

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4992995号
(P4992995)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int.Cl. F I

HO 4 R 17/00 (2006.01)

HO 1 L 41/09 (2006.01)

HO 1 L 41/08 (2006.01)

HO 1 L 41/187 (2006.01)

HO 1 L 41/193 (2006.01)

HO 4 R 17/00 3 3 O H

HO 1 L 41/08 C

HO 1 L 41/08 J

HO 1 L 41/08 H

HO 1 L 41/18 1 O 1 D

請求項の数 3 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2010-89387 (P2010-89387)	(73) 特許権者	303000420
(22) 出願日	平成22年4月8日 (2010.4.8)		コニカミノルタエムジー株式会社
(62) 分割の表示	特願2009-552964 (P2009-552964)		東京都日野市さくら町1番地
原出願日	平成21年8月21日 (2009.8.21)	(74) 代理人	100067828
(65) 公開番号	特開2010-233224 (P2010-233224A)		弁理士 小谷 悦司
(43) 公開日	平成22年10月14日 (2010.10.14)	(74) 代理人	100115381
審査請求日	平成22年4月8日 (2010.4.8)		弁理士 小谷 昌崇
(31) 優先権主張番号	特願2008-268344 (P2008-268344)	(74) 代理人	100111453
(32) 優先日	平成20年10月17日 (2008.10.17)		弁理士 櫻井 智
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	佐藤 一睦
前置審査			東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ ルタテクノロジーセンター株式会社内
		(72) 発明者	広瀬 悟
			東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ ルタテクノロジーセンター株式会社内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アレイ型超音波振動子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アレイ型超音波振動子であって、
バックング層と、
このバックング層の上に2次元に配列された複数の無機圧電素子と、
これら複数の無機圧電素子の上に設けられ、前記複数の無機圧電素子よりも音響インピーダンスが低いシリコン基板で構成された音響整合層と、
前記音響整合層のシリコン基板に形成された集積回路と、
前記音響整合層の上に2次元に配列された複数の有機圧電素子とを備え、
前記集積回路は、前記複数の無機圧電素子と個別に接続されるとともに前記複数の有機圧電素子と個別に接続され、前記複数の無機圧電素子を駆動する駆動回路を含むとともに前記複数の有機圧電素子で受信された信号を増幅するバッファ回路およびその増幅された信号をビーム形成するビームフォーミング回路の少なくとも1つを含み、
前記集積回路から外部に引き出される信号配線の数は、前記集積回路と前記複数の無機圧電素子とを接続する信号配線の数よりも小さく、そして、前記集積回路と前記複数の有機圧電素子とを接続する信号配線の数よりも小さいこと
を特徴とするアレイ型超音波振動子。

【請求項2】

前記シリコン基板は、複数積層され、少なくとも1層に前記集積回路が形成された多層基板であること

を特徴とする請求項 1 に記載のアレイ型超音波振動子。

【請求項 3】

前記シリコン基板は、前記複数の無機圧電素子が占める領域よりも幅広に形成され、前記シリコン基板の前記領域外には集積回路チップが搭載されていること

を特徴とする請求項 1 に記載のアレイ型超音波振動子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置等に用いられるアレイ型超音波振動子に関し、特に、圧電素子が 2 次元配列され、有機圧電素子と無機圧電素子との積層構造を有するものに好適に用いられるものに関する。

10

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、生体などの被検体の断層画像を無侵襲に得ることができ、広く使用されている。そして、近年では、圧電素子が 2 次元配列されたものや、ハーモニックイメージング (Harmonic Imaging) と称される技術を用いることで、高解像な画像を得るものが登場している。このハーモニックイメージングは、超音波探触子から被検体内へ送信された超音波の周波数 (基本波) 成分ではなく、超音波が被検体を伝播する際に該被検体の非線形性によって発生した歪み成分から抽出された高調波成分によって、該被検体の内部状態の画像を作成するものである。このため、このハーモニックイメージング用に適した圧電素子として、特許文献 1 には、大パワー送信が可能な無機 (セラミック) 圧電層 (チタン酸ジルコン酸鉛 (lead zirconium titanate; PZT)) 上に、前記高調波の高周波な信号を高感度に受信することができる有機圧電層 (ポリフッ化ビニリデン (PolyVinylidene DiFluoride; PVDF) の薄膜を積層したものが提案されている。このような有機無機の積層構造や、圧電素子の 2 次元配列では、各圧電素子への個別の信号線数が膨大になり、信号線の引回しには工夫を要する。

20

【0003】

図 1 4 には、従来技術による 2 次元に配列された圧電素子アレイにおける信号線の引回しの様子を示す。各圧電素子は、バッキング層 1 上に、個別電極 2 および圧電層 3 が積層された後、個別に切離され (素子分離され)、素子間には充填剤 4 が充填されて平坦になった上に、共通 (GND) 電極 5 および複数の音響整合層 6, 7 が積層される。そして、前記各個別電極 2 への個別の信号線 8 は、バッキング層 1 中を貫通して配置され、該バッキング層 1 の下側に配置される図示しない配線基板と接続される。

30

【0004】

このバッキング層 1 は、一般に、超音波送信後の圧電層 3 の振動を減衰させ、さらに後方に放射されてしまった送信超音波を吸収することで、反射などによる送信超音波の乱れを抑え、送信超音波のパルスを短くするためのものであり、所定の厚さを要する。したがって、圧電素子アレイのピッチが狭くなると、信号線 8 のための貫通孔のアスペクト比が大きくなり、加工が困難になる。また、2 次元アレイのように素子が微細化すると、各圧電素子からの出力インピーダンスは大きくなり、配線容量等で伝送損失が大きくなる。

40

【0005】

このような問題に対応するために、特許文献 2 では、バッキング層と圧電層との間に、超音波が透過できるように薄く形成した集積回路が介在され、線数の削減が図られ、さらに信号線がアレイ側部に引き出されている。

【0006】

一方、特許文献 3 には、音響整合層として、シリコンを用いることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2004-208918 号公報

50

【特許文献2】特表2007-513563号公報

【特許文献3】特開2003-125494号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、前記特許文献2に開示の技術では、別途に集積回路基板をバッキング層と圧電層との間に設けなければならない。

【0009】

また、前記特許文献3に開示の技術では、単に、音響整合層の材料としてシリコンが採用されているだけであり、圧電素子への信号配線には、バッキング層の側面が利用されている。このため、前記特許文献3に開示の技術を、圧電素子が例えば2次元配列されたものや有機圧電素子と無機圧電素子との積層構造を有するものに、適用することは、困難である。

10

【0010】

本発明は、上述の事情に鑑みて為された発明であり、その目的は、別途に部品を用いることなく、簡単に信号配線を形成することができるアレイ型超音波振動子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様にかかるアレイ型超音波振動子は、バッキング層と、このバッキング層の上に2次元に配列された複数の無機圧電素子と、これら複数の無機圧電素子の上に設けられ、前記複数の無機圧電素子よりも音響インピーダンスが低いシリコン基板で構成された音響整合層と、前記音響整合層のシリコン基板に形成された集積回路と、前記音響整合層の上に2次元に配列された複数の有機圧電素子とを備え、前記集積回路は、前記複数の無機圧電素子と個別に接続されるとともに前記複数の有機圧電素子と個別に接続され、前記複数の無機圧電素子を駆動する駆動回路を含むとともに前記複数の有機圧電素子で受信された信号を増幅するバッファ回路およびその増幅された信号をビーム形成するビームフォーミング回路の少なくとも1つを含み、前記集積回路から外部に引き出される信号配線の数は、前記集積回路と前記複数の無機圧電素子とを接続する信号配線の数よりも小さく、そして、前記集積回路と前記複数の有機圧電素子とを接続する信号配線の数よりも小さいことを特徴とする。

20

30

【0012】

また、他の一態様では、上述のアレイ型超音波振動子において、前記シリコン基板は、複数積層され、少なくとも1層に前記集積回路が形成された多層基板であることを特徴とする。

【0013】

また、他の一態様では、上述のアレイ型超音波振動子において、前記シリコン基板は、前記複数の無機圧電素子が占める領域よりも幅広に形成され、前記シリコン基板の前記領域外には集積回路チップが搭載されていることを特徴とする。

【発明の効果】

40

【0015】

本発明にかかるアレイ型超音波振動子は、有機無機の積層構造において、別途に部品を用いることなく、簡単に信号配線を形成することができ、集積回路から外部に引き出される信号配線の数をより低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の第1参考形態にかかるアレイ型超音波振動子の構造例を示す分解斜視図である。

【図2】図1に示すアレイ型超音波振動子の縦断面図である。

【図3】図1に示すアレイ型超音波振動子における音響整合層の底面図である。

50

【図４】本発明の第２参考形態にかかるアレイ型超音波振動子の構造例を示す分解斜視図である。

【図５】図４に示すアレイ型超音波振動子の縦断面図である。

【図６】本発明の第１の実施形態にかかるアレイ型超音波振動子の構造例を示す縦断面図である。

【図７】アレイ型超音波振動子を超音波探触子に用いる超音波診断装置の概略構成を示すブロック図である。

【図８】本発明の第２の実施形態にかかるアレイ型超音波振動子の構造例を示す縦断面図である。

【図９】本発明の第２の実施形態にかかる別のアレイ型超音波振動子の構造例を示す縦断面図である。

10

【図１０】本発明の第２の実施形態にかかるさらに別のアレイ型超音波振動子の構造例を示す縦断面図である。

【図１１】本発明の第３の実施形態に係るアレイ型超音波振動子の構造例を示す縦断面図である。

【図１２】本発明の第３の実施形態に係る別のアレイ型超音波振動子の構造例を示す縦断面図である。

【図１３】本発明の第３の実施形態に係るさらに別のアレイ型超音波振動子の構造例を示す縦断面図である。

【図１４】従来技術による２次元に配列された圧電素子アレイにおける信号線の引回しの様子を示す。

20

【図１５】参考例として、有機無機積層構造の圧電素子アレイに考えられる信号線の引き回しの様子を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

以下、本発明にかかる実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、適宜、その説明を省略する。

【００１８】

[第１参考形態]

図１は、本発明の第１参考形態にかかるアレイ型超音波振動子３１の構造例を示す分解斜視図であり、図２は、その縦断面図である。このアレイ型超音波振動子３１は、大略的に、バッキング層３２上に、セラミック（例えば、チタン酸ジルコン酸鉛：ＰＺＴ）を有して構成される複数の圧電素子３３を介して、２層の音響整合層３４、３５が略音軸方向に積層されている。複数の圧電素子３３は、図１に示す例では２次元配列されており、例えば、図示しない支持基板上に、前記セラミックの圧電層３３ｂを固定し、これを切断して素子分離した後素子間に充填剤３６を充填し、そして、その上に共通（ＧＮＤ）電極３３ａを形成してからバッキング層３２上に固定した後に前記支持基板を剥離し、さらに個別電極３３ｃを積層することによって、形成される。また、複数の圧電素子３３は、圧電素子３３側に共通（ＧＮＤ）電極３３ａを形成する代わりに、バッキング層３２上に共通（ＧＮＤ）電極３３ａを形成し、導電性接着剤で圧電層３３ｂ上に接着されるように製造してもよい。

30

40

【００１９】

本第１参考形態では、圧電素子３３側の音響整合層３４は、圧電素子３３よりも音響インピーダンスが低いシリコン基板を備えて形成されており、その圧電素子３３側の表面に、例えば図３で示す各圧電素子３３のための個別信号配線３４ａが形成されている。図３は、音響整合層３４の底面図である。個別信号配線３４ａは、図２に示すように音響整合層３４の左右に引出され、それぞれフレキシブルプリント基板３７に形成された、対応する個別信号配線と接続される。音響整合層３４は、個別電極３３ｃに対応したパンプ３４ｂを有し、個別信号配線３４ａにおいて、パンプ３４ｂ以外の部分は、絶縁被覆で覆われている。なお、音響整合層３４は、フレキシブルプリント基板３７が接続された後に、圧

50

電素子 3 3 に貼り合わせられるようにされてもよい。

【0020】

音響整合層 3 4 上には、音響整合層 3 4 よりも音響インピーダンスが低く、且つ、被検体である人体よりも音響インピーダンスが高いもう 1 層の音響整合層 3 5 が積層されている。このアレイ型超音波振動子 3 1 は、例えば、後述するような集積回路からの多数のケーブルと接続され、放熱の施された筐体に收容されることによって、超音波診断装置の超音波探触子が作成される。なお、音響整合層 3 4 が 1 層だけで人体とのインピーダンス整合を行うことができる場合には、もう 1 層の音響整合層 3 5 は、設けられなくてもよい。

【0021】

本第 1 参考形態のアレイ型超音波振動子 3 1 において、通常、シリコンの音響インピーダンスは、略 20 Mrayl である。これに対して、PZT は、略 35 Mrayl 、人体は、略 1.6 Mrayl である。このため、シリコンを備えて構成された音響整合層 3 4 は、圧電素子 3 3 と人体との間の音響インピーダンスを整合することができる。そして、送信超音波の周波数を、たとえば 4 MHz とすると、シリコン中での超音波の波長は、大凡 2 mm となるので、前記音響整合層 3 4 の厚みは、 $1/4$ 波長に対応する 0.5 mm に形成すればよい。同様に、もう 1 層の音響整合層 3 5 も、音響整合層 3 4 と人体との間の音響インピーダンスを有し、またその中の超音波の波長の、 $1/4$ 波長に対応する厚みに形成されればよい。

【0022】

各圧電素子 3 3 は、たとえば $200 \mu\text{m}$ ピッチで設けられ、 64×64 素子が 2 次元配列されている。この場合、個別信号配線 3 4 a の L/S (線幅/間隔) は、 $3 \mu\text{m}/3 \mu\text{m}$ 程度であり、シリコン基板に信号配線を形成した、いわゆるシリコンインターポーザーの限界 $1 \mu\text{m}/1 \mu\text{m}$ に比べて余裕があり、個別信号配線 3 4 a を一方の表面に形成することができる。

【0023】

このように、音響整合層 3 4 として圧電素子 3 3 に接着される板状体を用い、該板状体に各圧電素子 3 3 のための個別信号配線 3 4 a を形成することによって、個別信号配線 3 4 a をバッキング層 3 2 に形成したり、別途に部品を用いることなく、簡単に該個別信号配線 3 4 a を形成することができる。これによって、低コスト化や、高精細化 (素子数の増加) に対応することができる。

【0024】

また、音響整合層 3 4 の板体としてシリコン基板が用いられている。このため、個別信号配線 3 4 a の形成が容易であり、また個別信号線 3 4 a を微細な配線とすることが可能で、高精細化 (素子数の増加) に好適である。

【0025】

音響整合層 3 4 として圧電素子 3 3 に接着される板状体は、シリコン基板に限らず、ガラス基板に蒸着や転写によって個別信号配線 3 4 a を形成したものや、音響インピーダンスに合わせて厚みが適切に調整されたフレキシブルプリント基板などを用いることができる。たとえば、ガラスの場合で、音響インピーダンスは、略 12 Mrayl である。ここで、各圧電素子 3 3 が、たとえば $500 \mu\text{m}$ ピッチで、 32×32 素子の場合でも、個別信号配線 3 4 a の L/S (線幅/間隔) は、 $15 \mu\text{m}/15 \mu\text{m}$ 程度となり、フレキシブルプリント基板の限界に近く、それ以上に素子数が増加したり、ピッチが狭くなったりすると、多層基板にしなければならず、シリコン基板を用いることが、高精細化 (素子数の増加) に好適である。一方、圧電層 3 3 b には、音響インピーダンスが略 30 Mrayl の BaTiO_3 (チタン酸バリウム) なども用いることができる。

【0026】

ここで、有機圧電素子と無機圧電素子とを積層したアレイ型超音波振動子における信号線の引き回しの参考例について説明する。図 15 は、この参考例のアレイ型超音波振動子を示す図である。図 15 において、バッキング層 1 1 上に、個別電極 1 2 および無機圧電層 1 3 が積層された後に個別に切離され (素子分離され)、素子間には充填剤 1 4 が充填

10

20

30

40

50

されて平坦になった上に、共通（GND）電極 15 が積層されて無機圧電素子が形成される。この無機圧電素子上に音響整合層 16 が積層された後に、さらに個別電極 17 がパターン形成され、有機圧電層 18 および共通（GND）電極 19 が積層されて有機圧電素子が形成される。そして、無機圧電層 13 の各個別電極 12 への個別の信号線 20 は、バッキング層 11 中を貫通して配置される一方、有機圧電層 18 の各個別電極 17 への個別の信号線 21 は、充填剤 14 からバッキング層 11 中を貫通して配置される。

【0027】

したがって、この参考例の構造では、信号線の引き回しのために、図 14 を用いて説明したようなバッキング層 11 の貫通だけでなく、音響整合層 16 から充填剤 14 中を貫通することも必要となる。このため、有機圧電素子と無機圧電素子とを積層したアレイ型超音波振動子では、信号線の配線がより困難である。

10

【0028】

以下に説明する本発明の第 2 参考形態および本発明の実施形態は、この参考例のような有機圧電素子と無機圧電素子とを積層したアレイ型超音波振動子における信号配線の課題を解決できるものである。

【0029】

[第 2 参考形態]

図 4 は、本発明の第 2 参考形態にかかるアレイ型超音波振動子 41 の構造例を示す分解斜視図であり、図 5 は、その縦断面図である。この実施形態では、アレイ型超音波振動子 41 は、バッキング層 42 上に、大パワーの送信が可能なセラミック（例えば PZT）を有して構成される複数の無機圧電素子 43 と、高周波の信号を高感度に受信可能な薄膜の有機材料（例えばポリフッ化ビニリデン：PVDF）の圧電素子 44 とが積層されている。そして、有機圧電素子 44 で受信された高調波成分によって、ハーモニクイメーシングが行われる。

20

【0030】

無機圧電素子 43 では、バッキング層 42 上に、該バッキング層 42 内を貫通した個別信号配線 47 にそれぞれ接続される個別電極 43a およびセラミックから成る無機圧電層 43b が積層された後に個別に切離され（素子分離され）、素子間には充填剤 45 が充填されて平坦になった上に共通（GND）電極 43c が積層される。その上には、音響整合層 46 が積層されている。この音響整合層 46 は、無機圧電層 43b よりも音響インピーダンスが低く、有機圧電層 44b よりも音響インピーダンスが高いシリコン基板を有して構成され、その無機圧電層 43b とは反対側の表面に、各有機圧電素子 44 のための個別信号配線 46a が形成されている。なお、個別信号配線 46a は、この図 4 に示す例では、図 3 に示す個別信号配線 34a と同様のものである。

30

【0031】

音響整合層 46 上には、有機圧電素子 44 が設けられる。各有機圧電素子 44 は、これら各素子 44 のために形成された個別電極 44a と、その上の PVDF を有して構成される有機圧電層 44b と、共通（GND）電極 44c とが略音軸方向に積層されている。この有機圧電素子 44 は、シート状の有機圧電層 44b の表裏両面に、電極 44a、44c を形成して構成されてもよい。その後、音響整合層 46 に、フレキシブルプリント基板 48 が、それぞれの個別信号配線が一致するように接続される。

40

【0032】

このようにして各圧電素子が、大パワー送信が可能な無機圧電層 43b 上に、高調波帯域の高周波の信号を高感度に受信可能な有機圧電層 44b が積層されて構成される場合に、困難になる個別信号配線 47、46a の引回しの問題を解消することができる。なお、本実施形態では、バッキング層 42 を貫通して無機圧電層 43b の個別信号配線 47 を形成すると共に、圧電層 43b、44b 間の音響整合層 46 上には有機圧電層 44b のための個別信号配線 46a を形成したけれども、被検体側の音響整合層に有機圧電層 44b の個別信号配線を形成可能な場合には、圧電層 43b、44b 間の音響整合層 46 に、無機圧電層 43b の個別信号配線を形成するように、アレイ型超音波振動子 41 が構成されて

50

もよい。また、有機圧電層 44b は、P V D Fに限らず、ポリフッ化ビニリデン 3 フッ化エチレン共重合体 (P (V D F - T r F E) やポリウレアなども、音響インピーダンスが 3 ~ 5 M r a y l 程度で、使用することができる。

【0033】

本第 2 参考形態の構成では、無機圧電層と有機圧電層とが積層されて構成されている場合に、音響インピーダンスがそれらの間となる音響整合層が両圧電層間に設けられ、その音響整合層に有機圧電素子のための個別信号配線が形成される。このように構成することにより、積層型超音波振動子において、個別信号配線の引回しをより簡単に行うことができ、低コスト化を実現することができる。

【0034】

[実施の形態 1]

図 6 は、本発明の第 1 の実施形態にかかるアレイ型超音波振動子 51 の構造例を示す縦断面図である。このアレイ型超音波振動子 51 は、前述のアレイ型超音波振動子 31, 41 に類似し、対応する部分には同一の参照符号を付して示し、その説明を省略する。本実施形態のアレイ型超音波振動子 51 では、音響整合層 52 がシリコンの両面基板によって構成されており、その表裏各面に、有機圧電層 44b の個別信号配線 46a および無機圧電層 33b の個別信号配線 34a がそれぞれ形成されるとともに、集積回路のパターンが形成されている。このため、バッキング層 32 には、個別信号配線 47 が設けられておらず、また有機圧電層 44b の被検体側にも個別信号配線が設けられていない。

【0035】

この音響整合層 52 の厚みは、無機圧電素子 33 での送信波長の 1 / 4 に形成される。なお、図 6 では、音響整合層 52 を両面基板としているが、個別信号配線 46a, 34a を片面にしか形成することができない場合は、2 枚の貼り合せ基板が用いられてもよい。その際は、接着剤層の厚みは、送信超音波の波長に比べて充分薄く、音響整合に影響を与えないものとする。また、2 枚を貼り合せて、前記接着剤層を含めての厚さが、送信波長の 1 / 4 に形成される。

【0036】

また、音響整合層 52 に形成される集積回路は、各無機圧電素子 33 を駆動する駆動回路、もしくは各有機圧電素子 44 で受信された信号を増幅するバッファ回路またはその増幅された信号をビーム形成するビームフォーミング回路の少なくとも 1 つとされる。図 7 は、上述のようなアレイ型超音波振動子 51 を超音波探触子 61 に用いる超音波診断装置 71 の概略構成を示すブロック図である。前記超音波探触子 61 は、ケーブル 72 で超音波診断装置本体 73 に接続される。なお、後述するように、超音波診断装置本体 73 に設けられた機能ブロックの一部は、アレイ型超音波振動子 51 に内蔵される場合がある。

【0037】

超音波診断装置本体 73 は、送受信制御部 74 による制御に基づいて、駆動回路 75 から送信パルスが発生し、無機圧電素子 33 に与える。送信ビームフォーマーとなる駆動回路 75 は、送受信制御部 74 からの送信信号に応答して、駆動信号発生回路 75a が、各列の遅延時間の調整されたパルスを順次発生する。そのパルスが駆動素子 75b で増幅されて各圧電素子 33 に与えられることによって、被検体に対して、所望の深さや所望の走査位置に対応したフォーカルポイントに向けた送信ビームが生成される。

【0038】

一方、被検体から来た超音波 (反射波および高調波) は、各有機圧電素子 44 で受信され、超音波に応じた信号がバッファ回路 76 でインピーダンス変換され、また必要に応じて増幅される。その後、受信ビームフォーマーとなるビームフォーミング回路 77 に順次に入力され、各列の遅延回路 77a で遅延時間が調整されて加算回路 77b で整相加算され、送信ビームに対応した受信ビームが生成される。その受信ビームは、デジタルシグナルプロセッサなどで実現される信号処理回路 78 に入力されて被検体の断層画像が作成され、表示部 79 によって画像表示される。

【0039】

この超音波診断装置 7 1 において、駆動回路 7 5、もしくはバッファ回路 7 6 またはビームフォーミング回路 7 7 の少なくとも 1 つを、個別信号配線 3 4 a、4 6 a とともに、シリコン基板を備えて構成される音響整合層 5 2 に形成される集積回路に実装することによって、該シリコン基板からおよび該シリコン基板への信号配線の数的大幅に削減することができる。

【0040】

特に、バッファ回路 7 6 およびビームフォーミング回路 7 7 を音響整合層 5 2 のシリコン基板の集積回路に実装すれば、圧電素子数がたとえば $32 \times 32 = 1024$ としても、信号配線を 1 本 (GND を含めると 2 本) とすることができ、非常に効果が大きい。また、受信の圧電素子 4 4 が有機系の場合、誘電率が小さいので、出力インピーダンスが非常に大きくなり、配線容量による伝送損失が非常に大きい。一般に伝送損失を低減するには、シールドドライブという手法が効果的であるが、個々の信号線にシールドが必要になるので、配線の構造が複雑になり、実際、線数は 2 倍以上となる。そこで、音響整合層 5 2 の集積回路としてバッファ回路 7 6 を形成すると、個々の圧電素子 4 4 の近傍に受信用のバッファ回路があるので、複雑なシールド構造は不要で、配線容量による伝送損失を低減でき、線数は素子数と同じでよくなり、効果的である。

【0041】

なお、圧電素子数が多くなると、標的 (フォーカルポイント) に近い素子と遠い素子とで遅延時間に大きな差が生じるので、近傍の複数の素子をサブアレイとして纏め、そのサブアレイ毎に遅延時間を調整してサブアレイビームフォーミングを行い、後段で各サブアレイ間の遅延時間を調整してメインのビームフォーミングを行うように、ビームフォーミング回路 7 7 が構成されてもよい。この場合、遅延回路 7 7 a での遅延時間の調整は、サブアレイ内での調整となり、該遅延回路 7 7 a の回路規模を小さくすることができる。しかしながら、信号配線はサブアレイ数倍となり、16 個でサブアレイを構成した場合、 $1024 / 16 = 64$ 本となる。

【0042】

本実施形態では、音響整合層 5 2 を構成する板状体がシリコン基板から成ることを利用して、シリコン基板上に、個別信号線とともに、集積回路のパターンが形成される。したがって、シリコン基板からおよびシリコン基板への信号配線の数的大幅に削減することができる。

【0043】

[実施の形態 2]

図 8 ~ 図 10 は、本発明の第 2 の実施形態にかかるアレイ型超音波振動子 8 1、9 1、101 の構造例を示す縦断面図である。先ず、図 8 で示すアレイ型超音波振動子 8 1 は、前述のアレイ型超音波振動子 3 1 に類似し、対応する部分には同一の参照符号を付して示し、その説明を省略する。この図 8 に示すアレイ型超音波振動子 8 1 では、シリコンの単層基板である音響整合層 3 4 に代えて、送信超音波の $1/4$ 波長の厚さ内で複数積層され、少なくとも 1 層 (図 8 では各層 8 2 ~ 8 4) に集積回路のパターンが形成されたシリコンの多層基板である音響整合層 8 2 ~ 8 4 が設けられている。

【0044】

このように構成することで、集積度の影響で集積できない場合や、プロセスが異なる場合などで単一の基板に集積できない場合に、集積回路を分割して実装することができる。たとえば、最も上層の音響整合層 8 2 に送受信の切換え回路に前述のバッファ回路 7 6 が実装され、次の層の音響整合層 8 3 に前述のビームフォーミング回路 7 7 が実装され、最下層の音響整合層 8 4 に前述の駆動回路 7 5 が実装される。各音響整合層 8 2 ~ 8 4 間は、貫通電極によって接続されており、最も大きな音響整合層 8 2 にフレキシブルプリント基板 3 7 が接続され、各音響整合層 8 3、8 4 の集積回路は、音響整合層 8 2 を介して外部と接続される。こうして、アレイ型超音波振動子に、それに関連する多くの回路を内蔵することができる。

【0045】

同様に、図9に示すアレイ型超音波振動子91は、前述のアレイ型超音波振動子41に類似し、対応する部分には同一の参照符号を付して示し、その説明を省略する。図9に示すアレイ型超音波振動子91では、シリコンの単層基板である音響整合層46に代えて、送信超音波の $1/4$ 波長の厚さ内で複数積層され、各層に集積回路のパターンが形成されたシリコンの多層基板である音響整合層92, 93が設けられている。たとえば、上層側の音響整合層93にはバッファ回路76が実装され、下層側の音響整合層92にはビームフォーミング回路77が実装される。

【0046】

また、図10で示すアレイ型超音波振動子101は、前述のアレイ型超音波振動子51に類似し、対応する部分には同一の参照符号を付して示し、その説明を省略する。図10に示すアレイ型超音波振動子101では、音響整合層52に代えて、送信超音波の $1/4$ 波長の厚さ内で複数積層され、各層に集積回路がパターン形成されたシリコンの多層基板である音響整合層102~105が設けられている。表裏両面の音響整合層52の代わりには、貼り合わせの音響整合層102, 103となり、それに多層化の音響整合層104, 105がそれぞれ積層されている。そして、送信用の無機圧電素子33側の音響整合層102, 104には送信に関する回路が、受信用の有機圧電素子44側の音響整合層103, 105には受信に関する回路がそれぞれ実装される。

【0047】

本実施形態の構成によれば、シリコン基板は、送受信に影響を与えない送信超音波の $1/4$ 波長の厚さで複数積層される多層基板とされ、少なくとも1層に、駆動回路、バッファ回路およびビームフォーミング回路などの機能別に集積回路がパターン形成される。したがって、アレイ型の圧電素子に、それに関連する多くの回路を内蔵することができる。

【0048】

[実施の形態3]

図11~図13は、本発明の第3の実施形態に係るアレイ型超音波振動子111, 121, 131の構造例を示す縦断面図である。先ず、図11で示すアレイ型超音波振動子111は、前述のアレイ型超音波振動子31に類似し、対応する部分には同一の参照符号を付して示し、その説明を省略する。図11に示すアレイ型超音波振動子111では、音響整合層34に代えて、同じシリコン基板によって構成されており、アレイ型の圧電素子33よりも幅広に形成される音響整合層112が用いられ、そのはみ出した部分に、集積回路チップ115が搭載されている。すなわち、シリコン基板には、個別信号配線112aが形成されるだけで、集積回路はチップ115で別付けとなっている。したがって、シリコン基板からおおよそ該シリコン基板への信号配線の数的大幅に削減することができる。また、駆動回路75、バッファ回路76およびビームフォーミング回路77の総てを備える大規模な回路をシリコン基板上に実装することができる。また、それぞれのチップ115を最適なプロセスで作成したり、仕向け地に応じて載せ替えるなどの細かな変更に対応することができる。

【0049】

同様に、図12に示すアレイ型超音波振動子121は、前述のアレイ型超音波振動子41に類似している。このアレイ型超音波振動子121では、音響整合層46に代えて、大きい幅の音響整合層122が用いられ、はみ出した部分に、集積回路チップ115が搭載される。また、図13に示すアレイ型超音波振動子131は、アレイ型超音波振動子51に類似している。このアレイ型超音波振動子131では、音響整合層52に代えて、大きい幅の音響整合層132が用いられ、はみ出した部分に、集積回路チップ115が搭載される。

【0050】

本実施形態のアレイ型超音波振動子では、シリコン基板は、アレイ型の圧電素子が占める領域よりも幅広に形成され、シリコン基板のその領域外に集積回路チップが搭載されている。

【0051】

この構成によれば、音響整合層を構成する板状体がシリコン基板から成ることを利用して、シリコン基板がアレイ型の圧電素子よりも幅広に形成され、シリコン基板上に個別信号配線が形成されるとともに、圧電素子からはみ出した部分に、集積回路チップが搭載される。したがって、シリコン基板からおよびシリコン基板への信号配線の数的大幅に削減することができるとともに、駆動回路、バッファ回路およびビームフォーミング回路の総てを備える大規模な回路をシリコン基板上に実装することができる。

【0052】

本明細書は、上記のように様々な態様の技術を開示しているが、そのうち主な技術を以下に纏める。

【0053】

10

第1態様では、アレイ型超音波振動子は、バッキング層と、このバッキング層の上に配列された複数の圧電素子と、これら複数の圧電素子の上に設けられ、前記複数の圧電素子よりも音響インピーダンスが低い材料の板状体で構成された音響整合層と、前記音響整合層の板状体に形成された信号配線とを備える。そして、好ましくは、前記複数の圧電素子は、2次元に配列されている。また、好ましくは、前記信号配線は、前記複数の圧電素子に個別に接続されているものである。

【0054】

このような構成のアレイ型超音波振動子では、信号配線をバッキング層に形成したり、別途に部品を用いることなく、簡単に信号配線を形成することができる。これによって、低コスト化や、高精細化（素子数の増加）に対応することができる。

20

【0055】

また、第2態様では、上述のアレイ型超音波振動子において、前記複数の圧電素子は、それぞれ無機圧電素子であり、前記音響整合層の上に配列された複数の有機圧電素子を備え、前記信号配線は、前記複数の有機圧電素子に個別に接続されているものである。

【0056】

この構成によれば、個別信号配線の引回しが困難な積層構造の圧電素子に好適である。

【0057】

また、第3態様では、これら上述のアレイ型超音波振動子において、前記板状体は、シリコン基板である。

【0058】

30

この構成によれば、個別信号配線の形成が容易であり、また個別信号配線を微細な配線にすることができ、前記高精細化（素子数の増加）に好適である。

【0059】

また、第4態様では、上述のアレイ型超音波振動子において、前記シリコン基板には、集積回路が形成されている。

【0060】

この構成によれば、シリコン基板からおよび該シリコン基板への信号配線の数的大幅に削減することができる。

【0061】

また、第5態様では、上述のアレイ型超音波振動子において、前記集積回路は、前記各圧電素子を駆動する駆動回路、もしくは前記各圧電素子で受信された信号を増幅するバッファ回路またはその増幅された信号をビーム形成するビームフォーミング回路の少なくとも1つである。

40

【0062】

この構成によれば、この集積回路を搭載しておくことによって、シリコン基板への信号配線を大幅に削減することができる。

【0063】

また、第6態様では、これら上述のアレイ型超音波振動子において、前記シリコン基板は、複数積層され、少なくとも1層に前記集積回路が形成された多層基板である。そして、好ましくは、送受信に影響を与えないように、前記シリコン基板は、送信超音波の1／

50

4 波長の厚さで複数積層される。

【0064】

この構成によれば、アレイ型の圧電素子に、それに関連する多くの回路を内蔵することができる。

【0065】

また、第7態様では、これら上述のアレイ型超音波振動子において、前記シリコン基板は、前記複数の圧電素子が占める領域よりも幅広に形成され、前記シリコン基板の前記領域外には集積回路チップが搭載されている。

【0066】

この構成によれば、シリコン基板からおよび該シリコン基板への信号配線の数的大幅に削減することができるとともに、駆動回路、バッファ回路およびビームフォーミング回路の総てを備える大規模な回路をシリコン基板上に実装することができる。

10

【0067】

本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且つ十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および／または改良することは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

【符号の説明】

20

【0068】

3 2 バックリング層

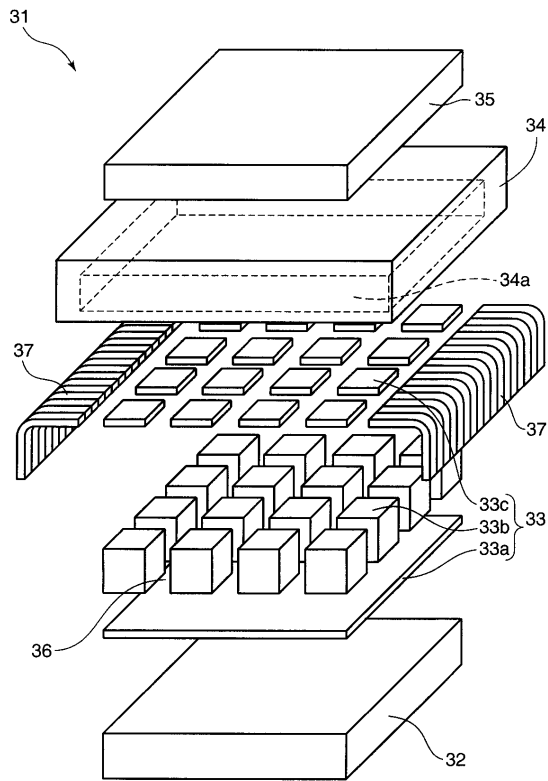
3 3 無機圧電素子

4 4 有機圧電素子

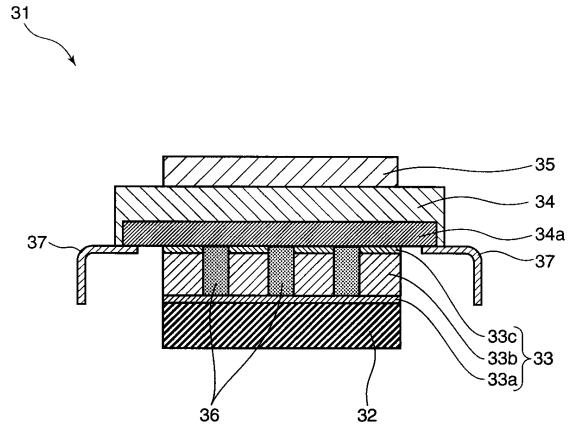
5 1 アレイ型超音波振動子

5 2 音響整合層

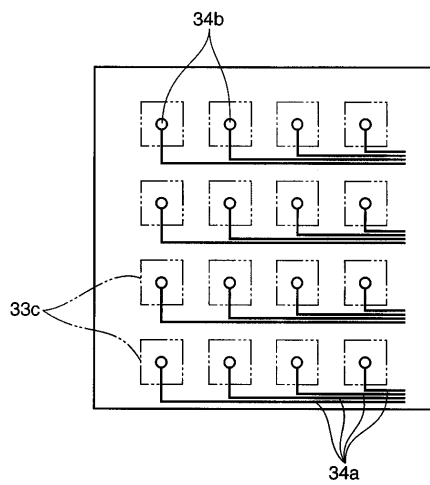
【図 1】



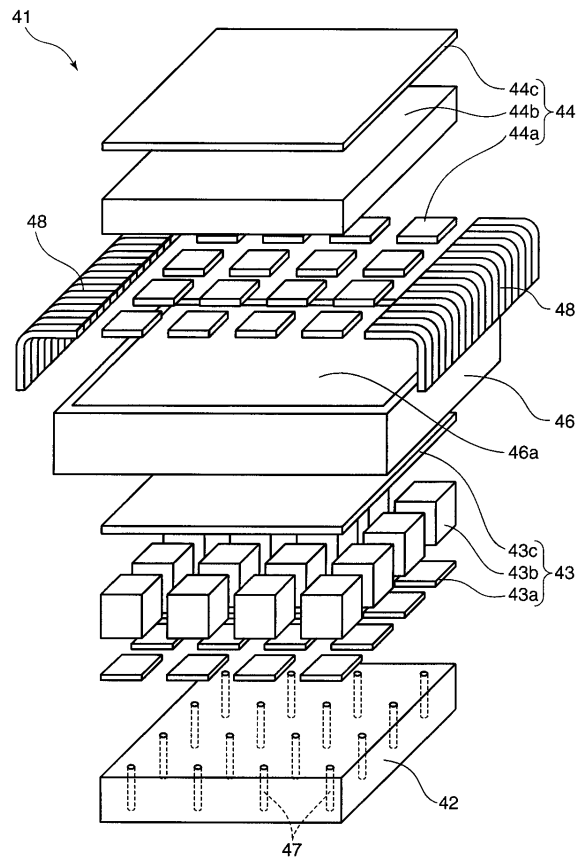
【図 2】



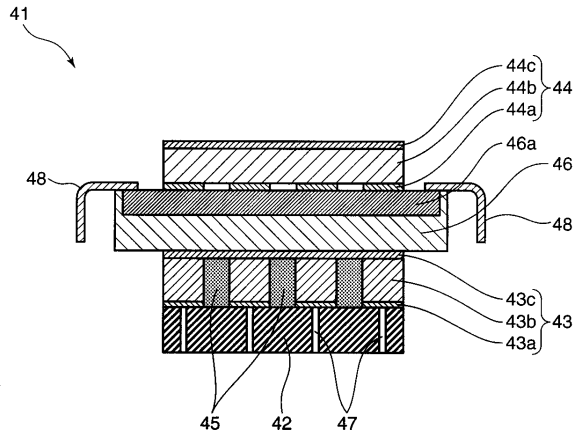
【図 3】



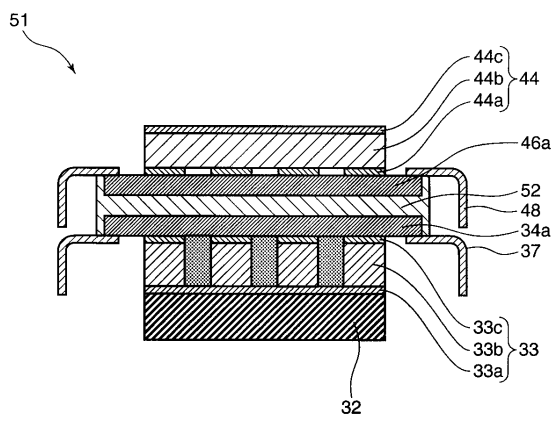
【図 4】



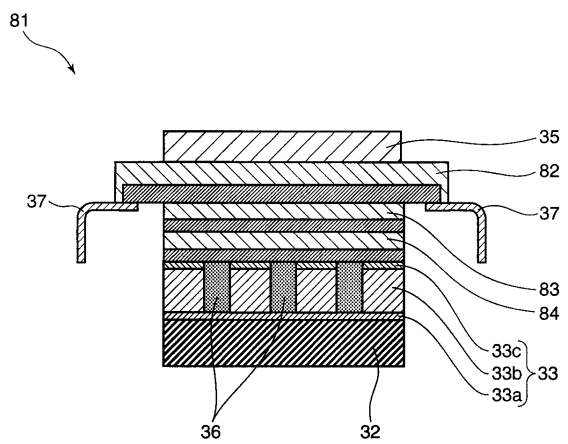
【図 5】



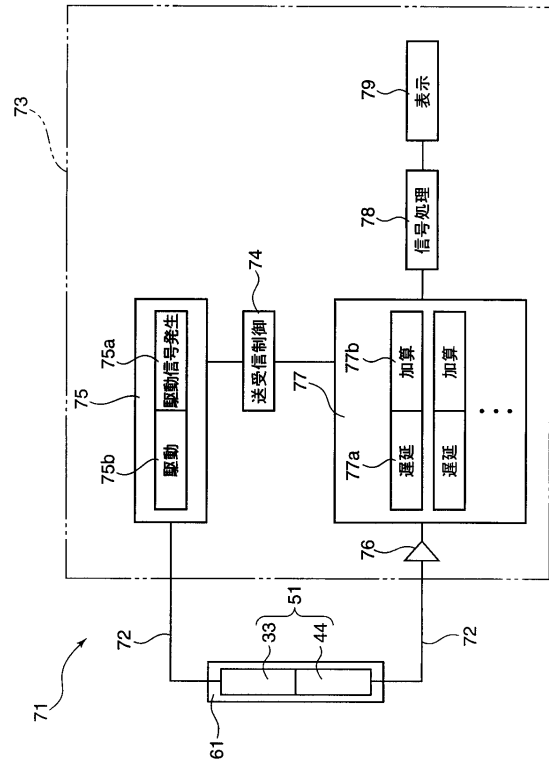
【図 6】



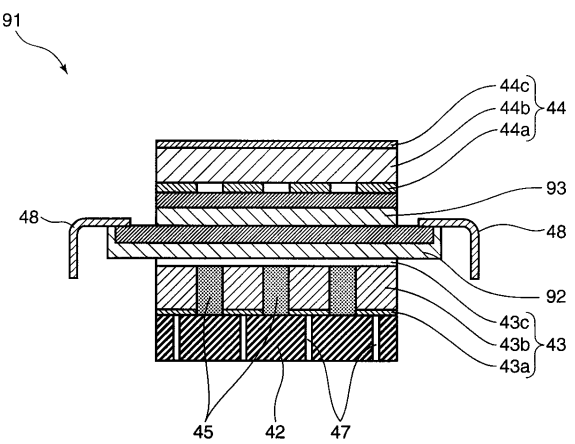
【図 8】



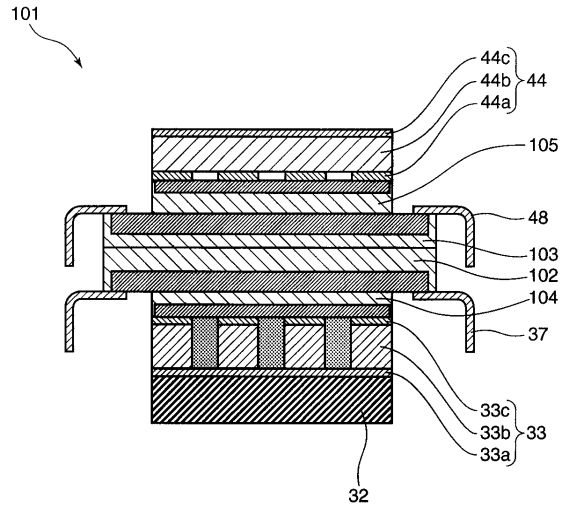
【図 7】



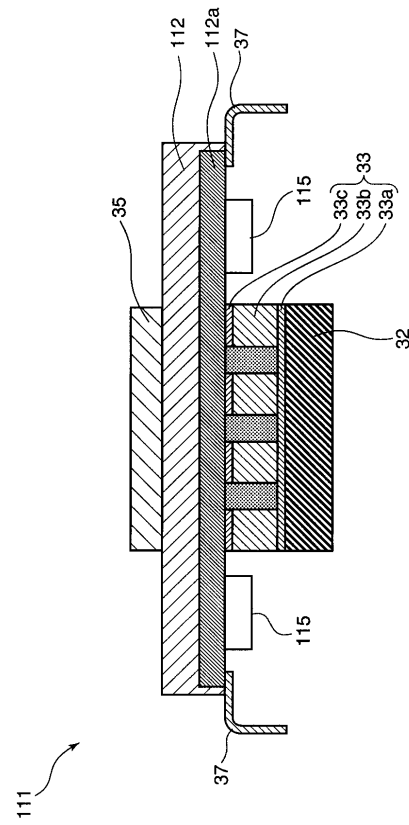
【図 9】



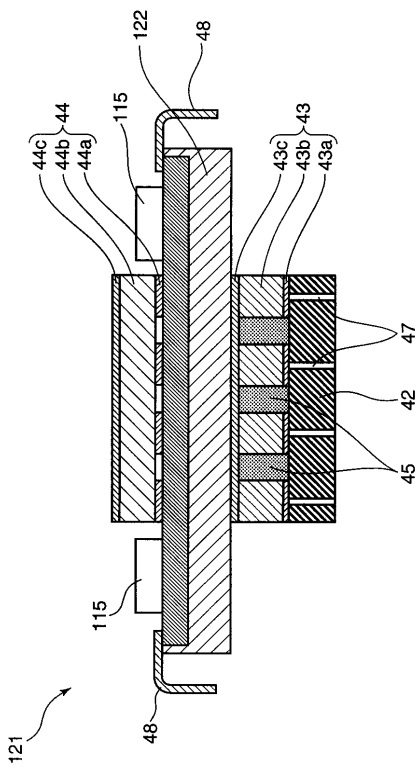
【図 10】



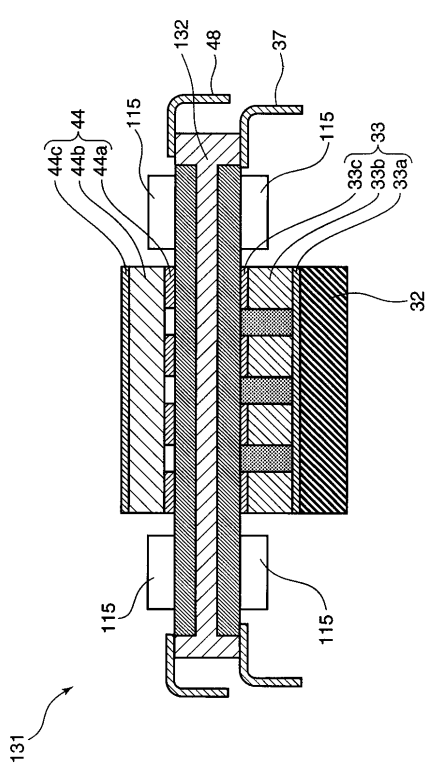
【図 11】



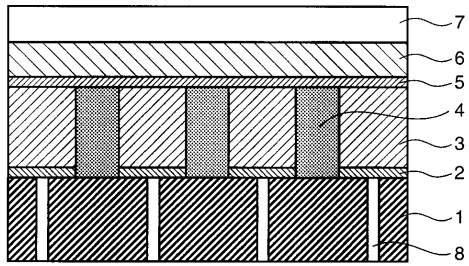
【図 12】



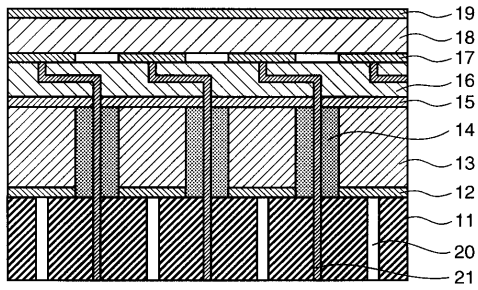
【図 13】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
G 0 1 S	7/521	(2006.01)
G 0 1 S	7/523	(2006.01)
H 0 4 R	3/00	(2006.01)
A 6 1 B	8/00	(2006.01)
		H 0 1 L 41/08 L
		H 0 1 L 41/18 1 0 1 B
		H 0 1 L 41/18 1 0 2
		H 0 1 L 41/08 Z
		H 0 1 L 41/08 K
		G 0 1 S 7/52 A
		G 0 1 S 7/52 D
		H 0 4 R 17/00 3 3 0 J
		H 0 4 R 17/00 3 3 2 B
		H 0 4 R 3/00 3 3 0
		A 6 1 B 8/00

(72)発明者 浅野 雅己
東京都日野市さくら町1番地 コニカミノルタテクノロジーセンター株式会社内

審査官 五閑 統一郎

(56)参考文献 特開平11-155863 (JP, A)
特表2007-513563 (JP, A)
特開平03-274899 (JP, A)
特開2006-166985 (JP, A)
特開2008-244859 (JP, A)
特開2004-208918 (JP, A)
特開平4-218765 (JP, A)
特表2004-518319 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A 6 1 B 8/00
G 0 1 S 7/00
H 0 1 L 41/00
H 0 4 R 3/00
H 0 4 R 17/00