

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010 年 3 月 25 日(25.03.2010)

PCT

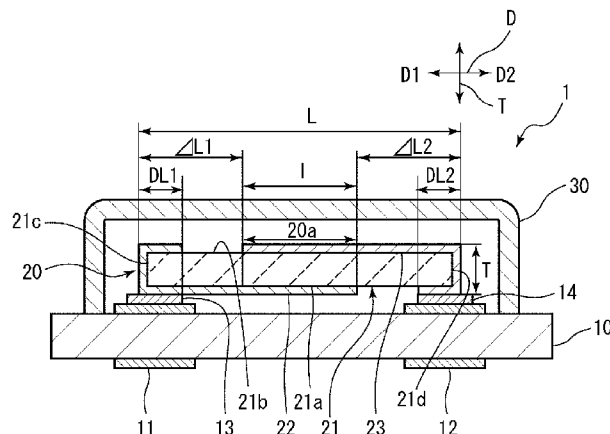
(10) 国際公開番号
WO 2010/032346 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/10 (2006.01) *H03H 3/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/002013
- (22) 国際出願日: 2009 年 5 月 8 日(08.05.2009)
- (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 2008-236155 2008 年 9 月 16 日(16.09.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 坂口仁志 (SAKAGUCHI, Hitoshi) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 宮▲崎▼主税(MIYAZAKI, Chikara); 〒5400012 大阪府大阪市中央区谷町 1 丁目 5 番 4 号 大同生命ビル 6 階 Osaka (JP).
- (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, 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 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PIEZOELECTRIC VIBRATOR

(54) 発明の名称: 圧電振動装置

[図2]



(57) Abstract: Provided is a piezoelectric vibrator using a piezoelectric substrate in which a bismuth layered compound sets the main crystal phase, wherein satisfactory oscillation characteristics are realized. A piezoelectric vibrator (1) is comprised of a piezoelectric substrate (21) in which a grain-oriented bismuth layered compound sets the main crystal phase, a piezoelectric vibration element (20) having first and second electrodes (22, 23) formed on first and second main surfaces (21a, 21b) to face in the thickness direction with the piezoelectric substrate (21) therebetween, a substrate (10), and bonding members (13, 14) for bonding the substrate (10) and the piezoelectric vibration element (20). The piezoelectric vibration element (20) has an excitation member (20a) constructed by having the first and second electrodes (22, 23) and the piezoelectric substrate (21) partially overlap in the thickness direction of the piezoelectric substrate. The bonding members (13, 14) are bonded to the parts having the reverse vibration displacement direction to the vibration displacement direction of the excitation member (20a).

(57) 要約:

[続葉有]



ビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電基板を用いた圧電振動装置において、十分に良好な発振特性を実現する。圧電振動装置 1 は、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電基板 2 1 と、圧電基板 2 1 を介して厚み方向に対向するように第 1 及び第 2 の主面 2 1 a、2 1 b に形成された第 1 及び第 2 の電極 2 2、2 3 とを有する圧電振動子 2 0 と、基材 1 0 と、基材 1 0 と圧電振動子 2 0 とを接合する接合部材 1 3、1 4 とを備えている。圧電振動子 2 0 は、第 1 及び第 2 の電極 2 2、2 3 と圧電基板 2 1 とが圧電基板の厚み方向に重なる部分により構成された励振部 2 0 a を有している。接合部材 1 3、1 4 は、励振部 2 0 a の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分に接合されている。

明 細 書

発明の名称：圧電振動装置

技術分野

[0001] 本発明は、圧電振動装置に関し、特に、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電基板を用いた圧電振動装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、圧電基板の両主面に厚み方向に対向するように電極が設けられた圧電振動子の両端を支持部材の上に固定した圧電振動装置が知られている。このような圧電振動装置において、圧電材料としては、 PbTiO_3 や $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ などが一般的に用いられている。圧電材料として PbTiO_3 や $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ を用いることにより、大きな電気機械結合係数が得られ、かつ振動を効果的に閉じ込めることができる。

[0003] また、 PbTiO_3 や $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ 以外の圧電材料としては、例えば特許文献1などにおいて提案されている $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ などのビスマス層状化合物が知られている。 $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ などのビスマス層状化合物は、圧電歪定数や電気機械結合係数などの圧電性は PbTiO_3 や $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ などと比べて低いものの、機械的品質係数が高く、比誘電率が小さい。このため、ビスマス層状化合物は、高周波用途に適している。また、ビスマス層状化合物は、キュリー温度が高いため、広い温度範囲で使用できるという利点を有している。

[0004] しかしながら、ビスマス層状化合物からなる圧電基板の両端部を固定した場合、圧電基板の発振特性が悪化する問題があることが特許文献1において指摘されている。このような問題に鑑み、特許文献1では、ビスマス層状化合物からなる圧電基板を用いた場合でも良好な発振特性が得られる圧電共振装置構造が提案されている。

[0005] 図14に示すように、特許文献1に開示された圧電共振装置100は、ビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電板101を有する圧電共振素子10

２と、基板１０３とを備えている。圧電共振素子１０２の一方の端部１０２aは、銀ペースト１０４により基板１０３に固定されている。圧電共振素子１０２の他方の端部１０２bは、基板１０３に設けられた支持体１０５の上面に当接している。これにより、圧電共振素子１０２の他方の端部１０２bが支持されている。このように、支持体１０５の上面を当接させることにより圧電共振素子１０２の端部１０２bを支持することにより、端部１０２bが自由端となるため、圧電共振素子１０２の発振特性を高めることができる旨が特許文献１には記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特開２００１－６８９６３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、圧電共振装置１００では、圧電共振素子１０２の一方の端部１０２aが銀ペースト１０４によって固定されているため、十分に良好な発振特性が得難いという問題があった。

[0008] 本発明の目的は、ビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電基板を用いた圧電振動装置において、十分に良好な発振特性を得ることにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明に係る圧電振動装置は、対向する第１及び第２の主面を有しており、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電基板と、圧電基板を介して厚み方向に対向するように第１及び第２の主面に形成された第１及び第２の電極とを有する圧電振動子と、基材と、基材と圧電振動子とを接合する接合部材とを備えている。圧電振動子は、第１及び第２の電極と圧電基板とが圧電基板の厚み方向に重なる部分により構成された励振部を有している。接合部材は、圧電振動子の励振部の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分に接合されている。

- [0010] 本発明に係る圧電振動装置のある特定の局面では、接合部材は、圧電振動子の励振部の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分のみに接合されている。これによれば、より良好な発振特性を得ることができる。
- [0011] 本発明に係る圧電振動装置の他の特定の局面では、圧電振動子は、圧電振動子は、厚みすべり振動を励振させるものである。圧電振動子の励振部の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分に接合部材を接合させる構成は、厚みすべり振動が励振される圧電振動子を用いる場合に特に効果的である。
- [0012] 本発明に係る圧電振動装置の別の特定の局面では、接合部材は、圧電振動子の振動方向の一方側の端部を支持する第1の接合部材と、圧電振動子の振動方向の他方側の端部を支持する第2の接合部材とを有している。これによれば、厚みすべり振動が励振される圧電振動子を用いる場合において、さらに良好な発振特性を得ることができる。
- [0013] 本発明に係る圧電振動装置のさらに他の特定の局面では、第1の接合部材と圧電振動子との接合面の振動方向に沿った長さを $D L 1$ とし、圧電振動子の振動方向の一方側の端部から励振部までの振動方向に沿った距離を $\Delta L 1$ とし、第2の接合部材と圧電振動子との接合面の振動方向に沿った長さを $D L 2$ とし、圧電振動子の振動方向の他方側の端部から励振部までの振動方向に沿った距離を $\Delta L 2$ としたとき、以下の式(1)及び(2)が満たされる。
- $$0 < D L 1 / \Delta L 1 < 0.538 \quad \cdots \cdots \text{式(1)}$$
- $$0 < D L 2 / \Delta L 2 < 0.538 \quad \cdots \cdots \text{式(2)}$$
- [0014] 本発明に係る圧電振動装置のさらに別の特定の局面では、ビスマス層状化合物が $S r - B i - N b$ 系材料である。圧電振動子の励振部の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分に接合部材を接合させる構成は、ビスマス層状化合物が $S r - B i - N b$ 系層状化合物である場合に特に効果的である。
- [0015] 本発明に係る圧電振動装置のまた別の特定の局面では、基材には、第1の電極に電氣的に接続された第1の実装用電極と、第2の電極に電氣的に接続された第2の実装用電極と、第1及び第2の実装用電極に電氣的に接続され

ていない第3の実装用電極とが形成されている。これによれば、圧電振動装置内に容量を内蔵させることも可能となる。従って、圧電振動装置が実装された装置の部品点数を少なくすることができる。

[0016] 本発明に係る圧電振動装置の製造方法は、対向する第1及び第2の主面を有しており、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電基板と、圧電基板を介して厚み方向に対向するように第1及び第2の主面に形成された第1及び第2の電極とを有する圧電振動子と、基材と、基材と圧電振動子とを接合する接合部材とを備え、圧電振動子は、第1及び第2の電極と圧電基板とが圧電基板の厚み方向に重なる部分により構成された励振部を有している圧電振動装置の製造方法に関する。本発明に係る圧電振動装置の製造方法は、圧電振動子の励振部の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分と基材とを接合部材により接合することを特徴としている。

[0017] 本発明に係る圧電振動装置の製造方法のある特定の局面では、圧電振動子は、厚みすべり振動を励振させるものであり、接合部材による圧電振動子と基材との接合は、接合部材と圧電振動子との接合面の圧電振動子の振動方向に沿った長さが圧電基板の配向度に応じて選択された長さとなるように行われる。これによれば、圧電基板の材料の配向度を変化させずとも、接合部材と圧電振動子との接合面の圧電振動子の振動方向に沿った長さを調節することにより、圧電振動装置の温度特性を調節することができる。従って、例えば圧電基板の配向度にばらつきがある場合であっても、製造される圧電振動装置の温度特性がばらつくことを抑制することができる。

発明の効果

[0018] 本発明に係る圧電振動装置では、圧電振動子の励振部の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分が接合部材によって基材に接合されているので、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電基板を用いた圧電振動装置において、良好な発振特性を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1] 図1は、圧電振動装置の略図的分解斜視図である。

[図2] 図2は、図1におけるI I - I I 矢視図である。

[図3] 図3は、有限要素法により求めた圧電材料として $\text{Sr}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ を用いた場合の圧電振動子の振動変位分布を表す図である。

[図4] 図4は、有限要素法により求めた圧電材料としてPZTを用いた場合の圧電振動子の振動変位分布を表す図である。

[図5] 図5は、圧電振動子の長手方向に沿った位置と振動変位量との関係を表すグラフである。

[図6] 図6 (a) は、保持長さDL1、DL2が0.25mmである場合の圧電振動装置の位相周波数特性図である。図6 (b) は、保持長さDL1、DL2が0.38mmである場合の圧電振動装置の位相周波数特性図である。

[図7] 図7は、圧電振動装置における保持長さと最大位相値(°)との関係を表すグラフである。

[図8] 図8は、圧電振動装置における保持長さとFosc変化率との関係を表すグラフである。

[図9] 図9は、圧電振動装置を150℃から-40℃まで6℃/分で冷却したときに圧電振動子に生じる圧縮応力と、圧電振動装置における保持長さとの関係を表すグラフである。

[図10] 図10は、保持長さが0.15mmである場合の圧電振動装置の応力分布図である。

[図11] 図11は、保持長さが0.35mmである場合の圧電振動装置の応力分布図である。

[図12] 図12は、第1の変形例に係る圧電振動装置の略図的分解斜視図である。

[図13] 図13は、第2の変形例に係る圧電振動装置の略図的分解斜視図である。

[図14] 図14は、特許文献1に開示された圧電共振装置の側面図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施形態を説明することによ

り、本発明を明らかにする。

[0021] 図1は、本実施形態の圧電振動装置の略図的分解斜視図であり、図2は、本実施形態の圧電振動装置の略図的正面断面図である。

[0022] 図1及び図2に示すように、本実施形態の圧電振動装置1は、圧電振動子20を備えている。圧電振動子20は、圧電基板21と、第1及び第2の電極22、23とにより構成されている。

[0023] 圧電基板21は、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電セラミックスにより構成されている。ビスマス層状化合物としては、例えば、Sr-Bi-Nb系層状化合物、Sr-Bi-Ti系層状化合物、Ca-Bi-Ti系層状化合物などが挙げられる。Sr-Bi-Nb系層状化合物の具体例としては、例えば、 $\text{SrBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ 、 $(\text{Sr}_{(1-x)}\text{M}_x)\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ （ただし、Mは2価の金属元素、 $0 < x < 0.3$ ）、 $(\text{Sr}_{(1-x)}\text{M}_{2x/3})\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ （ただし、Mは主成分を構成する元素Bi以外の3価の金属元素、 $0 < x < 0.45$ ）、 $\text{SrBi}_2(\text{Nb}_{(1-y)}\text{Si}_y)_2\text{O}_9$ （ただし、 $0 < y < 0.3$ ）、 $\text{SrBi}_2(\text{Nb}_{(1-y)}\text{W}_y)_2\text{O}_9$ （ただし、 $0 < y < 0.3$ ）などが挙げられる。Sr-Bi-Ti系層状化合物の具体例としては、例えば、 $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 $\text{Sr}_2\text{Bi}_4\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ などが挙げられる。Ca-Bi-Ti系層状化合物の具体例としては、例えば、 $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 $\text{Ca}_2\text{Bi}_4\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ などが挙げられる。その他のビスマス層状化合物としては、例えば、 BiWO_6 、 $\text{CaBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ 、 $\text{BaBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ 、 $\text{PbBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ 、 $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ 、 $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ 、 $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ 、 $\text{PbBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ 、 $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$ 、 $\text{Bi}_3\text{TiTaO}_9$ 、 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{BaBi}_3\text{Ti}_2\text{NbO}_{12}$ 、 $\text{PbBi}_3\text{Ti}_2\text{NbO}_{12}$ 、 $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 $\text{PbBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 $\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{4.5}\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 $\text{Ba}_2\text{Bi}_4\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ 、 $\text{Pb}_2\text{Bi}_4\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ 、 $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{WO}_{18}$ 、 $\text{Bi}_7\text{Ti}_4\text{NbO}_{21}$ 、 $\text{Bi}_{10}\text{Ti}_3\text{W}_3\text{O}_{30}$ 、 $\text{SrBi}_3\text{Ti}_2\text{NbO}_{12}$ などが挙げられる。

[0024] 圧電基板21の配向度は、電圧の印加により圧電基板21が振動する程度

である限り特に限定されないが、70%以上であることが好ましく、75%以上であることがより好ましい。なお、本発明において、圧電基板の配向度とは、詳細には、結晶c軸方向の配向度である。圧電基板の配向度は、以下に詳述するロットゲーリング法により測定される。

[0025] (ロットゲーリング法による配向度測定方法)

無配向試料の各結晶面(h k l)からの反射強度を $I_{(hkl)}$ とし、それらの合計を $\sum I_{(hkl)}$ とする。そのうち、(0 0 1)面からの反射強度 $I_{(001)}$ の合計を $\sum I_{(001)}$ として、それらの比P0を次式により求める。

$$P0 = \{ \sum I_{(001)} / \sum I_{(hkl)} \}$$

[0026] 同様にして、配向試料に対しても、反射強度について、 $\sum I_{(hkl)}$ および $\sum I_{(001)}$ を求めて、それらの比をPとして次式により求める。

$$P = \{ \sum I_{(001)} / \sum I_{(hkl)} \}$$

[0027] そして、P0およびPを用いて、配向度(F)は次式により求められる。

$$F = \{ (P - P0) / (1 - P0) \} \times 100 [\%]$$

[0028] 図2に示すように、圧電基板21は、対向する第1及び第2の主面21a、21bと、圧電基板21の長手方向Dの両端に位置する第1及び第2の端面21c、21dとを有している。圧電基板21の第1の主面21aには、第1の電極22が形成されている。第1の電極22は、第1の主面21aの長手方向Dの中央部から第1の端面21cを経由して第2の主面21b側にまで延ばされている。一方、圧電基板21の第2の主面21bには、第2の電極23が形成されている。第2の電極23は、第2の主面21bの長手方向Dの中央部から第2の端面21dを経由して第1の主面21a側にまで延ばされている。圧電基板21の長手方向Dの中央部において、第1の電極22と第2の電極23とは、厚み方向Tに対向している。この第1及び第2の電極22、23と圧電基板21とが厚み方向Tに重なる部分により圧電振動子20の励振部20aが構成されている。

[0029] 本実施形態では、圧電基板21は、圧電基板21の長手方向Dに沿って分極されており、第1の電極22と第2の電極23との間に電圧が印加される

ことにより、長手方向Dを振動方向とする厚みすべり振動が励振される。

[0030] 図1及び図2に示すように、圧電振動子20は、基材10に搭載されている。基材10の上には、キャップ30が設けられており、このキャップ30と基材10とにより圧電振動子20が封止されている。なお、キャップ30の材質は特に限定されず、キャップ30は、例えば金属、セラミック、樹脂などにより構成することができる。

[0031] 基材10は、例えばアルミナなどの絶縁性セラミックスにより構成することができる。基材10には、第1及び第2の実装用電極11、12が形成されている。第1及び第2の実装用電極11、12は、基材10の長手方向両側に配置されている。

[0032] 基材10と圧電振動子20とは、第1及び第2の接合部材13、14により接合されている。具体的には、第1の接合部材13は、第1の電極22と第1の実装用電極11とを接合している。第2の接合部材14は、第2の電極23と第2の実装用電極12とを接合している。第1及び第2の接合部材13、14は、例えば導電性接着剤、導電性シートまたは半田などの導体により構成されており、これにより、第1及び第2の電極22、23と第1及び第2の実装用電極11、12とが電氣的に接続されている。

[0033] ところで、本実施形態のように、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電セラミックスにより圧電基板21を構成する場合、厚みすべり振動は閉じ込められず、圧電振動子20の両端部も振動する。後述する実験例によっても裏付けられるように、圧電振動子20の両端部と、圧電基板21の励振部20aとでは、振動変位方向が逆となる。本実施形態では、この励振部20aとは振動変位方向が逆である圧電振動子20の両端部に第1及び第2の接合部材13、14が接合されている。すなわち、圧電振動子20は、励振部20aとは振動変位方向が逆である圧電振動子20の両端部において支持されている。

[0034] 具体的には、励振部20aとは振動変位方向が逆である圧電振動子20の端部は、圧電振動子20の端面から、励振部20aと端部との間の長手方向

Dに沿った長さ (ΔL) の 0.538 倍の長さまでの部分となる。このため、本実施形態においては、第 1 及び第 2 の接合部材 13, 14 は、下記の式 (1) 及び (2) を満たすように基材 10 と圧電振動子 20 とを接合している。

$$0 < DL1 / \Delta L1 < 0.538 \quad \dots\dots\dots \text{式 (1)}$$

$$0 < DL2 / \Delta L2 < 0.538 \quad \dots\dots\dots \text{式 (2)}$$

但し、

第 1 の接合部材 13 と圧電振動子 20 との接合面の振動方向 D に沿った長さ: $DL1$ 、

圧電振動子 20 の長手方向 D の一方側 D1 の端部から励振部 20a までの振動方向 D に沿った距離: $\Delta L1$ 、

第 2 の接合部材 14 と圧電振動子 20 との接合面の振動方向 D に沿った長さ: $DL2$ 、

圧電振動子 20 の長手方向 D の他方側 D2 の端部から励振部 20a までの振動方向 D に沿った距離: $\Delta L2$ 、

である。

[0035] 従って、後述する実験例においても裏付けられるように、良好な発振特性を実現することができる。より良好な発振特性を得る観点からは、第 1 及び第 2 の接合部材 13, 14 は、励振部 20a とは振動変位方向が逆である圧電振動子 20 の両端部のみに接合されていることが好ましい。すなわち、圧電振動子 20 は、励振部 20a とは振動変位方向が逆である圧電振動子 20 の両端部においてのみ支持されていることが好ましい。

[0036] また、後述する実験例において実証されるように、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電セラミックスにより圧電基板 21 を構成する場合、圧電基板 21 の配向度を変化させずとも、第 1 及び第 2 の接合部材 13, 14 と圧電振動子 20 との接合面の長さ $DL1$, $DL2$ を調整することによって、圧電振動子 20 の周波数温度特性を容易に調節することができる。従って、例えば圧電基板 21 の配向度にばらつきがある場合であって

も、製造される圧電振動装置 1 の温度特性がばらつくことを容易に抑制することができる。

[0037] 具体的には、圧電振動装置 1 の製造に先立って、圧電基板 2 1 の配向度と長さ D L との関係を実験的に、またはシミュレーションにより求めておく。この圧電基板 2 1 の配向度と長さ D L との関係に基づいて、圧電基板 2 1 の配向度の測定結果から、好ましい周波数温度特性となる長さ D L を選択する。そして、接合部材 1 3, 1 4 と圧電振動子 2 0 との接合面の振動方向 D に沿った長さが上記選択された長さ D L となるように、圧電振動子 2 0 と第 1 及び第 2 の実装用電極 1 1, 1 2 とを接合部材 1 3, 1 4 により接合する。このようにすることにより、例えば圧電基板 2 1 の配向度にばらつきがある場合であっても、所望する周波数温度特性の圧電振動装置 1 を安定して製造することができる。

[0038] なお、励振部 2 0 a とは振動変位方向が逆である圧電振動子 2 0 の両端部に第 1 及び第 2 の接合部材 1 3, 1 4 を接合させることにより発振特性が改善されるという効果は、圧電振動子の励振モードに関わらず得られるものであるが、圧電振動子が厚みすべり振動を励振させる場合に特に大きな効果が得られる。従って、励振部 2 0 a とは振動変位方向が逆である圧電振動子 2 0 の両端部に第 1 及び第 2 の接合部材 1 3, 1 4 を接合させる本実施形態の構成は、圧電振動子が厚みすべり振動を励振させる場合に特に効果的である。

[0039] また、上記効果は、ビスマス層状化合物が S r - B i - N b 系層状化合物である場合に特に大きい。従って、励振部 2 0 a とは振動変位方向が逆である圧電振動子 2 0 の両端部に第 1 及び第 2 の接合部材 1 3, 1 4 を接合させる本実施形態の構成は、ビスマス層状化合物が S r - B i - N b 系層状化合物である場合に特に効果的である。

[0040] (第 1 の実験例)

非固定状態の圧電振動子 2 0 の厚みすべり振動の振動変位分布を有限要素法 (F E M) を用いて求めた。なお、ここでは、圧電材料を S r _{0.9} N d _{0.1}

$\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ とし、長手方向Dに4 kV/mmの電圧を印加して分極処理を行った圧電基板21を用い、第1の電極22の電位を1 V、第2の電極23の電位を0 Vとして行った。その他の詳細な設定パラメータは以下の通りである。この結果、この圧電振動子20の共振周波数は8 MHzであった。

圧電振動子20の長手方向に沿った長さ(L) : 2.2 mm

第1及び第2の電極22, 23が厚み方向Tに重なっている励振部20aの長さ(l) : 0.90 mm

圧電振動子20の厚み : 190 μm

配向度 : 80 %

[0041] また、比較として、圧電材料としてPZTを用いたこと以外は同様の設定パラメータを有する圧電振動子の厚みすべり振動の振動変位分布を有限要素法(FEM)により求めた。

[0042] 図3が圧電材料として $\text{Sr}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ を用いた場合の圧電振動子20の振動変位分布を表す図であり、図4が圧電材料としてPZTを用いた場合の圧電振動子20の振動変位分布を表す図である。図5は、圧電振動子20の長手方向Dに沿った位置と振動変位量との関係を表すグラフである。なお、図5において実線で示すグラフは、圧電材料として $\text{Sr}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ を用いた場合を表すグラフであり、破線で示すグラフは、圧電材料としてPZTを用いた場合を表すグラフである。

[0043] 図4及び図5に示すように、圧電材料としてPZTを用いた場合は、励振部から離れるに従って振動変位量が小さくなっており、振動が閉じ込められていることがわかる。それに対して、圧電材料として $\text{Sr}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ を用いた場合は、図3及び図5に示すように、圧電振動子の端部においても振動変位量が大きく、振動が閉じ込められていないことがわかる。この結果から、ビスマス層状化合物を圧電材料として用いた場合は、圧電振動子の端部を保持した場合であっても発振特性が大きく悪化するおそれがあることがわかる。

[0044] また、ビスマス層状化合物を圧電材料として用いた場合は、図5に示すよ

うに、圧電振動子の両端部における振動変位方向が励振部における振動変位方向に対して逆になっていることがわかる。具体的には、圧電振動子の端面から0.35mm以内の部分の振動変位方向が励振部における振動変位方向に対して逆となっていることがわかる。すなわち、本実験例では、 $L = 2.2\text{ mm}$ 、 $l = 0.9\text{ mm}$ であり、 $\Delta L_1 = \Delta L_2 = 0.65\text{ mm}$ であるから、圧電振動子の端面から ΔL_1 (ΔL_2) の0.538 ($= 0.35 / 0.65$) 倍の長さ以内の部分の振動変位方向が励振部における振動変位方向に対して逆となっていることがわかる。

[0045] 次に、上記条件と同様の条件で圧電振動子を実際に作製し、その圧電振動子を用いて種々の保持長さ $D L_1$ 、 $D L_2$ の圧電振動装置を作製した。なお、基材としては、厚みが0.4mmのアルミナ基板を用いた。そして、作製した種々の保持長さ $D L_1$ 、 $D L_2$ の圧電振動装置の位相周波数特性を測定した。

[0046] 図6 (a) に保持長さ $D L_1$ 、 $D L_2$ が0.25mmである場合の圧電振動装置の位相周波数特性図を示す。図6 (b) に保持長さ $D L_1$ 、 $D L_2$ が0.38mmである場合の圧電振動装置の位相周波数特性図を示す。また、図7に、圧電振動装置における保持長さ $D L_1$ 、 $D L_2$ と最大位相値($^{\circ}$)との関係を表すグラフを示す。図7に示すように、保持長さ $D L_1$ 、 $D L_2$ が0.35mm未満である場合には大きい最大位相値が得られるものの、保持長さ $D L_1$ 、 $D L_2$ が0.35mm以上であると最大位相値が急激に低下することがわかる。従って、保持長さ $D L_1$ 、 $D L_2$ が0.35mm未満である場合には良好な発振特性が得られることがわかる。この結果から、圧電振動子の端面から0.35mm以内の振動変位方向が励振部における振動変位方向に対して逆である部分において圧電振動子を保持することにより、良好な発振特性が得られることがわかる。すなわち、 $D L_1 / \Delta L_1$ 及び $D L_2 / \Delta L_2$ を0.538 ($= 0.35 / 0.65$) 未満とすることにより良好な発振特性が得られることがわかる。

[0047] (第2の実験例)

本実験例では、圧電基板の配向率以外は上記第 1 の実験例と同様の条件で圧電振動子を実際に作製し、その圧電振動子を用いて種々の保持長さ D L 1、D L 2 の圧電振動装置を作製した。そして、得られた圧電振動装置の共振周波数の温度変化率（F o s c 変化率（p p m / ° C））を測定した。F o s c 変化率の測定結果を図 8 に示す。なお、図 8 において実線で示すグラフは、圧電基板の配向度が 8 0 . 6 % である圧電振動装置の F o s c 変化率を示し、破線で示すグラフは、圧電基板の配向度が 7 7 . 5 % である圧電振動装置の F o s c 変化率を示す。

[0048] 図 8 に示すように、圧電基板の配向度が 8 0 . 6 % である圧電振動装置の F o s c 変化率の傾きは、 -19.3 [p p m / ° C / mm] であり、圧電基板の配向度が 7 7 . 5 % である圧電振動装置の F o s c 変化率の傾きは、 -19.5 [p p m / ° C / mm] であった。この結果から、圧電基板の配向度が変わると、圧電振動子の周波数温度特性が変化することがわかる。よって、圧電基板の配向度にばらつきが生じると、圧電振動子の周波数温度特性にもばらつきが生じることがわかる。従って、保持長さ D L 1、D L 2 が一定である場合は、良好な周波数温度特性を実現するために、圧電基板の配向度を高い水準で安定させる必要がある。

[0049] 図 8 に示す結果からわかるように、保持長さ D L 1、D L 2 を変化させると、F o s c 変化率が変化する。このため、たとえ圧電基板の配向度にばらつきがある場合であっても、保持長さ D L 1、D L 2 を調節することによって圧電振動子の周波数温度特性を安定化することが可能となる。具体的には、例えば、配向度が 8 0 . 6 % の場合は、保持長さ D L 1、D L 2 を 0 . 3 0 mm にすることにより F o s c 変化率をゼロにすることができ、一方、配向度が 7 7 . 5 % の場合は、保持長さ D L 1、D L 2 を 0 . 0 7 mm にすることにより F o s c 変化率をゼロにすることができる。

[0050] なお、本実験例における F o s c 変化率は、下記式（3）により定義される。

$$(F o s c \text{ 変化率}) = -19.3 \times (\text{保持長さ (D L)}) + \alpha \quad \dots\dots$$

式（３）

但し、上記式において、 α は、圧電基板の配向度により決定される定数である。

[0051] （第３の実験例）

次に、上記第１の実験例と同様の条件で、圧電振動装置を１５０℃から－４０℃まで６℃／分で冷却したときに圧電振動子に生じる圧縮応力と、圧電振動装置における保持長さＤＬ１，ＤＬ２との関係を、有限要素法（ＦＥＭ）を用いて求めた。その結果を図９に示す。また、保持長さＤＬ１，ＤＬ２が０．１５ｍｍである場合の圧電振動装置の応力分布図を図１０に示し、保持長さＤＬ１，ＤＬ２が０．３５ｍｍである場合の圧電振動装置の応力分布図を図１１に示す。なお、図１０及び図１１において、格子状のハッチングで示す領域が最も圧力の高い領域で、間隔の大きな斜線ハッチングで示す領域が最も圧力の低い領域である。

[0052] 図９～図１１からわかるように、保持長さＤＬ１，ＤＬ２が短くなるに従って、冷却によって圧電振動子に生じる応力が小さくなることがわかる。この結果から、保持長さＤＬ１，ＤＬ２を変化させることにより圧電振動子に加わる応力を制御することができることがわかる。

[0053] （変形例）

図１２に示すように、第１及び第２の実装用電極１１，１２は、基材１０の端面に至るように形成されていてもよい。

[0054] また、図１３に示すように、第１及び第２の実装用電極１１，１２に加えて、第１及び第２の実装用電極１１，１２に電氣的に接続されていない第３の実装用電極１５を基材１０に設けてもよい。第３の実装用電極１５を設けることにより、圧電振動装置内に容量を内蔵することが可能となる。従って、圧電振動装置が実装された装置の部品点数を少なくすることができる。

符号の説明

[0055] １…圧電振動装置

１０…基材

- 1 1…第 1 の実装用電極
- 1 2…第 2 の実装用電極
- 1 3…第 1 の接合部材
- 1 4…第 2 の接合部材
- 1 5…第 3 の実装用電極
- 2 0…圧電振動子
- 2 0 a…励振部
- 2 1…圧電基板
- 2 1 a…第 1 の主面
- 2 1 b…第 2 の主面
- 2 1 c…第 1 の端面
- 2 1 d…第 2 の端面
- 2 2…第 1 の電極
- 2 3…第 2 の電極
- 3 0…キャップ

請求の範囲

- [請求項1] 対向する第1及び第2の主面を有しており、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電基板と、前記圧電基板を介して厚み方向に対向するように前記第1及び第2の主面に形成された第1及び第2の電極とを有する圧電振動子と、
基材と、
前記基材と前記圧電振動子とを接合する接合部材とを備え、
前記圧電振動子は、前記第1及び第2の電極と前記圧電基板とが前記圧電基板の厚み方向に重なる部分により構成された励振部を有しており、
前記接合部材は、前記圧電振動子の前記励振部の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分に接合されている、圧電振動装置。
- [請求項2] 前記接合部材は、前記圧電振動子の前記励振部の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分のみに接合されている、請求項1に記載の圧電振動装置。
- [請求項3] 前記圧電振動子は、厚みすべり振動を励振させる、請求項1または2に記載の圧電振動装置。
- [請求項4] 前記接合部材は、前記圧電振動子の振動方向の一方側の端部を支持する第1の接合部材と、前記圧電振動子の振動方向の他方側の端部を支持する第2の接合部材とを有している、請求項3に記載の圧電振動装置。
- [請求項5] 前記第1の接合部材と前記圧電振動子との接合面の前記振動方向に沿った長さを $DL1$ とし、前記圧電振動子の振動方向の一方側の端部から前記励振部までの前記振動方向に沿った距離を $\Delta L1$ とし、前記第2の接合部材と前記圧電振動子との接合面の前記振動方向に沿った長さを $DL2$ とし、前記圧電振動子の振動方向の他方側の端部から前記励振部までの前記振動方向に沿った距離を $\Delta L2$ としたとき、以下の式(1)及び(2)を満たす、請求項4に記載の圧電振動装置。

$$0 < DL1 / \Delta L1 < 0.538 \quad \dots\dots\dots \text{式 (1)}$$

$$0 < DL2 / \Delta L2 < 0.538 \quad \dots\dots\dots \text{式 (2)}$$

[請求項6] 前記ビスマス層状化合物がS r - B i - N b系層状化合物である、請求項1～5のいずれか一項に記載の圧電振動装置。

[請求項7] 前記基材には、前記第1の電極に電氣的に接続された第1の実装用電極と、前記第2の電極に電氣的に接続された第2の実装用電極と、前記第1及び第2の実装用電極に電氣的に接続されていない第3の実装用電極とが形成されている、請求項1～6のいずれか一項に記載の圧電振動装置。

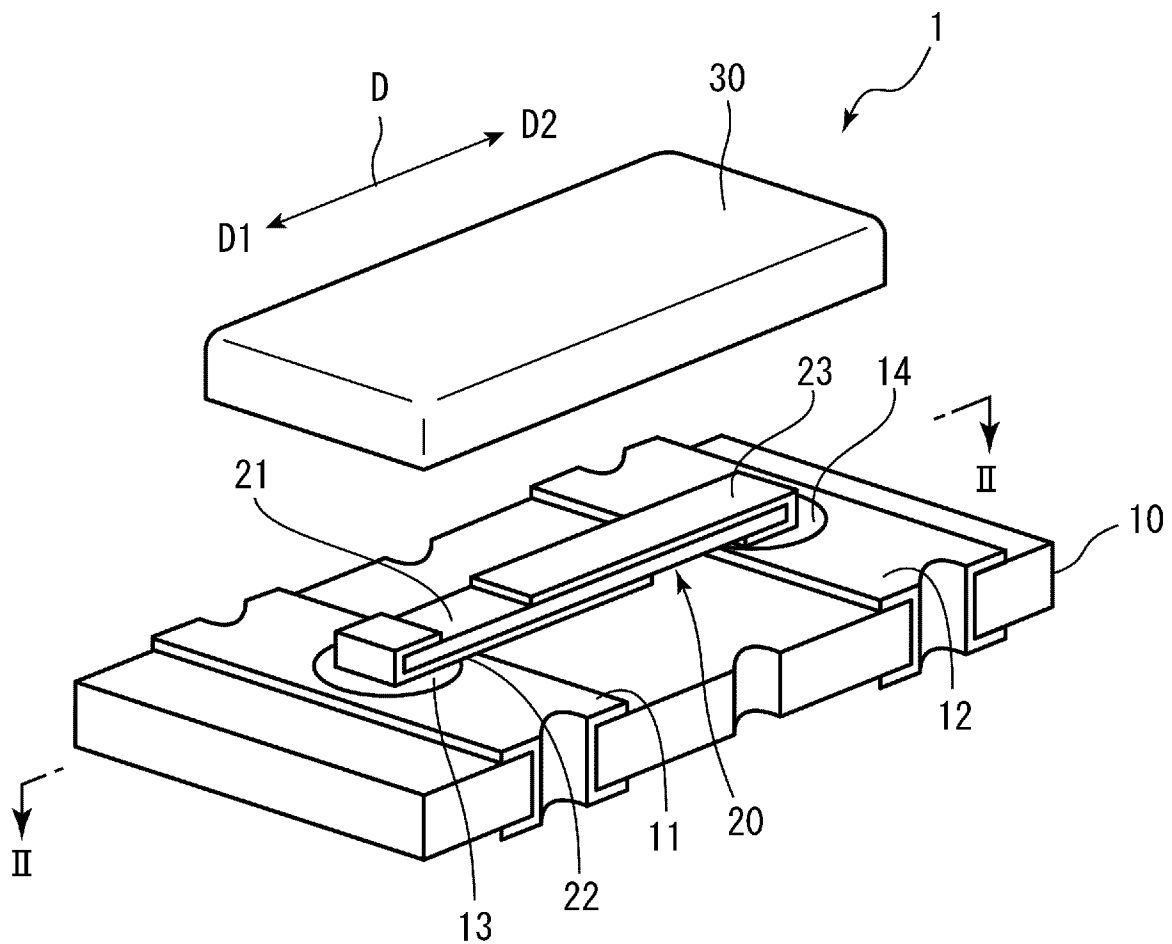
[請求項8] 対向する第1及び第2の主面を有しており、粒子配向されたビスマス層状化合物を主結晶相とする圧電基板と、前記圧電基板を介して厚み方向に対向するように前記第1及び第2の主面に形成された第1及び第2の電極とを有する圧電振動子と、基材と、前記基材と前記圧電振動子とを接合する接合部材とを備え、前記圧電振動子は、前記第1及び第2の電極と前記圧電基板とが前記圧電基板の厚み方向に重なる部分により構成された励振部を有している圧電振動装置の製造方法であって、

前記圧電振動子の前記励振部の振動変位方向とは振動変位方向が逆の部分と前記基材とを前記接合部材により接合することを特徴とする、圧電振動装置の製造方法。

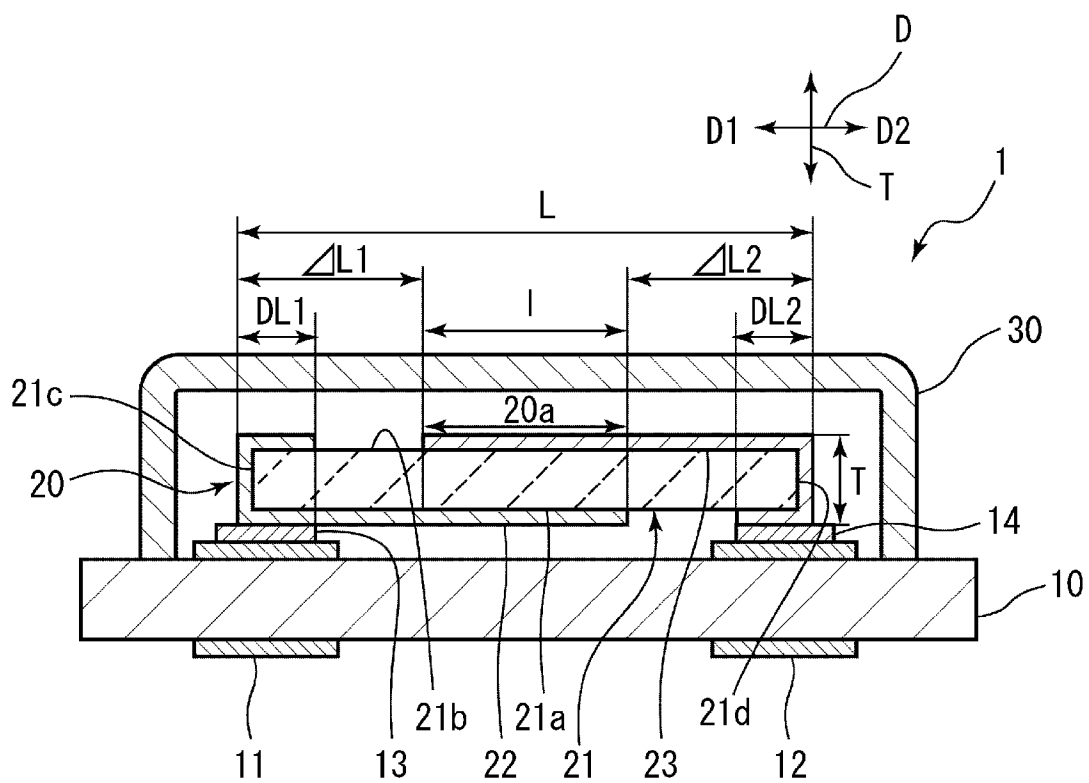
[請求項9] 前記圧電振動子は、厚みすべり振動を励振させるものであり、

前記接合部材による前記圧電振動子と前記基材との接合は、前記接合部材と前記圧電振動子との接合面の前記圧電振動子の振動方向に沿った長さが前記圧電基板の配向度に応じて選択された長さとなるように行われる、請求項8に記載の圧電振動装置の製造方法。

[図1]



[図2]



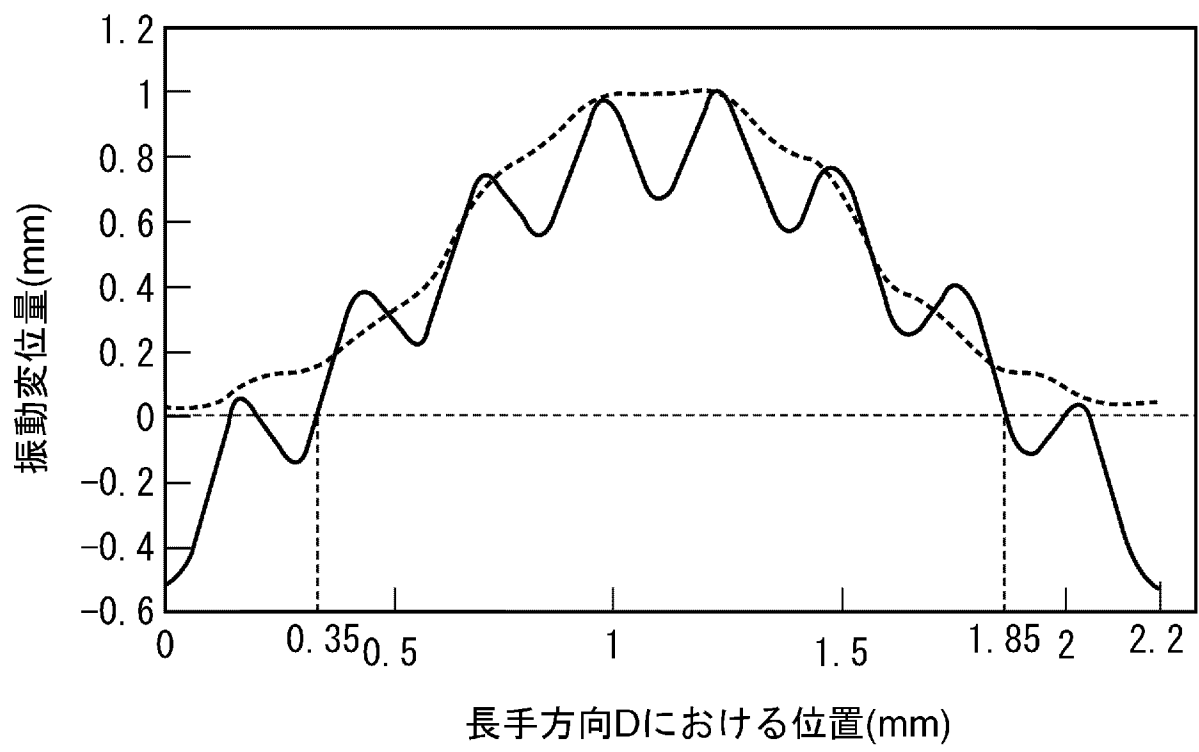
[図3]



[図4]

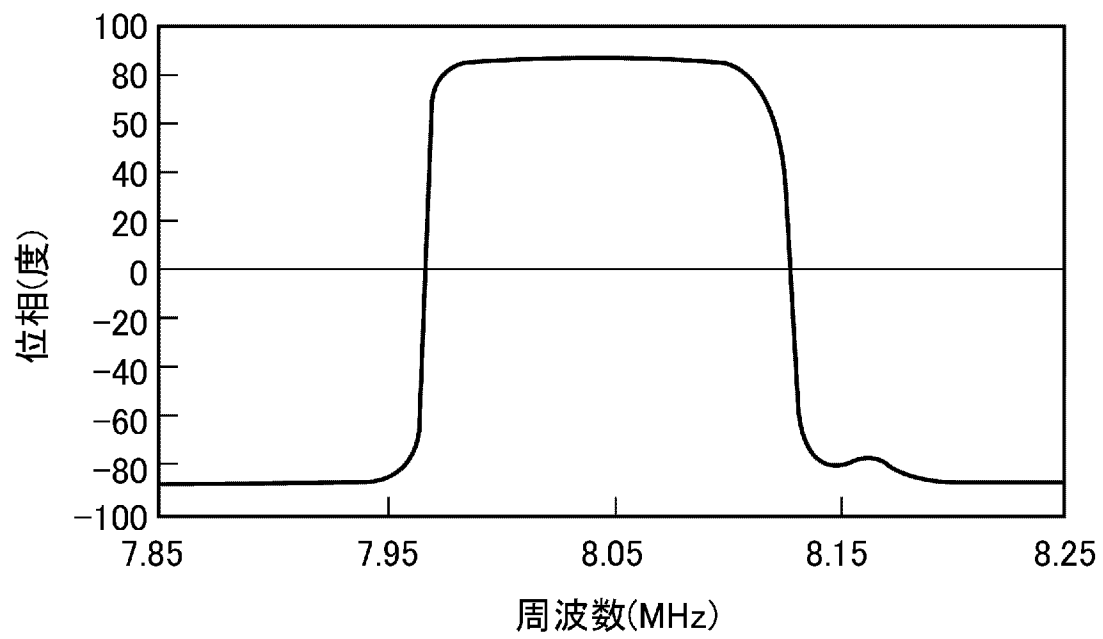


[図5]

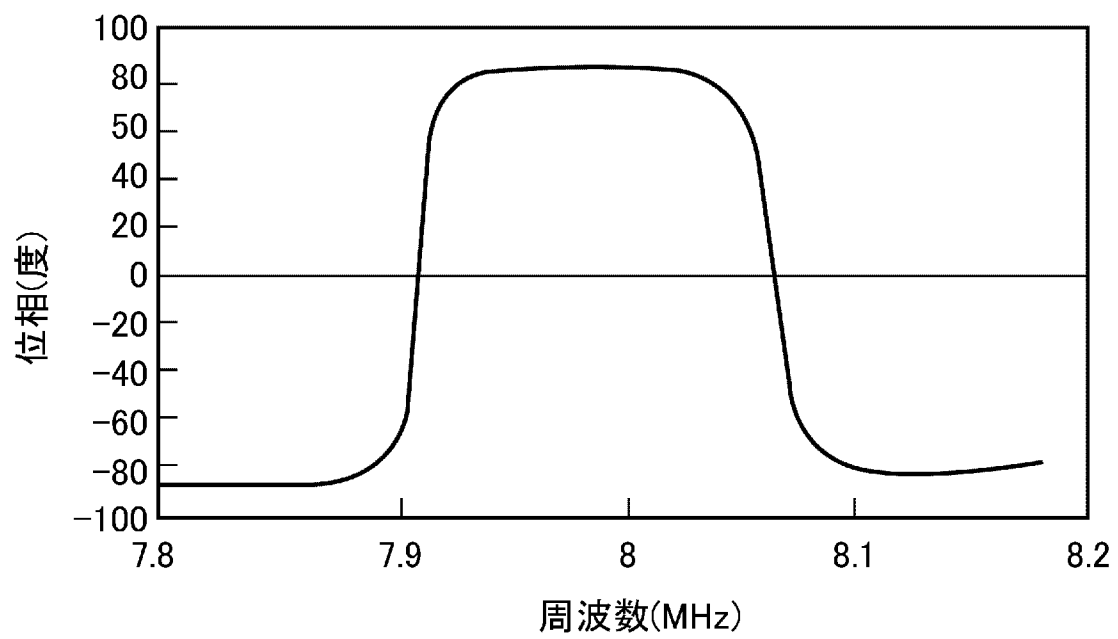


[图6]

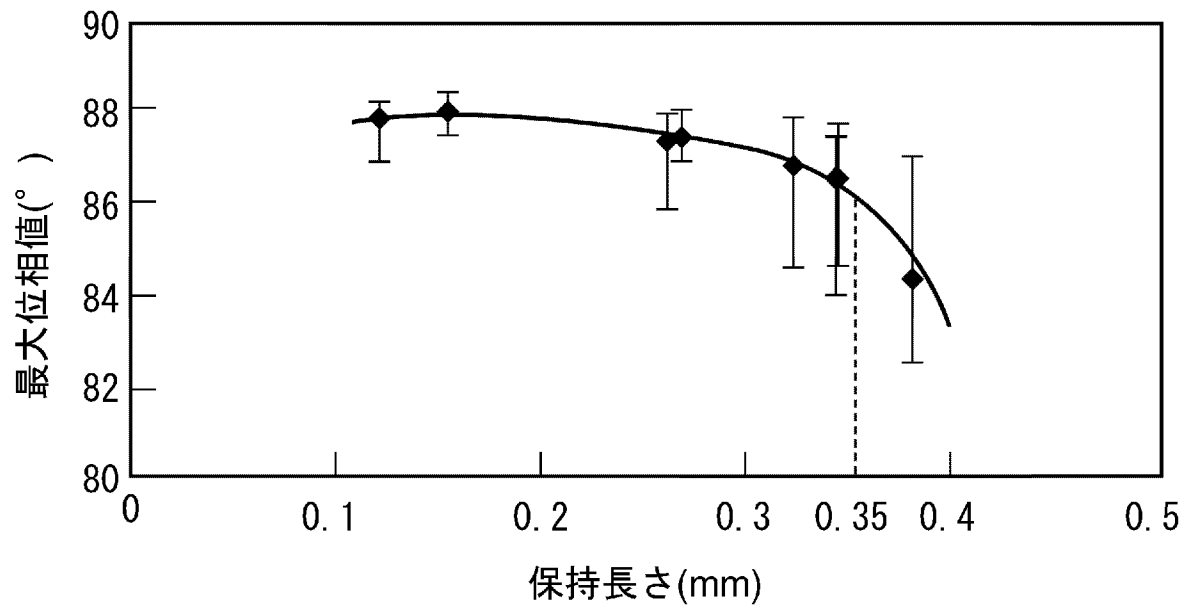
(a)



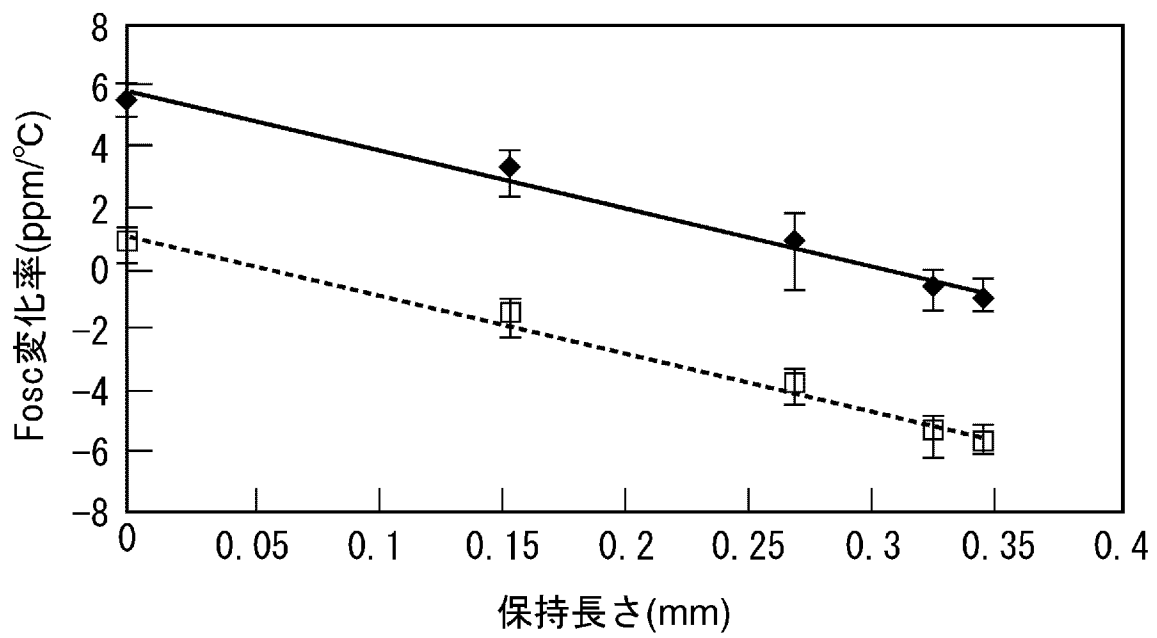
(b)



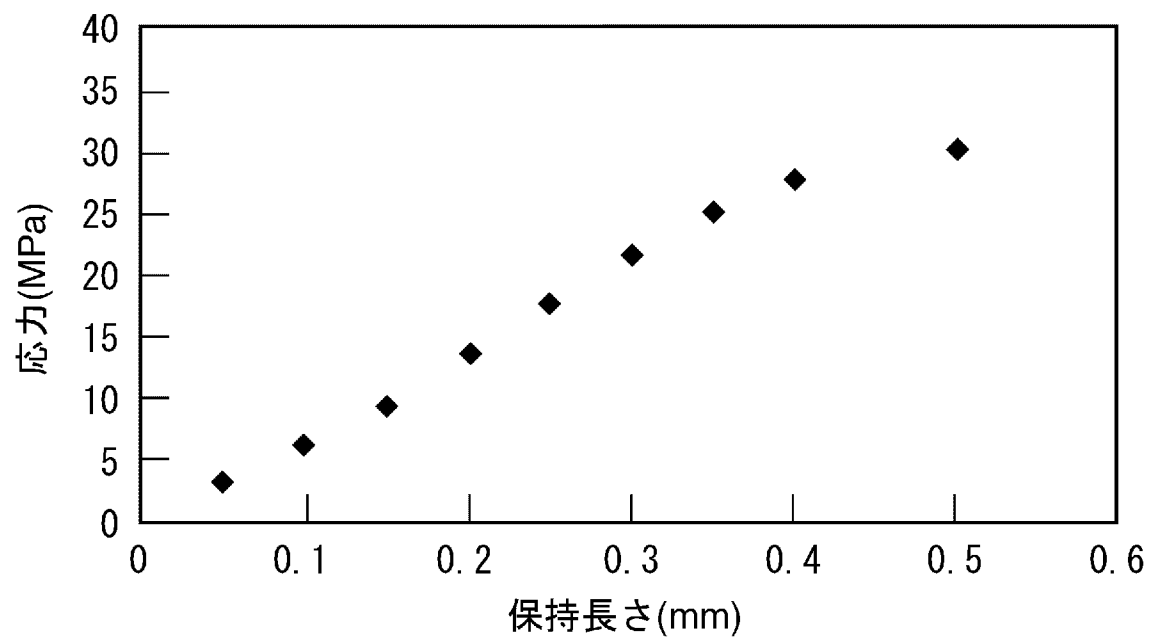
[図7]



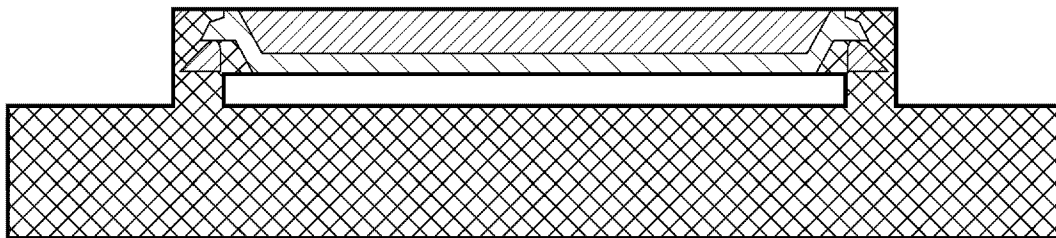
[図8]



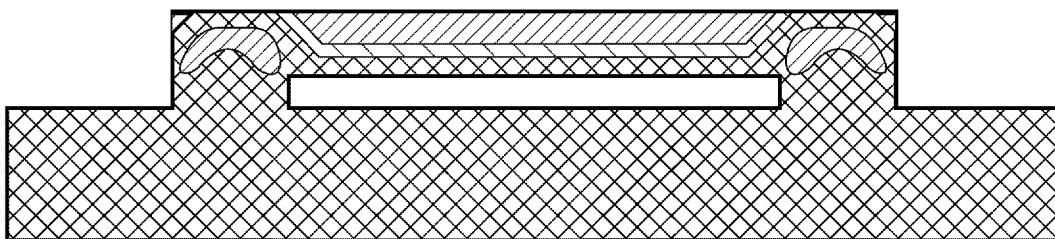
[図9]



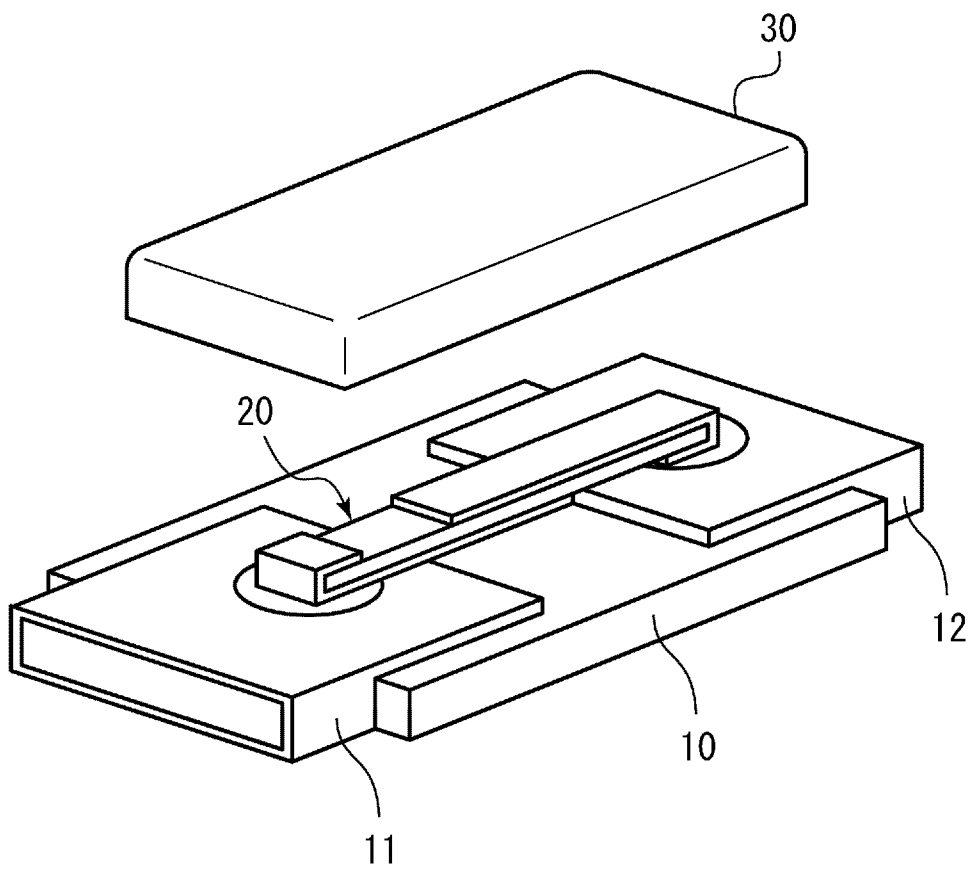
[図10]



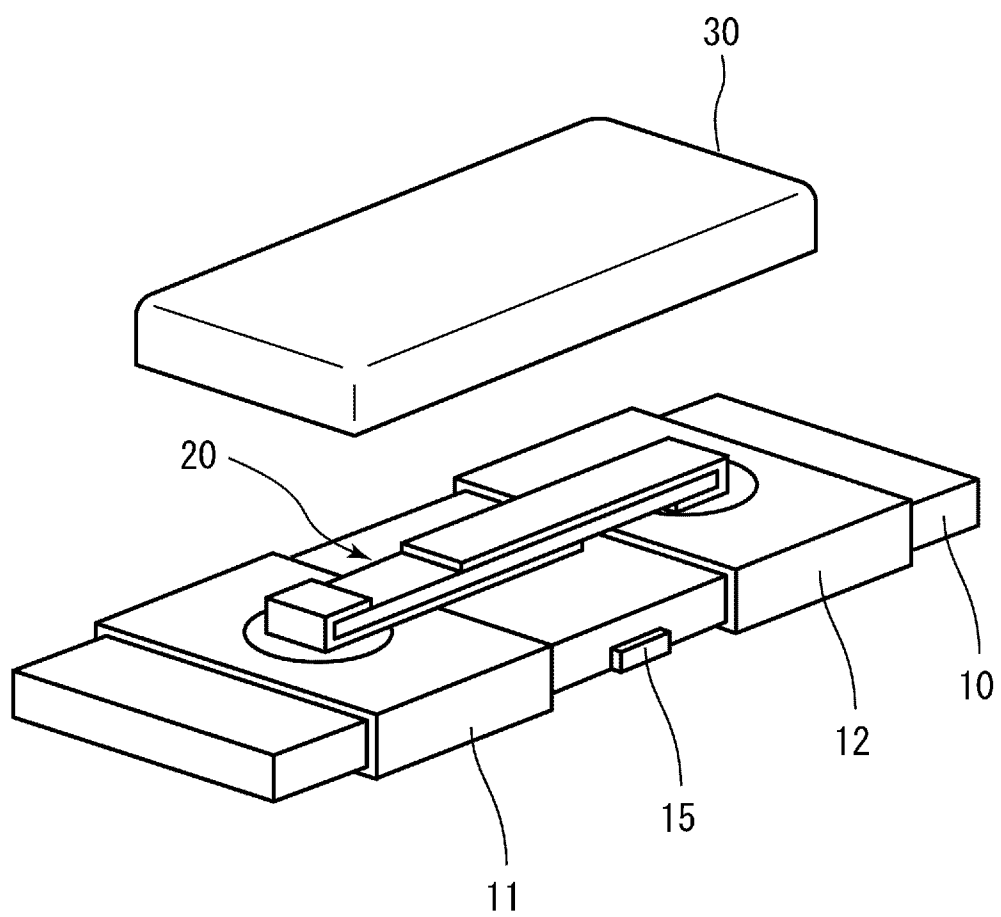
[図11]



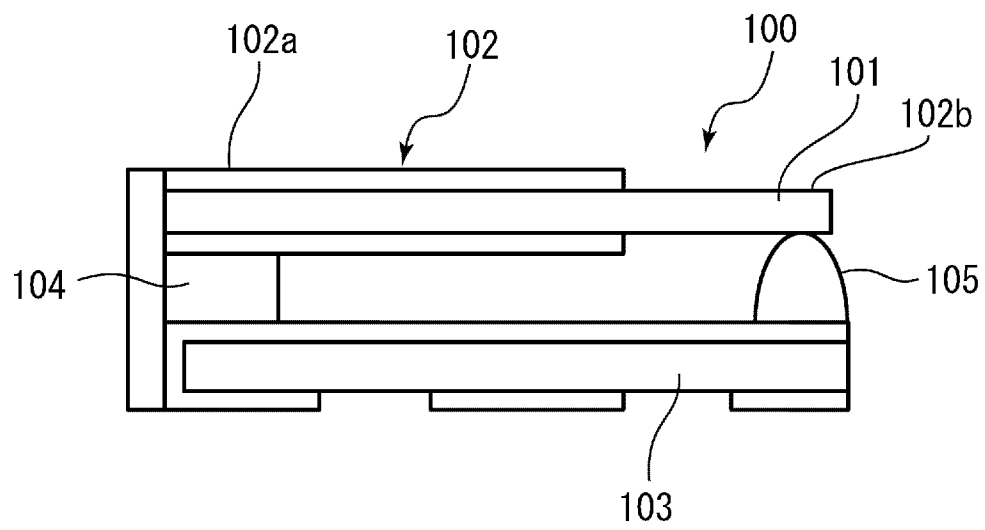
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/002013

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/10(2006.01) i, H03H3/02(2006.01) i

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)

H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
A	JP 2005-64689 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 March, 2005 (10.03.05), Par. No. [0026]; Fig. 2 (Family: none)	1-9
A	JP 2002-43885 A (TDK Corp.), 08 February, 2002 (08.02.02), Figs. 1, 2, 4; Par. Nos. [0027] to [0034] & US 2002/0030419 A1 & EP 1176716 A2	1-9

☐ 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
18 June, 2009 (18.06.09)

Date of mailing of the international search report
30 June, 2009 (30.06.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H03H9/10(2006.01)i, H03H3/02(2006.01)i

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 (I P C))

Int.Cl. H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 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 請求項の番号
A	JP 2005-64689 A (株式会社村田製作所) 2005.03.10, 【0026】、図2 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2002-43885 A (ティーディーケイ株式会社) 2002.02.08, 図1, 2, 4、【0027】 - 【0034】 & US 2002/0030419 A1 & EP 1176716 A2	1-9

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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 8 . 0 6 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 6 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

畑中 博幸

5 W

4 4 4 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 6