有する。

【 0 0 2 3 】

本発明に係る表面弾性波素子は、上述の圧電素子を有する。

【 0 0 2 4 】

本発明に係る薄膜圧電共振子は、上述の圧電素子を有する。

【 0 0 2 5 】

本発明に係る周波数フィルタは、上述の表面弾性波素子および上述の薄膜圧電共振子の
うちの少なくとも一方を有する。

30

【 0 0 2 6 】

本発明に係る発振器は、上述の表面弾性波素子および上述の薄膜圧電共振子のうちの少
なくとも一方を有する。

【 0 0 2 7 】

本発明に係る電子回路は、上述の周波数フィルタおよび上述の発振器のうちの少なくと
も一方を有する。

【 0 0 2 8 】

本発明に係る電子機器は、上述の圧電ポンプおよび上述の電子回路のうちの少なくと
も一方を有する。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 9 】

以下、本発明に好適な実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 3 0 】

1. 第1の実施形態

1-1. まず、第1の実施形態に係る圧電素子10について説明する。

【 0 0 3 1 】

図1は、圧電素子10を示す断面図である。圧電素子10は、基板1と、基板1の上に
形成されたストッパ層2と、ストッパ層2の上に形成された硬質層3と、硬質層3の上
に形成された第1導電層4と、第1導電層4の上に形成された圧電体層5と、圧電体層5の

50

上に形成された第2導電層6と、を含む。

【0032】

基板1としては、例えば(110)配向のシリコン基板などを用いることができる。ストッパ層2としては、例えば酸化シリコン層などを用いることができる。ストッパ層2は、例えば、インクジェット式記録ヘッド50(図9参照)のインクキャピティ521を形成するために基板1を裏面側からエッチングする工程において、エッチングストッパとして機能することができる。また、ストッパ層2および硬質層3は、インクジェット式記録ヘッド50において弾性層55として機能する。硬質層3は、例えばイットリア安定化ジルコニア、酸化セリウム、酸化ジルコニウムなどを用いることができる。

【0033】

第1導電層4は、低抵抗層40と、低抵抗層40の上に形成されたバッファ層41と、バッファ層41の上に形成された導電性酸化層42と、を含む。第1導電層4は、圧電体層5に電圧を印加するための一方の電極である。第1導電層4は、例えば、圧電体層5と同じ平面形状に形成されることができる。

【0034】

低抵抗層40は、ニッケル酸ランタンに比べ比抵抗が低い導電材からなる。この導電材は、例えば、金属、該金属の酸化物、および該金属からなる合金のうちの少なくとも1種を含むことができる。ここで、金属としては、例えば、Pt、Ir、Ru、Ag、Au、Cu、Al、およびNiのうちの少なくとも1種を用いることができる。金属の酸化物としては、例えば、 IrO_2 、 RuO_2 などを挙げるることができる。金属からなる合金としては、例えば、Pt-Ir、Ir-Al、Ir-Ti、Pt-Ir-Al、Pt-Ir-Ti、Pt-Ir-Al-Tiなどを挙げるることができる。本実施形態において、この導電材の結晶配向は特に限定されず、例えば、(111)配向していることができる。低抵抗層40の膜厚は、例えば50nm~150nm程度とすることができる。

【0035】

バッファ層41は、(001)に優先配向しているランタン系層状ペロブスカイト化合物(以下、「La層状化合物」という。)からなることができる。La層状化合物は、例えば、 La_2NiO_4 、 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ 、 $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ 、および La_2CuO_4 、並びに、これらのうちの少なくとも2種からなる固溶体のうちの少なくとも1種を含むことができる。La層状化合物のAサイトは、Pbによって置換されることが好ましい。これにより結晶化温度を下げるることができる。このことは、ゾルゲル法によりバッファ層41を形成する場合に、特に有効である。Pbによって置換される量は、バッファ層41の導電性を考慮すると、例えば、10at%以下とすることができる。バッファ層41の膜厚は、例えば10nm~50nm程度とすることができる。

【0036】

導電性酸化層42は、圧電体層5と接している。導電性酸化層42は、ニッケル酸ランタンからなる。導電性酸化層42を構成するニッケル酸ランタンは、酸素が欠損している。即ち、この場合のニッケル酸ランタンは、化学式 LaNiO_{3-x} で示される。xは、酸素の欠損量を示している。ニッケル酸ランタンは、酸素が欠損する量が多くなる(即ち、xが大きくなる)につれて、格子定数が大きくなる。例えば、 LaNiO_3 の格子定数は、約0.384nmであるが、 $\text{LaNiO}_{2.5}$ ($x=0.5$)の格子定数は、約0.390nmであり、 LaNiO_2 ($x=1$)の格子定数は、約0.396nmである。即ち、導電性酸化層42の上に形成する圧電体層5の材質の種類に応じて、ニッケル酸ランタンの酸素の欠損量を適宜決定することにより、圧電体層5を構成する圧電体の格子定数に、導電性酸化層42を構成するニッケル酸ランタンの格子定数を近づけることができる。即ち、圧電体層5と導電性酸化層42との格子不整合を低減することができる。その結果、圧電体層5に加わる応力を低減することができる。例えば、圧電体層5が、ジルコニウム酸チタン酸鉛($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$)からなる場合には、酸素の欠損量xは、導電性酸化層42の導電性を考慮すると、

$$0 < x < 1$$

10

20

30

40

50

の範囲とするのが好ましい。なお、ジルコニウム酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$) の格子定数は、約 0.4 nm である。

【0037】

また、導電性酸化層42を構成する LaNiO_{3-x} は、(001)に優先配向している。なお、 LaNiO_{3-x} の面内方向の結晶配向は、ランダムである。 LaNiO_{3-x} は、(001)に自己配向しやすい。ここで、 LaNiO_{3-x} のAサイトは、Pbによって置換されることが好ましい。これにより結晶化温度を下げるができる。このことは、ゾルゲル法により導電性酸化層42を形成する場合に、特に有効である。また、AサイトがPbによって置換されることにより、導電性酸化物の格子定数を、圧電体層5を構成する圧電体の格子定数により近づけることができる。即ち、導電性酸化層42と圧電体層5との格子不整合をより低減することができる。AサイトがPbによって置換される量は、導電性酸化層42の導電性を考慮すると、例えば、10at%以下とすることができる。導電性酸化層42の膜厚は、例えば $0 \text{ nm} \sim 140 \text{ nm}$ 程度とすることができる。

10

【0038】

圧電体層5は、ペロブスカイト構造を有する圧電体からなる。圧電体層5は、導電性酸化層42と接している。圧電体層5を構成する圧電体は、菱面体晶、または、正方晶と菱面体晶との混晶であり、かつ(001)に優先配向していることが望ましい。このような圧電体からなる圧電体層5は、高い圧電定数を有する。

【0039】

この圧電体は、例えば ABO_3 の一般式で示されることができる。ここで、Aは、Pbを含み、Bは、ZrおよびTiのうちの少なくとも一方を含むことができる。さらに、Bは、V、Nb、およびTaのうちの少なくとも一種を含むこともできる。この場合、この圧電体は、SiおよびGeのうちの少なくとも一方を含むことができる。より具体的には、圧電体は、例えば、ジルコニウム酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$)、ニオブ酸ジルコニウム酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_3$)、チタン酸鉛ランタン ($(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$)、ジルコニウム酸チタン酸鉛ランタン ($(\text{Pb}, \text{La})\text{ZrTiO}_3$)、マグネシウムニオブ酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Mg}, \text{Nb})\text{TiO}_3$)、マグネシウムニオブ酸ジルコニウム酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Mg}, \text{Nb})(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$)、亜鉛ニオブ酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Zn}, \text{Nb})\text{TiO}_3$)、スカンジウムニオブ酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Sc}, \text{Nb})\text{TiO}_3$)、および、ニッケルニオブ酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Ni}, \text{Nb})\text{TiO}_3$) のうちの少なくとも一種を含むことができる。ニオブ酸ジルコニウム酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_3$) は、例えば、ジルコニウム酸チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Zr}_x \text{Ti}_y)\text{O}_3$ ($x+y=1$)) のBサイトのZrの一部をNbで置換したものであり、 $\text{Pb}(\text{Zr}_{x-z} \text{Nb}_z \text{Ti}_y)\text{O}_3$ で示されることができる。ここで、Bサイトの組成比は、

20

$$0.4 \quad x \quad 0.6$$

$$0.6 \quad y \quad 0.4$$

$$0 < z \quad 0.3$$

であることが好ましい。x、y、zが上述の範囲内であれば、x、y、zは、圧電体層5の結晶構造の相境界(MPB: Morphotropic Phase Boundary)における値、または、MPB付近における値となる。相境界とは、菱面体晶と正方晶とが相転移する境界である。圧電定数(d_{31})は、相境界付近で極大値をとる。従って、x、y、zが上述の範囲内であれば、容易に圧電体層5を菱面体晶、または、正方晶と菱面体晶との混晶にコントロールすることができ、高い圧電特性を発現できる。

30

40

【0040】

また、圧電体は、例えば、 $(\text{Ba}_{1-x} \text{Sr}_x)\text{TiO}_3$ ($0 < x < 0.3$)、 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ 、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、および、 KNbO_3 のうちの少なくとも1種を含むことができる。また、圧電体層5の膜厚は、例えば $400 \text{ nm} \sim 5000 \text{ nm}$ 程度とすることができる。

【0041】

50

第2導電層6は、他の導電性酸化層（以下、「第2導電性酸化層」と言う。）46と、第2導電性酸化層46の上に形成された他の低抵抗層（以下、「第2低抵抗層」と言う。）47と、を含む。第2導電層6は、圧電体層5に電圧を印加するための他方の電極である。第2導電層6が、第2導電性酸化層46と、第2低抵抗層47と、を含むことにより、第2導電層6と第1導電層4とを、圧電体層5に関してほぼ対称にすることができる。即ち、圧電素子10の対称性を良くすることができる。なお、第2導電層6は、第2導電性酸化層46または第2低抵抗層47のいずれか一方からなることもできる。第2導電層6は、例えば、圧電体層5と同じ平面形状に形成されることができる。

【0042】

第2導電性酸化層46は、例えば、ペロブスカイト構造を有する導電性酸化物からなることができる。この導電性酸化物は、例えば、 CaRuO_3 、 SrRuO_3 、 BaRuO_3 、 SrVO_3 、 $(\text{La}, \text{Sr})\text{MnO}_3$ 、 $(\text{La}, \text{Sr})\text{CrO}_3$ 、 $(\text{La}, \text{Sr})\text{CoO}_3$ 、および LaNiO_3 、並びに、これらのうちの少なくとも2種からなる固溶体のうちの少なくとも1種を含むことができる。第2導電性酸化層46の膜厚は、例えば0nm~200nm程度とすることができる。

10

【0043】

第2低抵抗層47は、例えば、第2導電性酸化物に比べ比抵抗が低い導電材からなることができる。この導電材としては、例えば、上述した低抵抗層40を構成する導電材を用いることができる。第2低抵抗層47の膜厚は、例えば0nm~200nm程度とすることができる。

20

【0044】

1-2. 次に、本実施形態に係る圧電素子10の製造方法について、図1を参照しながら説明する。

【0045】

まず、基板1として、(110)配向のシリコン基板を用意する。

【0046】

次に、基板1の上にストッパ層2を形成する。ストッパ層2は、例えば、熱酸化法、CVD法などにより形成することができる。

【0047】

次に、ストッパ層2の上に硬質層3を形成する。硬質層3は、例えばCVD法、スパッタ法、蒸着法などにより形成することができる。

30

【0048】

次に、硬質層3の上に低抵抗層40を形成する。上述したように、本実施形態において、低抵抗層40を構成する導電材の結晶配向は特に限定されないため、低抵抗層40の作製条件や作製方法は適宜選択することができる。例えば、低抵抗層40は、スパッタ法、真空蒸着法などにより形成することができる。また、低抵抗層40の形成を行う際の温度は、例えば、室温~600程度とすることができる。

【0049】

次に、低抵抗層40の上にバッファ層41を形成する。バッファ層41は、例えばスパッタ法、ゾルゲル法、CVD法、レーザーアブレーション法、分子線エピタキシー法などにより形成することができる。バッファ層41の形成を行う際の温度は、例えば、250~300程度とすることができる。

40

【0050】

次に、バッファ層41の上にニッケル酸ランタンからなる導電性酸化層42を形成する。この際、例えば、酸素欠損したターゲットを用いる、または、成膜中の雰囲気調整する等により、ニッケル酸ランタンの酸素の欠損量を調整することができる。導電性酸化層42は、例えばスパッタ法、ゾルゲル法などにより形成することができる。以上の工程により、第1導電層4が形成される。

【0051】

次に、導電性酸化層42の上に圧電体層5を形成する。圧電体層5は、例えばスパッタ

50

法、ゾルゲル法などにより形成することができる。

【0052】

次に、圧電体層5の上に第2導電性酸化層46を形成する。第2導電性酸化層46は、例えばスパッタ法、ゾルゲル法などにより形成することができる。

【0053】

次に、第2導電性酸化層46の上に第2低抵抗層47を形成する。第2低抵抗層47は、例えばスパッタ法、真空蒸着法などにより形成することができる。以上の工程により、第2導電層6が形成される。

【0054】

以上の工程によって、本実施形態に係る圧電素子10を製造することができる。

10

【0055】

1-3. 本実施形態に係る圧電素子10によれば、良好な圧電特性を得ることができる。この理由は、以下の通りである。

【0056】

本実施形態に係る圧電素子10は、La層状化合物からなるバッファ層41を有する。La層状化合物は、層状構造であるため、下地の低抵抗層40を構成する導電材の結晶方位に依存することなく、容易に(001)に優先配向することができる。即ち、バッファ層41には、例えば、(111)、(110)などに配向したLa層状化合物の結晶の混入がほとんどない。このように、La層状化合物の結晶のほとんどが(001)に配向していることにより、バッファ層41の上に導電性酸化層42を形成する際に、導電性酸化層42は、バッファ層41の結晶配向を引き継いで、(001)に優先配向することができる。そして、導電性酸化層42の上に圧電体層5を形成する際に、圧電体層5は、導電性酸化層42の結晶配向を引き継いで、(001)に優先配向することができる。これにより、圧電素子10は、圧電定数がより高く、印加された電圧に対してより大きな変形をなす圧電体層5を有することができる。即ち、本実施形態に係る圧電素子10によれば、より良好な圧電特性を得ることができる。

20

【0057】

また、上述したように、導電性酸化層42を構成するニッケル酸ランタンは、(001)に自己配向しやすい。しかし、例えば、導電性酸化層42の下地としてバッファ層41を形成しない場合、ニッケル酸ランタンの作製条件や作製方法によっては、導電性酸化層42に、(110)などに配向したニッケル酸ランタンの結晶が混入する場合がある。これに対し、本実施形態に係る圧電素子10の製造方法によれば、上述したようにLa層状化合物からなるバッファ層41を下地として導電性酸化層42を形成するので、ニッケル酸ランタンは、より確実に、(001)に自己配向することができる。これにより、ニッケル酸ランタンからなる導電性酸化層42の上に圧電体層5を形成する際に、圧電体層5を構成する結晶のより多くが、導電性酸化層42の結晶配向を引き継いで、(001)に配向することができる。

30

【0058】

さらに、本実施形態に係る圧電素子10では、導電性酸化層42を構成するニッケル酸ランタンは、酸素が欠損している。そして、導電性酸化層42の上に形成する圧電体層5の材質の種類に応じて、ニッケル酸ランタンの酸素の欠損量を適宜決定することにより、圧電体層5を構成する圧電体の格子定数に、導電性酸化層42を構成するニッケル酸ランタンの格子定数を近づけることができる。即ち、圧電体層5と導電性酸化層42との格子不整合を低減することができる。その結果、圧電体層5に加わる応力を低減することができる。これにより、圧電素子10は、圧電定数が高く、印加された電圧に対して大きな変形をなす圧電体層5を有することができる。即ち、本実施形態に係る圧電素子10によれば、良好な圧電特性を得ることができる。

40

【0059】

また、本実施形態に係る圧電素子10では、第1導電層4が低抵抗層40を有する。低抵抗層40は、ニッケル酸ランタンに比べ比抵抗が低い導電材からなる。これにより、例

50

えば第1導電層4が低抵抗層40を有しない場合と、第1導電層4が低抵抗層40を有する場合とを、第1導電層4を同一形状として比較した場合に、第1導電層4が低抵抗層40を有する場合（即ち、本実施形態の場合）の方が、第1導電層4全体の抵抗が小さい。従って、本実施形態に係る圧電素子10によれば、良好な圧電特性を得ることができる。

【0060】

1-4. 次に、本実施形態に係る圧電素子10の変形例について、図面を参照しながら説明する。なお、上述した図1に示す圧電素子10と異なる点について説明し、同様の点については説明を省略する。図2～図4は、それぞれ圧電素子10の変形例の一例を模式的に示す断面図である。

【0061】

例えば、図2に示すように、第1導電層4は、低抵抗層40を有しないことができる。即ち、第1導電層4は、バッファ層41と、導電性酸化層42と、からなることができる。

【0062】

また、例えば、図2に示すように、第2導電層6は、第2低抵抗層47のみからなることができる。また、例えば、図示はしないが、第2導電層6は、第2導電性酸化層46のみからなることもできる。これらの場合、第2導電層6と第1導電層4とを、圧電体層5に関してほぼ対称にすることができる。

【0063】

また、例えば、図3に示すように、第1導電層4は、バッファ層41を有しないことができる。即ち、第1導電層4は、低抵抗層40と、導電性酸化層42と、からなることができる。

【0064】

また、例えば、図4に示すように、第1導電層4は、低抵抗層40およびバッファ層41を有しないことができる。即ち、第1導電層4は、導電性酸化層42のみからなることができる。

【0065】

また、例えば、図5に示すように、第1導電層4は、2層のバッファ層41と、それらに挟まれた導電性酸化層42と、からなることができる。

【0066】

なお、上述した変形例は一例であって、これらに限定されるわけではなく、例えば、各層の積層順、層数などは適宜変更可能である。

【0067】

2. 第2の実施形態

2-1. 次に、第1の実施形態に係る圧電素子10を有するインクジェット式記録ヘッドの一実施形態について説明する。図6は、本実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの概略構成を示す側断面図であり、図7は、このインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。なお、図7は、通常使用される状態とは上下逆に示したものである。

【0068】

インクジェット式記録ヘッド（以下、「ヘッド」ともいう）50は、図6に示すように、ヘッド本体57と、ヘッド本体57の上に設けられた圧電部54と、を含む。なお、図6に示す圧電部54は、図1に示す圧電素子10における第1導電層4、圧電体層5、および第2導電層6に相当する。本実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドにおいて、圧電素子10は、圧電アクチュエーターとして機能することができる。圧電アクチュエーターとは、ある物体を動かす機能を有する素子である。

【0069】

また、図1に示す圧電素子10におけるストップ層2および硬質層3は、図6において弾性層55に相当する。基板1（図1参照）は、ヘッド本体57の要部を構成するものとなっている。

【0070】

10

20

30

40

50

すなわち、ヘッド50は、図7に示すようにノズル板51と、インク室基板52と、弾性層55と、弾性層55に接合された圧電部(振動源)54と、を含み、これらが基体56に収納されて構成されている。なお、このヘッド50は、オンデマンド形のピエゾジェット式ヘッドを構成している。

【0071】

ノズル板51は、例えばステンレス製の圧延プレート等で構成されたもので、インク滴を吐出するための多数のノズル511を一行に形成したものである。これらノズル511間のピッチは、印刷精度に応じて適宜に設定されている。

【0072】

ノズル板51には、インク室基板52が固着(固定)されている。インク室基板52は、基板1(図1参照)によって形成されたものである。インク室基板52は、ノズル板51、側壁(隔壁)522、および弾性層55によって、複数のキャビティ(インクキャビティ)521と、リザーバ523と、供給口524と、を区画形成したものである。リザーバ523は、インクカートリッジ631(図10参照)から供給されるインクを一時的に貯留する。供給口524によって、リザーバ523から各キャビティ521にインクが供給される。

10

【0073】

キャビティ521は、図6および図7に示すように、各ノズル511に対応して配設されている。キャビティ521は、弾性層55の振動によってそれぞれ容積可変になっている。キャビティ521は、この容積変化によってインクを吐出するよう構成されている。

20

【0074】

インク室基板52を得るための母材、すなわち基板1(図1参照)としては、(110)配向のシリコン単結晶基板が用いられている。この(110)配向のシリコン単結晶基板は、異方性エッチングに適しているのでインク室基板52を、容易にかつ確実に形成することができる。

【0075】

インク室基板52のノズル板51と反対の側には弾性層55が配設されている。さらに弾性層55のインク室基板52と反対の側には複数の圧電部54が設けられている。弾性層55の所定位置には、図7に示すように、弾性層55の厚さ方向に貫通して連通孔531が形成されている。連通孔531により、インクカートリッジ631からリザーバ523へのインクの供給がなされる。

30

【0076】

各圧電部54は、後述する圧電素子駆動回路に電氣的に接続され、圧電素子駆動回路の信号に基づいて作動(振動、変形)するよう構成されている。すなわち、各圧電部54はそれぞれ振動源(ヘッドアクチュエーター)として機能する。弾性層55は、圧電部54の振動(たわみ)によって振動し(たわみ)、キャビティ521の内部圧力を瞬間的に高めるよう機能する。

【0077】

基体56は、例えば各種樹脂材料、各種金属材料等で形成されている。図7に示すように、この基体56にインク室基板52が固定、支持されている。

40

【0078】

2-2. 次に、本実施形態におけるインクジェット式記録ヘッド50の動作について説明する。本実施形態におけるヘッド50は、圧電素子駆動回路を介して所定の吐出信号が入力されていない状態、すなわち、圧電部54の第1導電層4と第2導電層6との間に電圧が印加されていない状態では、図8に示すように圧電体層5に変形が生じない。このため、弾性層55にも変形が生じず、キャビティ521には容積変化が生じない。従って、ノズル511からインク滴は吐出されない。

【0079】

一方、圧電素子駆動回路を介して所定の吐出信号が入力された状態、すなわち、圧電部

50

54の第1導電層4と第2導電層6との間に電圧が印加された状態では、図9に示すように、圧電体層5においてその短軸方向(図9に示す矢印sの方向)にたわみ変形が生じる。これにより、弾性層55がたわみ、キャビティー521の容積変化が生じる。このとき、キャビティー521内の圧力が瞬間的に高まり、ノズル511からインク滴58が吐出される。

【0080】

すなわち、電圧を印加すると、圧電体層5の結晶格子は面方向に対して垂直な方向(図9に示す矢印dの方向)に引き伸ばされるが、同時に面方向には圧縮される。この状態では、圧電体層5にとっては面内に引っ張り応力fが働いていることになる。従って、この引っ張り応力fによって弾性層55をそらせ、たわませることになる。キャビティー521の短軸方向での圧電体層5の変位量(絶対値)が大きければ大きいほど、弾性層55のたわみ量が大きくなり、より効率的にインク滴を吐出することが可能になる。

【0081】

1回のインクの吐出が終了すると、圧電素子駆動回路は、第1導電層4と第2導電層6との間への電圧の印加を停止する。これにより、圧電部54は図8に示す元の形状に戻り、キャビティー521の容積が増大する。なお、このとき、インクには、インクカートリッジ631からノズル511へ向かう圧力(正方向への圧力)が作用している。このため、空気がノズル511からキャビティー521へと入り込むことが防止され、インクの吐出量に見合った量のインクがインクカートリッジ631からリザーバ523を経てキャビティー521へ供給される。

【0082】

このように、インク滴の吐出を行わせたい位置の圧電部54に対して、圧電素子駆動回路を介して吐出信号を順次入力することにより、任意の(所望の)文字や図形等を印刷することができる。

【0083】

2-3. 次に、本実施形態におけるインクジェット式記録ヘッド50の製造方法の一例について説明する。

【0084】

まず、インク室基板52となる母材、すなわち(110)配向のシリコン単結晶基板からなる基板1を用意する。次に、図1に示すように、基板1上にストッパ層2、硬質層3、第1導電層4、圧電体層5、および第2導電層6を順次形成する。

【0085】

次に、第2導電層6、圧電体層5、および第1導電層4を、図8および図9に示すように、個々のキャビティー521に対応させてパターニングし、図6に示すように、キャビティー521の数に対応した数の圧電部54を形成する。

【0086】

次に、インク室基板52となる母材(基板1)をパターニングし、圧電部54に対応する位置にそれぞれキャビティー521となる凹部を、また、所定位置にリザーバ523および供給口524となる凹部を形成する。

【0087】

本実施形態では、母材(基板1)として(110)配向のシリコン基板を用いているので、高濃度アルカリ水溶液を用いたウェットエッチング(異方性エッチング)が好適に採用される。高濃度アルカリ水溶液によるウェットエッチングの際には、前述したようにストッパ層2をエッチングストッパとして機能させることができる。従って、インク室基板52の形成をより容易に行うことができる。

【0088】

このようにして母材(基板1)を、その厚さ方向に弾性層55が露出するまでエッチング除去することにより、インク室基板52を形成する。このときエッチングされずに残った部分が側壁522となる。

【0089】

次に、複数のノズル 5 1 1 が形成されたノズル板 5 1 を、各ノズル 5 1 1 が各キャビティ 5 2 1 となる凹部に対応するように位置合わせし、その状態で接合する。これにより、複数のキャビティ 5 2 1、リザーバ 5 2 3 および複数の供給口 5 2 4 が形成される。ノズル板 5 1 の接合については、例えば接着剤による接着法や、融着法などを用いることができる。次に、インク室基板 5 2 を基体 5 6 に取り付ける。

【 0 0 9 0 】

以上の工程によって、本実施形態に係るインクジェット式記録ヘッド 5 0 を製造することができる。

【 0 0 9 1 】

2 - 4 . 本実施形態に係るインクジェット式記録ヘッド 5 0 によれば、前述したように、圧電部 5 4 の圧電体層 5 の圧電定数 (d_{31}) が高く、印加された電圧に対してより大きな変形をなすものとなっている。すなわち、圧電部 5 4 が良好な圧電特性を有する。これにより、弾性層 5 5 のたわみ量が大きくなり、インク滴をより効率的に吐出できる。ここで、効率的とは、より少ない電圧で同じ量のインク滴を飛ばすことができることを意味する。すなわち、駆動回路を簡略化することができ、同時に消費電力を低減することができるため、ノズル 5 1 1 のピッチをより高密度に形成することなどができる。従って、高密度印刷や高速印刷が可能となる。さらには、キャビティ 5 2 1 の長軸の長さを短くすることができるため、ヘッド全体を小型化することができる。

【 0 0 9 2 】

3 . 第 3 の実施形態

3 - 1 . 次に、第 2 の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッド 5 0 を有するインクジェットプリンターの一実施形態について説明する。図 1 0 は、本実施形態に係るインクジェットプリンター 6 0 0 を示す概略構成図である。インクジェットプリンター 6 0 0 は、紙などに印刷可能なプリンターとして機能することができる。なお、以下の説明では、図 1 0 中の上側を「上部」、下側を「下部」と言う。

【 0 0 9 3 】

インクジェットプリンター 6 0 0 は、装置本体 6 2 0 を有し、上部後方に記録用紙 P を設置するトレイ 6 2 1 を有し、下部前方に記録用紙 P を排出する排出口 6 2 2 を有し、上部面に操作パネル 6 7 0 を有する。

【 0 0 9 4 】

装置本体 6 2 0 の内部には、主に、往復動するヘッドユニット 6 3 0 を有する印刷装置 6 4 0 と、記録用紙 P を 1 枚ずつ印刷装置 6 4 0 に送り込む給紙装置 6 5 0 と、印刷装置 6 4 0 および給紙装置 6 5 0 を制御する制御部 6 6 0 とが設けられている。

【 0 0 9 5 】

印刷装置 6 4 0 は、ヘッドユニット 6 3 0 と、ヘッドユニット 6 3 0 の駆動源となるキャリッジモータ 6 4 1 と、キャリッジモータ 6 4 1 の回転を受けて、ヘッドユニット 6 3 0 を往復動させる往復動機構 6 4 2 と、を含む。

【 0 0 9 6 】

ヘッドユニット 6 3 0 は、その下部に、上述の多数のノズル 5 1 1 を有するインクジェット式記録ヘッド 5 0 と、このインクジェット式記録ヘッド 5 0 にインクを供給するインクカートリッジ 6 3 1 と、インクジェット式記録ヘッド 5 0 およびインクカートリッジ 6 3 1 を搭載したキャリッジ 6 3 2 とを有する。

【 0 0 9 7 】

往復動機構 6 4 2 は、その両端がフレーム (図示せず) に支持されたキャリッジガイド軸 6 4 3 と、キャリッジガイド軸 6 4 3 と平行に延在するタイミングベルト 6 4 4 とを有する。キャリッジ 6 3 2 は、キャリッジガイド軸 6 4 3 に往復動自在に支持されるとともに、タイミングベルト 6 4 4 の一部に固定されている。キャリッジモータ 6 4 1 の作動により、プーリを介してタイミングベルト 6 4 4 を正逆走行させると、キャリッジガイド軸 6 4 3 に案内されて、ヘッドユニット 6 3 0 が往復動する。この往復動の際に、インクジェット式記録ヘッド 5 0 から適宜インクが吐出され、記録用紙 P への印刷が行われる。

【0098】

給紙装置650は、その駆動源となる給紙モータ651と、給紙モータ651の作動により回転する給紙ローラ652とを有する。給紙ローラ652は、記録用紙Pの送り経路（記録用紙P）を挟んで上下に対向する従動ローラ652aと、駆動ローラ652bとで構成されており、駆動ローラ652bは、給紙モータ651に連結されている。

【0099】

3-2. 本実施形態に係るインクジェットプリンター600によれば、前述したように、高性能でノズルの高密度化が可能なインクジェット式記録ヘッド50を有するので、高密度印刷や高速印刷が可能となる。

【0100】

なお、本発明のインクジェットプリンター600は、工業的に用いられる液滴吐出装置として用いることもできる。その場合に、吐出するインク（液状材料）としては、各種の機能性材料を溶媒や分散媒によって適当な粘度に調整して使用することができる。

【0101】

4. 第4の実施形態

4-1. 次に、第1の実施形態に係る圧電素子10を有する圧電ポンプの一実施形態について図面を参照しながら説明する。図11および図12は、本実施形態に係る圧電ポンプ20の概略断面図である。本実施形態に係る圧電ポンプ20において、圧電素子は、圧電アクチュエーターとして機能することができる。図11および図12に示す圧電部22は、図1に示す圧電素子10における第1導電層4と、圧電体層5と、第2導電層6とからなるものであり、図1に示す圧電素子10におけるストッパ層2および硬質層3は、図11および図12において振動板24となっている。また、基板1（図1参照）は、圧電ポンプ20の要部を構成する基体21となっている。圧電ポンプ20は、基体21と、圧電部22と、ポンプ室23と、振動板24と、吸入側逆止弁26aと、吐出側逆止弁26bと、吸入口28aと、吐出口28bとを含む。

【0102】

4-2. 次に、上述の圧電ポンプの動作について説明する。

【0103】

まず、圧電部22に電圧が供給されると、圧電体層5（図1参照）の膜厚方向に電圧が印加される。そして、図11に示すように、圧電部22は、ポンプ室23が広がる方向（図11に示す矢印aの方向）にたわむ。また、圧電部22と共に振動板24もポンプ室23が広がる方向にたわむ。このため、ポンプ室23内の圧力が変化し、逆止弁26a、26bの働きによって流体が吸入口28aからポンプ室23内に流れる（図11に示す矢印bの方向）。

【0104】

次に、圧電部22への電圧の供給を停止すると、圧電体層5（図1参照）の膜厚方向への電圧の印加が停止される。そして、図12に示すように、圧電部22は、ポンプ室23が狭まる方向（図12に示す矢印aの方向）にたわむ。また、圧電部22と共に振動板24もポンプ室23が狭まる方向にたわむ。このため、ポンプ室23内の圧力が変化し、逆止弁26a、26bの働きによって流体が吐出口28bから外部に吐出される（図12に示す矢印bの方向）。

【0105】

圧電ポンプ20は、電子機器、例えばパソコン用、好ましくはノートパソコン用の水冷モジュールとして用いることができる。水冷モジュールは、冷却液の駆動に上述の圧電ポンプ20を用い、圧電ポンプ20と循環水路等を含む構造を有する。

【0106】

4-3. 本実施形態に係る圧電ポンプ20によれば、前述したように、圧電部22の圧電体層5が良好な圧電特性を有することによって、流体の吸入・吐出を効率的に行うことができる。従って、本実施形態に係る圧電ポンプ20によれば、大きな吐出圧および吐出量を有することができる。また、圧電ポンプ20の高速動作が可能となる。さらには、

10

20

30

40

50

圧電ポンプ 20 の全体の小型化を図ることができる。

【0107】

5. 第5の実施形態

5-1. 次に、本発明を適用した第5の実施形態に係る表面弾性波素子の一例について、図面を参照しながら説明する。本実施形態の一例である表面弾性波素子 30 は、図 13 に示すように、基板 11 と、第1導電層 14 と、圧電体層 15 と、保護層 17 と、第2導電層 16 と、を含む。基板 11、第1導電層 14、圧電体層 15、および保護層 17 は、基体 18 を構成する。

【0108】

基板 11 としては、例えば、(100)単結晶シリコン基板を用いることができる。第1導電層 14 としては、図 1 に示す圧電素子 10 における第1導電層 4 からなることができる。圧電体層 15 は、図 1 に示す圧電素子 10 における圧電体層 5 からなることができる。保護層 17 は、例えば、酸化物または窒化物などからなることができる。保護層 17 は、温度補償層としても機能する。第2導電層 16 としては、図 1 に示す圧電素子 10 における第2導電層 6 からなることができる。第2導電層 16 は、インターディジタル型電極 (Inter Digital Transducer: 以下、「IDT電極」という) である。第2導電層 16 は、上部から観察すると、例えば図 14 および図 15 に示す IDT電極 141、142、151、152、153 のような形状を有する。なお、IDT電極上に、さらに、保護層を形成しても良い。

【0109】

5-2. 本実施形態に係る表面弾性波素子 30 によれば、図 1 に示す圧電素子 10 における圧電体層 5 からなる圧電体層 15 が良好な圧電特性を有していることにより、表面弾性波素子 30 自体も高性能なものとなる。

【0110】

6. 第6の実施形態

6-1. 次に、本発明を適用した第6の実施形態に係る周波数フィルタの一例について、図面を参照しながら説明する。図 14 は、本実施形態の一例である周波数フィルタを模式的に示す図である。

【0111】

図 14 に示すように、周波数フィルタは基体 140 を有する。この基体 140 としては、図 13 に示す表面弾性波素子 30 の基体 18 を用いることができる。

【0112】

基体 140 の上面には、IDT電極 141、142 が形成されている。また、IDT電極 141、142 を挟むように、基体 140 の上面には吸音部 143、144 が形成されている。吸音部 143、144 は、基体 140 の表面を伝播する表面弾性波を吸収するものである。基体 140 上に形成された IDT電極 141 には高周波信号源 145 が接続されており、IDT電極 142 には信号線が接続されている。

【0113】

6-2. 次に、上述の周波数フィルタの動作について説明する。

【0114】

前記構成において、高周波信号源 145 から高周波信号が出力されると、この高周波信号は IDT電極 141 に印加され、これによって基体 140 の上面に表面弾性波が発生する。IDT電極 141 から吸音部 143 側へ伝播した表面弾性波は、吸音部 143 で吸収されるが、IDT電極 142 側へ伝播した表面弾性波のうち、IDT電極 142 のピッチ等に応じて定まる特定の周波数または特定の帯域の周波数の表面弾性波は電気信号に変換されて、信号線を介して端子 146a、146b に取り出される。なお、前記特定の周波数または特定の帯域の周波数以外の周波数成分は、大部分が IDT電極 142 を通過して吸音部 144 に吸収される。このようにして、本実施形態の周波数フィルタが有する IDT電極 141 に供給した電気信号のうち、特定の周波数または特定の帯域の周波数の表面弾性波のみを得る (フィルタリングする) ことができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 5 】

7 . 第 7 の 実 施 形 態

7 - 1 . 次 に、本 発 明 を 適 用 し た 第 7 の 実 施 形 態 に 係 る 発 振 器 の 一 例 に つ い て、図 面 を 参 照 し な が ら 説 明 す る。図 1 5 は、本 実 施 形 態 の 一 例 で あ る 発 振 器 を 模 式 的 に 示 す 図 で あ る。

【 0 1 1 6 】

図 1 5 に 示 す よ う に、発 振 器 は 基 体 1 5 0 を 有 す る。こ の 基 体 1 5 0 と し て は、上 述 し た 周 波 数 フ ィ ル タ と 同 様 に、図 1 3 に 示 す 表 面 弾 性 波 素 子 3 0 の 基 体 1 8 を 用 い る こ と が で き る。

【 0 1 1 7 】

基 体 1 5 0 の 上 面 に は、I D T 電 極 1 5 1 が 形 成 さ れ て お り、さ ら に、I D T 電 極 1 5 1 を 挟 む よ う に、I D T 電 極 1 5 2、1 5 3 が 形 成 さ れ て い る。I D T 電 極 1 5 1 を 構 成 す る 一 方 の 櫛 歯 状 電 極 1 5 1 a に は、高 周 波 信 号 源 1 5 4 が 接 続 さ れ て お り、他 方 の 櫛 歯 状 電 極 1 5 1 b に は、信 号 線 が 接 続 さ れ て い る。な お、I D T 電 極 1 5 1 は、電 気 信 号 印 加 用 電 極 に 相 当 し、I D T 電 極 1 5 2、1 5 3 は、I D T 電 極 1 5 1 に よ っ て 発 生 さ れ る 表 面 弾 性 波 の 特 定 の 周 波 数 成 分 ま た は 特 定 の 帯 域 の 周 波 数 成 分 を 共 振 さ せ る 共 振 用 電 極 に 相 当 す る。

【 0 1 1 8 】

7 - 2 . 次 に、上 述 の 発 振 器 の 動 作 に つ い て 説 明 す る。

【 0 1 1 9 】

前 記 構 成 に お い て、高 周 波 信 号 源 1 5 4 か ら 高 周 波 信 号 が 出 力 さ れ る と、こ の 高 周 波 信 号 は、I D T 電 極 1 5 1 の 一 方 の 櫛 歯 状 電 極 1 5 1 a に 印 加 さ れ、こ れ に よ っ て 基 体 1 5 0 の 上 面 に I D T 電 極 1 5 2 側 に 伝 播 す る 表 面 弾 性 波 お よ び I D T 電 極 1 5 3 側 に 伝 播 す る 表 面 弾 性 波 が 発 生 す る。こ れ ら の 表 面 弾 性 波 の う ち の 特 定 の 周 波 数 成 分 の 表 面 弾 性 波 は、I D T 電 極 1 5 2 お よ び I D T 電 極 1 5 3 で 反 射 さ れ、I D T 電 極 1 5 2 と I D T 電 極 1 5 3 と の 間 に は 定 在 波 が 発 生 す る。こ の 特 定 の 周 波 数 成 分 の 表 面 弾 性 波 が I D T 電 極 1 5 2、1 5 3 で 反 射 を 繰 り 返 す こ と に よ り、特 定 の 周 波 数 成 分 ま た は 特 定 の 帯 域 の 周 波 数 成 分 が 共 振 し て、振 幅 が 増 大 す る。こ の 特 定 の 周 波 数 成 分 ま た は 特 定 の 帯 域 の 周 波 数 成 分 の 表 面 弾 性 波 の 一 部 は、I D T 電 極 1 5 1 の 他 方 の 櫛 歯 状 電 極 1 5 1 b か ら 取 り 出 さ れ、I D T 電 極 1 5 2 と I D T 電 極 1 5 3 と の 共 振 周 波 数 に 応 じ た 周 波 数 (ま た は、あ る 程 度 の 帯 域 を 有 す る 周 波 数) の 電 気 信 号 が 端 子 1 5 5 a と 端 子 1 5 5 b に 取 り 出 す こ と が で き る。

【 0 1 2 0 】

7 - 3 . 図 1 6 お よ び 図 1 7 は、上 述 し た 発 振 器 を V C S O (Voltage Controlled S A W Oscillator : 電 圧 制 御 S A W 発 振 器) に 応 用 し た 場 合 の 一 例 を 模 式 的 に 示 す 図 で あ り、図 1 6 は 側 面 透 視 図 で あ り、図 1 7 は 上 面 透 視 図 で あ る。

【 0 1 2 1 】

V C S O は、金 属 製 (A l ま た は ス テ ン レ ス ス チ ール 製) の 筐 体 6 0 内 部 に 実 装 さ れ て 構 成 さ れ て い る。基 板 6 1 上 に は、I C (Integrated Circuit) 6 2 お よ び 発 振 器 6 3 が 実 装 さ れ て い る。こ の 場 合、I C 6 2 は、外 部 の 回 路 (不 図 示) か ら 入 力 さ れ る 電 圧 値 に 応 じ て、発 振 器 6 3 に 印 加 す る 周 波 数 を 制 御 す る 発 振 回 路 で あ る。

【 0 1 2 2 】

発 振 器 6 3 は、基 体 6 4 上 に、I D T 電 極 6 5 a ~ 6 5 c が 形 成 さ れ て お り、そ の 構 成 は、図 1 5 に 示 す 発 振 器 と ほ ぼ 同 様 で あ る。基 体 6 4 と し て は、上 述 し た 図 1 5 に 示 す 発 振 器 と 同 様 に、図 1 3 に 示 す 表 面 弾 性 波 素 子 3 0 の 基 体 1 8 を 用 い る こ と が で き る。

【 0 1 2 3 】

基 板 6 1 上 に は、I C 6 2 と 発 振 器 6 3 と を 電 気 的 に 接 続 す る た め の 配 線 6 6 が パ タ ー ニ ン グ さ れ て い る。I C 6 2 お よ び 配 線 6 6 が、例 え ば 金 線 等 の ワ イ ヤ ー 線 6 7 に よ っ て 接 続 さ れ、発 振 器 6 3 お よ び 配 線 6 6 が 金 線 等 の ワ イ ヤ ー 線 6 8 に よ っ て 接 続 さ れ て い る。こ れ に よ り、I C 6 2 と 発 振 器 6 3 と が 配 線 6 6 を 介 し て 電 気 的 に 接 続 さ れ て い る。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 4 】

なお、VCSOは、IC62と発振器63を同一基板上に集積させて形成することも可能である。図18に、IC62と発振器63とを同一基板61上に集積させたVCSOの概略図を示す。

【 0 1 2 5 】

図18に示すように、VCSOは、IC62と発振器63とにおいて、基板61を共有させて形成されている。基板61としては、例えば図13に示す表面弾性波素子30の基板11を用いることができる。IC62と、発振器63の有する電極65aとは、図示しないものの電氣的に接続されている。電極65aとしては、例えば図13に示す表面弾性波素子30の第2導電層16を用いることができる。IC62を構成するトランジスタとしては、TFT（薄膜トランジスタ）を採用することができる。

10

【 0 1 2 6 】

図16～図18に示すVCSOは、例えば、図19に示すPLL回路のVCO（Voltage Controlled Oscillator）として用いられる。ここで、PLL回路について簡単に説明する。

【 0 1 2 7 】

図19は、PLL回路の基本構成を示すブロック図である。PLL回路は、位相比較器71、低域フィルタ72、増幅器73、およびVCO74から構成されている。位相比較器71は、入力端子70から入力される信号の位相（または周波数）と、VCO74から出力される信号の位相（または周波数）とを比較し、その差に応じて値が設定される誤差電圧信号を出力するものである。低域フィルタ72は、位相比較器71から出力される誤差電圧信号の位置の低周波成分のみを通過させるものである。増幅器73は、低域フィルタ72から出力される信号を増幅するものである。VCO74は、入力された電圧値に応じて発振する周波数が、ある範囲で連続的に変化する発振回路である。

20

【 0 1 2 8 】

このような構成のもとにPLL回路は、入力端子70から入力される位相（または周波数）と、VCO74から出力される信号の位相（または周波数）との差が減少するように動作し、VCO74から出力される信号の周波数を入力端子70から入力される信号の周波数に同期させる。VCO74から出力される信号の周波数が入力端子70から入力される信号の周波数に同期すると、その後は一定の位相差を除いて入力端子70から入力される信号に一致し、また、入力信号の変化に追従するような信号を出力するようになる。

30

【 0 1 2 9 】

8．第8の実施形態

次に、本発明を適用した第8の実施形態に係る電子回路および電子機器の一例について、図面を参照しながら説明する。図20は、本実施形態の一例である電子機器300の電氣的構成を示すブロック図である。電子機器300とは、例えば携帯電話機である。

【 0 1 3 0 】

電子機器300は、電子回路310、送話部80、受話部91、入力部94、表示部95、およびアンテナ部86を有する。電子回路310は、送信信号処理回路81、送信ミキサ82、送信フィルタ83、送信電力増幅器84、送受分波器85、低雑音増幅器87、受信フィルタ88、受信ミキサ89、受信信号処理回路90、周波数シンセサイザ92、および制御回路93を有する。

40

【 0 1 3 1 】

電子回路310において、送信フィルタ83および受信フィルタ88として、図14に示す周波数フィルタを用いることができる。フィルタリングする周波数（通過させる周波数）は、送信ミキサ82から出力される信号のうちの必要となる周波数、および、受信ミキサ89で必要となる周波数に応じて、送信フィルタ83および受信フィルタ88で個別に設定されている。また、周波数シンセサイザ92内に設けられるPLL回路（図19参照）のVCO74として、図15に示す発振器、または図16～図18に示すVCSOを用いることができる。

50

【 0 1 3 2 】

送話部 8 0 は、例えば音波信号を電気信号に変換するマイクロフォン等で実現されるものである。送信信号処理回路 8 1 は、送話部 8 0 から出力される電気信号に対して、例えば D / A 変換処理、変調処理等の処理を施す回路である。送信ミキサ 8 2 は、周波数シンセサイザ 9 2 から出力される信号を用いて送信信号処理回路 8 1 から出力される信号をミキシングするものである。送信フィルタ 8 3 は、中間周波数（以下、「 I F 」と表記する）の必要となる周波数の信号のみを通過させ、不要となる周波数の信号をカットするものである。送信フィルタ 8 3 から出力される信号は、変換回路（図示せず）によって R F 信号に変換される。送信電力増幅器 8 4 は、送信フィルタ 8 3 から出力される R F 信号の電力を増幅し、送受分波器 8 5 へ出力するものである。

10

【 0 1 3 3 】

送受分波器 8 5 は、送信電力増幅器 8 4 から出力される R F 信号をアンテナ部 8 6 へ出力し、アンテナ部 8 6 から電波の形で送信するものである。また、送受分波器 8 5 は、アンテナ部 8 6 で受信した受信信号を分波して、低雑音増幅器 8 7 へ出力するものである。低雑音増幅器 8 7 は、送受分波器 8 5 からの受信信号を増幅するものである。低雑音増幅器 8 7 から出力される信号は、変換回路（図示せず）によって I F に変換される。

【 0 1 3 4 】

受信フィルタ 8 8 は、変換回路（図示せず）によって変換された I F の必要となる周波数の信号のみを通過させ、不要となる周波数の信号をカットするものである。受信ミキサ 8 9 は、周波数シンセサイザ 9 2 から出力される信号を用いて、受信フィルタ 8 8 から出力される信号をミキシングするものである。受信信号処理回路 9 0 は、受信ミキサ 8 9 から出力される信号に対して、例えば A / D 変換処理、復調処理等の処理を施す回路である。受話部 9 1 は、例えば電気信号を音波に変換する小型スピーカ等で実現されるものである。

20

【 0 1 3 5 】

周波数シンセサイザ 9 2 は、送信ミキサ 8 2 へ供給する信号、および、受信ミキサ 8 9 へ供給する信号を生成する回路である。周波数シンセサイザ 9 2 は、 P L L 回路を有し、この P L L 回路から出力される信号を分周して新たな信号を生成することができる。制御回路 9 3 は、送信信号処理回路 8 1、受信信号処理回路 9 0、周波数シンセサイザ 9 2、入力部 9 4、および表示部 9 5 を制御する。表示部 9 5 は、例えば携帯電話機の利用者に対して機器の状態を表示する。入力部 9 4 は、例えば携帯電話機の利用者の指示を入力する。

30

【 0 1 3 6 】

なお、上述した例では、電子機器として携帯電話機を、電子回路として携帯電話機内に設けられる電子回路をその一例として挙げ、説明したが、本発明は携帯電話機に限定されることなく、種々の移動体通信機器およびその内部に設けられる電子回路に適用することができる。

【 0 1 3 7 】

さらに、移動体通信機器のみならず B S および C S 放送を受信するチューナなどの据置状態で使用される通信機器、およびその内部に設けられる電子回路にも適用することができる。さらには、通信キャリアとして空中を伝播する電波を使用する通信機器のみならず、同軸ケーブル中を伝播する高周波信号または光ケーブル中を伝播する光信号を用いる H U B などの電子機器およびその内部に設けられる電子回路にも適用することができる。

40

【 0 1 3 8 】

9 . 第 9 の実施形態

次に、本発明を適用した第 9 の実施形態に係る薄膜圧電共振子の一例について、図面を参照しながら説明する。

【 0 1 3 9 】

9 - 1 . 図 2 1 は、本実施形態の一例である第 1 の薄膜圧電共振子 7 0 0 を模式的に示す図である。第 1 の薄膜圧電共振子 7 0 0 は、ダイアフラム型の薄膜圧電共振子である

50

。

【0140】

第1の薄膜圧電共振子700は、基板701と、弾性層703と、第1導電層704と、圧電体層705と、第2導電層706と、を含む。薄膜圧電共振子700における基板701、弾性層703、第1導電層704、圧電体層705、および第2導電層706は、それぞれ図1に示す圧電素子10における基板1、ストッパ層2および硬質層3、第1導電層4、圧電体層5、並びに、第2導電層6に相当する。すなわち、第1の薄膜圧電共振子700は、図1に示す圧電素子10を有する。なお、弾性層703は、ストッパ層2および硬質層3に相当する。

【0141】

基板701には、基板701を貫通するビアホール702が形成されている。第2導電層706上には、配線708が設けられている。配線708は、弾性層703上に形成された電極709と、パッド710を介して電氣的に接続されている。

【0142】

9-2. 本実施形態に係る第1の薄膜圧電共振子700によれば、圧電体層705の圧電特性が良好であり、従って高い電気機械結合係数を有する。これにより、薄膜圧電共振子700を、高周波数領域で使用することができる。また、薄膜圧電共振子700を、小型(薄型)化し、かつ、良好に動作させることができる。

【0143】

9-3. 図22は、本実施形態の一例である第2の薄膜圧電共振子800を模式的に示す図である。第2の薄膜圧電共振子800が図21に示す第1の薄膜圧電共振子700と主に異なるところは、ビアホールを形成せず、基板801と弾性層803との間にエアギャップ802を形成した点にある。

【0144】

第2の薄膜圧電共振子800は、基板801と、弾性層803と、第1導電層804と、圧電体層805と、第2導電層806と、を含む。薄膜圧電共振子800における基板801、弾性層803、第1導電層804、圧電体層805、および第2導電層806は、それぞれ図1に示す圧電素子10における基板1、ストッパ層2および硬質層3、第1導電層4、圧電体層5、並びに、第2導電層6に相当する。すなわち、第2の薄膜圧電共振子800は、図1に示す圧電素子10を有する。なお、弾性層803は、ストッパ層2および硬質層3に相当する。エアギャップ802は、基板801と、弾性層803との間に形成された空間である。

【0145】

9-4. 本実施形態に係る第2の薄膜圧電共振子800によれば、圧電体層805の圧電特性が良好であり、従って高い電気機械結合係数を有する。これにより、薄膜圧電共振子800を、高周波数領域で使用することができる。また、薄膜圧電共振子800を、小型(薄型)化し、かつ、良好に動作させることができる。

【0146】

9-5. 本実施形態に係る圧電薄膜共振子(例えば、第1の薄膜圧電共振子700および第2の薄膜圧電共振子800)は、共振子、周波数フィルタ、または、発振器として機能することができる。そして、例えば、図20に示す電子回路310において、送信フィルタ83および受信フィルタ88として、周波数フィルタとして機能する本実施形態に係る圧電薄膜共振子を用いることができる。また、周波数シンセサイザ92が有する発振器として、発振器として機能する本実施形態に係る圧電薄膜共振子を用いることができる。

【0147】

上記のように、本発明の実施例について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、本発明に係る圧電素子は、前述したデバイスに適用されるだけでなく、種々のデバイス

10

20

30

40

50

に適用可能である。例えば、本発明に係る圧電素子は、カメラ（携帯電話機またはPDA：Personal Digital Assistantなどに搭載されたものを含む。）の光学ズーム機構におけるレンズ駆動用の圧電アクチュエーターとして用いられることができる。

【図面の簡単な説明】

【0148】

【図1】第1の実施形態に係る圧電素子を模式的に示す断面図。

【図2】第1の実施形態に係る圧電素子の変形例の一例を模式的に示す断面図。

【図3】第1の実施形態に係る圧電素子の変形例の一例を模式的に示す断面図。

【図4】第1の実施形態に係る圧電素子の変形例の一例を模式的に示す断面図。

【図5】第1の実施形態に係る圧電素子の変形例の一例を模式的に示す断面図。

10

【図6】第2の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの概略構成図。

【図7】第2の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図。

【図8】インクジェット式記録ヘッドの動作を説明するための図。

【図9】インクジェット式記録ヘッドの動作を説明するための図。

【図10】第3の実施形態に係るインクジェットプリンターの概略構成図。

【図11】第4の実施形態に係る圧電ポンプの概略断面図。

【図12】第4の実施形態に係る圧電ポンプの概略断面図。

【図13】第5の実施形態に係る表面弾性波素子を示す側断面図。

【図14】第6の実施形態に係る周波数フィルタを示す斜視図。

【図15】第7の実施形態に係る発振器を示す斜視図。

20

【図16】第7の実施形態に係る発振器をVCSOに応用した一例を示す概略図。

【図17】第7の実施形態に係る発振器をVCSOに応用した一例を示す概略図。

【図18】第7の実施形態に係る発振器をVCSOに応用した一例を示す概略図。

【図19】PLL回路の基本構成を示すブロック図。

【図20】第8の実施形態に係る電子回路の構成を示すブロック図。

【図21】第9の実施形態に係る薄膜圧電共振子を示す側断面図。

【図22】第9の実施形態に係る薄膜圧電共振子を示す側断面図。

【符号の説明】

【0149】

1 基板、2 ストップ層、3 硬質層、4 第1導電層、5 圧電体層、6 第2導電層、10 圧電素子、11 基板、14 第1導電層、15 圧電体層、16 第2導電層、17 保護層、18 基体、20 圧電ポンプ、21 基体、22 圧電部、23 ポンプ室、24 振動板、30 表面弾性波素子、40 低抵抗層、41 バッファ層、42 導電性酸化層、46 第2導電性酸化層、47 第2低抵抗層、50 インクジェット式記録ヘッド、51 ノズル板、52 インク室基板、54 圧電部、55 弾性層、56 基体、57 ヘッド本体、58 インク滴、60 筐体、61 基板、63 発振器、64 基体、66 配線、67 ワイヤ線、70 入力端子、71 位相比較器、72 低域フィルタ、73 増幅器、80 送話部、81 送信信号処理回路、82 送信ミキサ、83 送信フィルタ、84 送信電力増幅器、85 送受分波器、86 アンテナ部、87 低雑音増幅器、88 受信フィルタ、89 受信ミキサ、90 受信信号処理回路、91 受話部、92 周波数シンセサイザ、93 制御回路、94 入力部、95 表示部、140 基体、141 IDT電極、142 IDT電極、143 吸音部、144 吸音部、145 高周波信号源、150 基体、151 IDT電極、152 IDT電極、153 IDT電極、154 高周波信号源、300 電子機器、310 電子回路、511 ノズル、521 インクキャピティ、522 側壁、523 リザーバ、524 供給口、531 連通孔、600 インクジェットプリンター、620 装置本体、621 トレイ、622 排出口、630 ヘッドユニット、631 インクカートリッジ、632 キャリッジ、640 印刷装置、641 キャリッジモータ、642 往復動機構、643 キャリッジガイド軸、644 タイミングベルト、650 給紙装置、651 給紙モータ、652 給紙ローラ、660 制御部、670

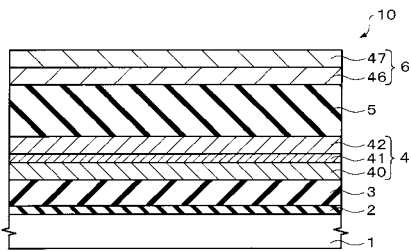
30

40

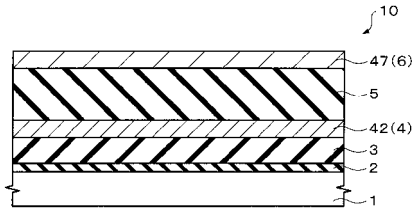
50

操作パネル、700 第1の薄膜圧電共振子、701 基板、702 ビアホール、703 弾性層、704 第1導電層、705 圧電体層、706 第2導電層、708 配線、709 電極、710 パッド、800 第2の薄膜圧電共振子、801 基板、802 エアギャップ、803 弾性層、804 第1導電層、805 圧電体層、806 第2導電層

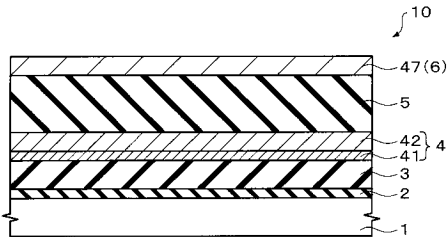
【図1】



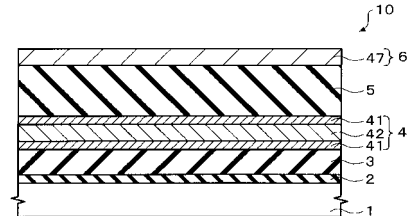
【図4】



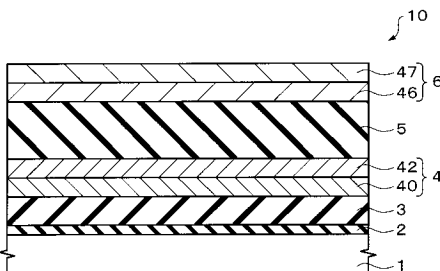
【図2】



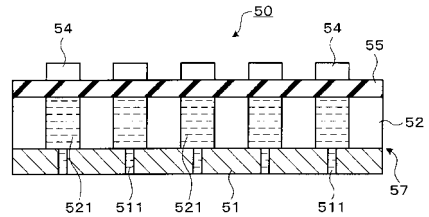
【図5】



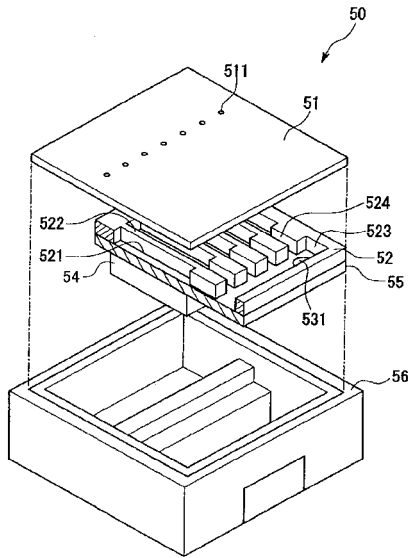
【図3】



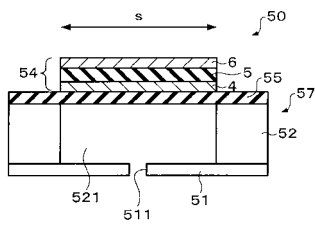
【図6】



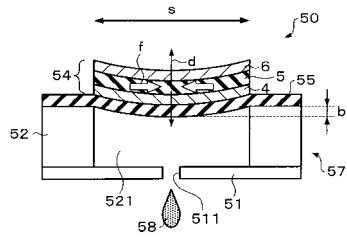
【 図 7 】



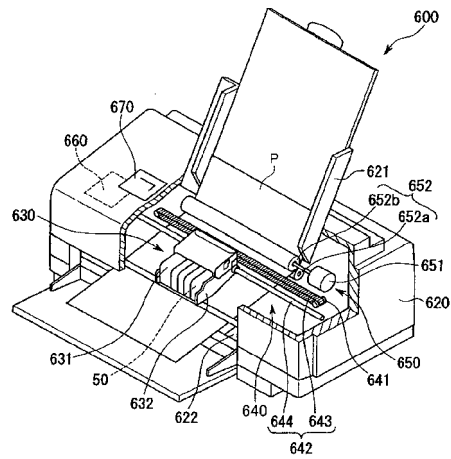
【 図 8 】



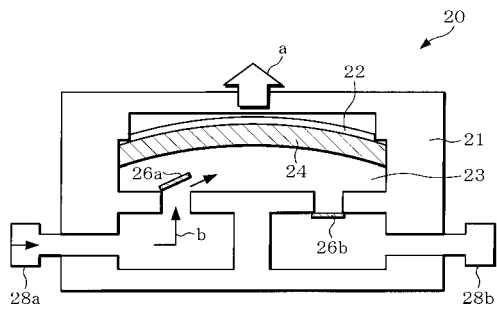
【 図 9 】



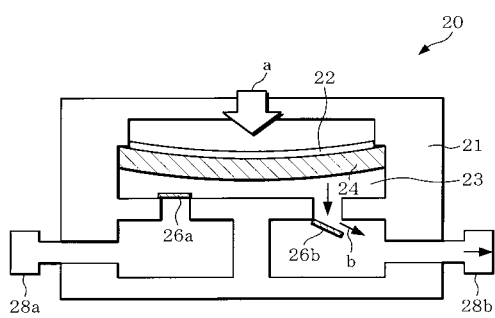
【 図 10 】



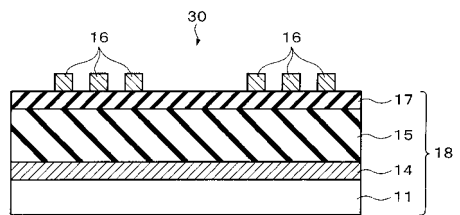
【 図 11 】



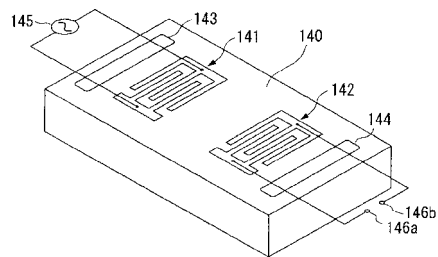
【 図 12 】



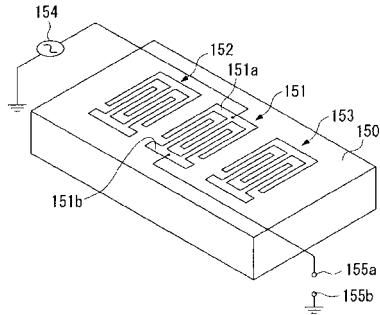
【 図 13 】



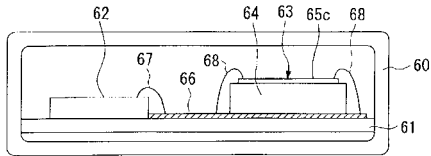
【 図 14 】



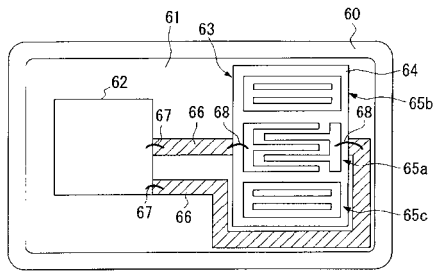
【図15】



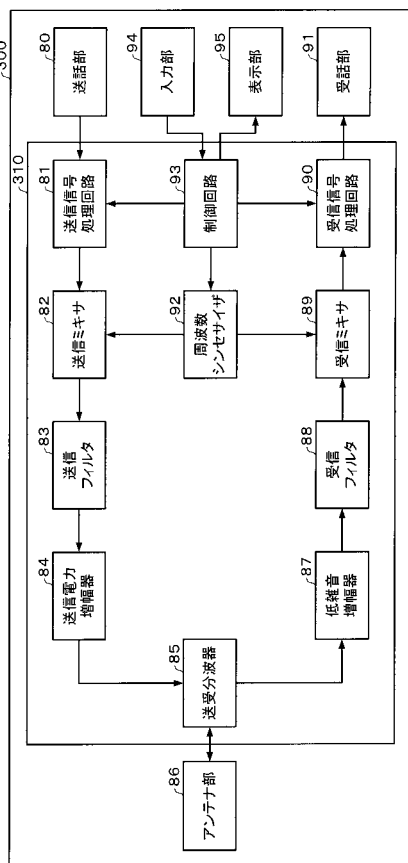
【図16】



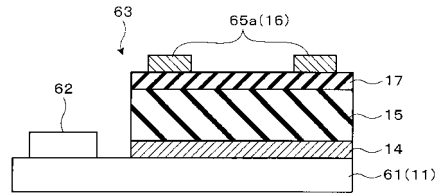
【図17】



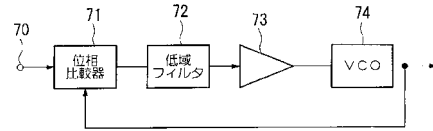
【図20】



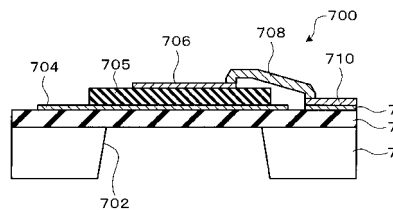
【図18】



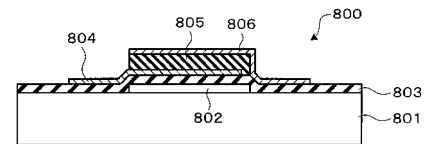
【図19】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>B 4 1 J</i>	<i>2/055</i>	<i>(2006.01)</i>	H 0 1 L	41/18	1 0 1 Z
<i>H 0 2 N</i>	<i>2/00</i>	<i>(2006.01)</i>	H 0 1 L	41/22	Z
<i>H 0 3 B</i>	<i>5/30</i>	<i>(2006.01)</i>	B 4 1 J	3/04	1 0 3 A
<i>H 0 3 B</i>	<i>5/32</i>	<i>(2006.01)</i>	H 0 2 N	2/00	B
<i>H 0 3 H</i>	<i>9/17</i>	<i>(2006.01)</i>	H 0 3 B	5/30	A
			H 0 3 B	5/32	Z
			H 0 3 H	9/17	F

(72)発明者 大橋 幸司
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 河合 俊英

(56)参考文献 特開2004-207692(JP,A)
 特開2004-066600(JP,A)
 特開2004-095635(JP,A)
 特開2003-179210(JP,A)
 特開2002-076294(JP,A)
 国際公開第03/098714(WO,A1)
 特開平10-214947(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 4 1 / 0 9
 B 4 1 J 2 / 0 4 5
 B 4 1 J 2 / 0 5 5
 H 0 1 L 4 1 / 1 8
 H 0 1 L 4 1 / 1 8 7
 H 0 1 L 4 1 / 2 2
 H 0 2 N 2 / 0 0
 H 0 3 B 5 / 3 0
 H 0 3 B 5 / 3 2
 H 0 3 H 9 / 1 7