

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3689913号
(P3689913)

(45) 発行日 平成17年8月31日(2005.8.31)

(24) 登録日 平成17年6月24日(2005.6.24)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 41/22

H O 1 L 41/22

Z

H O 1 L 41/09

H O 1 L 41/08

C

請求項の数 18 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平8-517498 (86) (22) 出願日 平成7年12月27日(1995.12.27) (86) 国際出願番号 PCT/JP1995/002721 (87) 国際公開番号 W01996/020503 (87) 国際公開日 平成8年7月4日(1996.7.4) 審査請求日 平成12年11月21日(2000.11.21) (31) 優先権主張番号 特願平6-325633 (32) 優先日 平成6年12月27日(1994.12.27) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 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 弁理士 佐藤 一雄 (74) 代理人 弁理士 小野寺 捷洋 (74) 代理人 弁理士 紺野 昭男 (72) 発明者 島田 勝人 長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 審査官 國島 明弘</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜圧電体素子の製造法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多結晶体よりなる圧電体膜と、該圧電体膜を挟む二つの電極とを含んでなる薄膜圧電体素子の製造法であって、

前記圧電体膜が第三成分を5モル%以上含んでなる三成分系PZTであり、かつその厚さが5μm以下であり、前記圧電体膜におけるその厚み方向のPb組成のばらつきが±5%以下であり、該方法が、

電極上に化学量論的組成に対してPbが過剰である、圧電体の前駆体膜を形成する工程と、

前駆体膜が形成された前記電極を、酸素を含む雰囲気中で700~800の温度で加熱し、前記前駆体膜をペブロスカイト構造の結晶よりなる圧電体膜とする第1加熱工程と、そして

圧電体膜が形成された前記電極を、酸素を含む雰囲気中で800~888の温度で加熱し、前記圧電体膜を更に緻密に結晶化させる第2加熱工程と

を含んでなる、方法。

【請求項2】

第1加熱工程の加熱温度が730~780である、請求項1に記載の製造法。

【請求項3】

第1加熱工程の加熱温度が750~770である、請求項2に記載の製造法。

【請求項4】

第1加熱工程の後、前記電極を冷却することなく続けて第2加熱工程を実施する、請求項1～3のいずれか一項に記載の製造法。

【請求項5】

前記圧電体の前駆体膜中の鉛元素が化学量論的組成に対して、10～30モル%過剰に添加されてなる、請求項1～4のいずれか一項に記載の製造法。

【請求項6】

前記圧電体の前駆体膜中の鉛元素が化学量論的組成に対して、10～20モル%過剰に添加されてなる、請求項5に記載の製造法。

【請求項7】

前記圧電体の前駆体膜をスパッタ法により形成する、請求項1～6のいずれか一項に記載の製造法。 10

【請求項8】

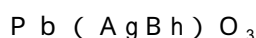
前記圧電体膜の膜厚が1μm～5μmである、請求項1～7のいずれか一項に記載の製造法。

【請求項9】

前記圧電体膜の膜厚が1μm～3μmである、請求項8に記載の製造法。

【請求項10】

第三成分が下記の式で表されるものである、請求項1～9のいずれか一項に記載の製造法：
：



(式中、

Aは、Mg、Co、Zn、Cd、Mn、およびNiからなる群から選択される2価の金属またはSb、Y、Fe、Sc、Yb、Lu、In、およびCrからなる群から選択される3価の金属を表し、

Bは、Nb、Ta、およびSbからなる群から選択される5価の金属またはWおよびTeからなる群から選択される6価の金属を表し、また

gおよびhは1/2を表すが、但し、Aが3価の金属を表し、かつBが6価の金属を表すことはなく、

またAが2価の金属を表し、かつBが5価の金属を表す場合、gは1/3を表し、hは2/3を表す。) 30

【請求項11】

第三成分が、マグネシウムニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、およびマグネシウムタングステン酸鉛からなる群から選択されるものである、請求項1～10のいずれか一項に記載の製造法。

【請求項12】

前記PZTの内、二成分系PZTのZrとTiの組成比Zr/(Zr+Ti)が、0.4以上0.6以下である、請求項1～11のいずれか一項に記載の製造法。

【請求項13】

前記圧電体膜の圧電ひずみ定数d₃₁が160pC/N以上である、請求項1～11のいずれか一項に記載の製造法。 40

【請求項14】

前記薄膜圧電体素子が基板上に形成されてなる、請求項1～13のいずれか一項に記載の製造法。

【請求項15】

前記薄膜圧電体素子と前記基板とが、その間に拡散防止膜を挟持して密着されてなる、請求項14に記載の製造法。

【請求項16】

前記拡散防止膜が、酸化ジルコニウム、酸化トリウム、酸化ハフニウム、酸化タンタル、または酸化アルミニウムからなる層である、請求項15に記載の製造法。

【請求項17】

前記拡散防止膜と密着している電極が白金である、請求項 15 または 16 に記載の製造法。

【請求項 18】

前記基板の圧電体膜素子が形成してなる面と対向する面に溝を形成する工程をさらに含んでなる、請求項 14 ~ 17 のいずれか一項に記載の製造法。

【発明の詳細な説明】

[発明の背景]

発明の分野

本発明は、電気的エネルギーを機械的エネルギーに変換し、またはその逆を行う薄膜型の圧電体素子に関し、さらに詳しくはアクチュエータ、圧力センサ、温度センサ、インクジェット記録用ヘッドなどに用いられる薄膜型の圧電体素子に関する。

10

背景技術

チタン酸ジルコン酸鉛（二成分系 P Z T）に第三成分を加えた三成分系からなる圧電体素子は、その特性において良好であることが知られている。従って、この三成分系 P Z T により薄い圧電素子が得られればインクジェット記録ヘッドをより小型化でき有利である。しかしながら、第三成分系の圧電素子を薄膜の形態で得ようとする、良好な特性のものが得られ難い。

本発明者らの知る限りでは、従来、薄膜圧電体膜においてその厚さ方向の鉛のばらつきに着目し、それを制御することで良好な薄膜圧電体膜が得られたとする報告はなされていない。

20

例えば、Applied Physics Letters, 1991, Vol.58, No. 11, 1161-1163には二成分系 P Z T を用いた強誘電体が開示されている。しかしながら、この報告はこの強誘電体の特性を詳細に開示はしているが、圧電体としての特性の評価は行っていない。

また、特表平 5 - 504740 号公報は二成分系 P Z T を用いた記録ヘッドを開示しているが、三成分系にあってその厚さ方向の鉛のばらつきを制御することが有利であることを開示または示唆するものではない。

[発明の概要]

本発明者等は、今般、三成分系の P Z T を用いた薄膜圧電体膜においては、その厚み方向の P b 組成のばらつきがその特性に大きく関連するとの知見を得た。さらに、そのばらつきを良好に制御する好適な製造法を確立した。

30

従って、本発明は、三成分系の P Z T を用いた、良好な特性の薄膜圧電体素子の提供をその目的としている。

そして、本発明による薄膜圧電体素子は多結晶体よりなる圧電体膜と、該圧電体膜を挟む二つの電極とを含んでなる薄膜圧電体素子であって、

前記圧電体膜が第三成分を 5 モル%以上含んでなる三成分系 P Z T であり、かつその厚さが 5 μ m 以下であり、前記圧電体膜におけるその厚み方向の P b 組成のばらつきが ± 5 % 以下であるものである。

【図面の簡単な説明】

図 1 は、本発明による薄膜圧電体素子の構造を表す図である。

図 2 は、本発明による薄膜圧電体素子を用いたインクジェット記録ヘッドの製造法の説明図であって、図 2 (a) は、その上に S i 酸化膜 102 と、拡散防止膜 103 と、下電極 104 と、そして圧電体膜の前駆体膜 505 が形成された単結晶 S i 基板 101 を示し、図 2 (b) は前駆体膜 505 を焼成して、圧電体膜 105 に変換し、更に上電極 106 を形成した後、インクキャピテー 502 となる空間がエッチングにより形成された基板 101 を表し、図 2 (c) は S i 熱酸化膜 501 および S i 熱酸化膜 102 がエッチングにより除かれた基板 101 を表し、そして図 2 (d) はノズル 504 が開けられたオリフィスプレート 503 が接着された基板 101 を表す図である。

40

図 3 は、本発明による薄膜圧電体素子を用いたインクジェット記録ヘッドの別の好ましい構造を表す図である。

[発明の具体的説明]

50

薄膜圧電体素子

本発明による薄膜圧電体素子は、多結晶体よりなる圧電体膜と、この圧電体膜を挟む二つの電極とから基本的になるものである。そして、圧電体膜が第三成分を5モル%以上含んでなる三成分系PZTであり、かつその厚さが5 μ m以下であり、また圧電体膜におけるその厚み方向のPb組成のばらつきが $\pm 5\%$ 以下であるものである。

本発明による圧電体素子は、圧電体膜におけるその厚み方向のPb組成のばらつきが $\pm 5\%$ 以下と制御された結果、良好な特性を有する。一般に、圧電体素子の変位量は次の式で表現できるとされている。

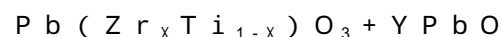
$$\text{変位量} = a \times d_{31} \times V = a \times \frac{33}{33} \times g_{31} \times V$$

(ここで、 a は比例定数、 d_{31} は圧電定数、 $\frac{33}{33}$ は比誘電率、 g_{31} は電圧出力係数、そして V は印加電圧を表す) 10

本発明の好ましい態様によれば、本発明による薄膜圧電体素子は上記式中にあって、比誘電率 $\frac{33}{33}$ は1500以上、より好ましくは2000以上の値を示す。さらに、圧電定数 d_{31} にあっては、160pC/N以上、より好ましくは180pC/N以上の値を示す。

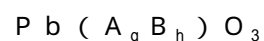
本発明の好ましい態様によれば、本発明による薄膜圧電体素子における圧電体の膜厚は1 μ m~5 μ m程度である。

本発明による薄膜圧電体素子は、いわゆる二成分系とよばれるチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)に第三成分(例えば、マグネシウムニオブ酸鉛)が更に加えられたものである。ここで、二成分系PZTの好ましい具体例としては、下記の式で表わされる組成を有するものが挙げられる。 20



(ここで、 $0.40 < x < 0.6$ 、 $0 < Y < 0.3$ である)

そして、第三成分の好ましい具体例としては、



(式中、

A は、Mg、Co、Zn、Cd、Mn、およびNiからなる群から選択される2価の金属またはSb、Y、Fe、Sc、Yb、Lu、In、およびCrからなる群から選択される3価の金属を表し、

B は、Nb、Ta、およびSbからなる群から選択される5価の金属またはWおよびTeからなる群から選択される6価の金属を表し、また 30

g および h は1/2を表すが、但し、 A が3価の金属を表し、かつ B が6価の金属を表すことはなく、

また A が2価の金属を表し、かつ B が5価の金属を表す場合、 g は1/3を表し、 h は2/3を表す。)

第三成分の好ましい具体例としては、マグネシウムニオブ酸鉛($\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$)、亜鉛ニオブ酸鉛($\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$)、ニッケルニオブ酸鉛($\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$)、マグネシウムタングステン酸鉛($\text{Pb}(\text{Mg}_{1/2}\text{W}_{1/2})$)等が挙げられる。

本発明にあっては、上記組成において第三成分の添加量を5モル%以上、好ましくは10モル%以上、より好ましくは20モル%以上とする。 40

さらに本発明の好ましい態様によれば、その圧電特性改善するために、微量のBa、Sr、Cd、La、Nd、Nb、Ta、Sb、Bi、W、Mo、Ca、Ni、Mn、Siなどが添加されてもよい。とりわけ、0.10モル%以下のSr、Baの添加が圧電特性の改善にとり好ましい。また、0.10モル%以下のMn、Niの添加がその焼結性を改善するので好ましい。

具体的な薄膜圧電体素子の構造を図面を用いて説明する。図1において、薄膜圧電体素子はシリコン(Si)基板101と、Si熱酸化膜102と、拡散防止膜103、下電極(例えば、Ptからなる)104と、圧電体膜105と、上電極106(例えば、Auからなる)とから構成される。 50

ここで、拡散防止膜は後記する加熱焼成工程において、圧電体膜からのPbが拡散してSi熱酸化膜に至ることを防止する。PbがSi熱酸化膜に拡散すると、場合によってはこのSi熱酸化膜を溶かしてしまうおそれがあるからである。この拡散防止膜は、好ましくは酸化ジルコニウム、酸化トリウム、酸化ハフニウム、酸化タンタル、または酸化アルミニウムからなる。

各層の厚さは適宜決定されてよいが、Si基板は10～1000μm程度、好ましくは100～400μm、Si熱酸化膜は0.05～3μm程度、好ましくは0.1～1μm、拡散防止膜は0.02～2μm程度、好ましくは0.04～1μm、上電極および下電極は0.05～2μm程度、好ましくは0.1～0.2程度である。

薄膜圧電体素子の製造

本発明による薄膜圧電体素子は、圧電体膜におけるその厚み方向のPb組成のばらつきが±5%以下と制御された以外は、慣用されている種々の薄膜作製手法を利用して製造されてよい。

好ましい薄膜作製の手法としてはスパッタリングが挙げられる。すなわち、特定成分のPZT焼結体をスパッタリングのターゲットとして用い、電極膜上にスパッタリングによりアモルファス状の圧電体膜前駆体膜を形成する。ここで、この前駆体の組成は、焼結後に第三成分が5モル%以上含んでなる三成分系PZTとなるよう制御される必要がある。本発明の好ましい態様によれば、この前駆体は、化学量論的組成に対してPbを過剰に含むものであるのが好ましい。Pbを10～30モル%過剰に含んでなるのが好ましく、より好ましくは10～20モル%である。

次のこのアモルファス状の前駆体を加熱し結晶化し、焼結させる。この加熱は酸素雰囲気中（例えば、酸素中、または酸素とアルゴンなどの不活性ガスとの混合ガス中）において行われる。

本発明者らは、上記の加熱処理にあつて、前駆体から拡散するPbOが前駆体表面まで至りPbO皮膜となる現象を確認した。このPbO皮膜が前駆体焼成時に発生するガスの発散を阻害し、層剥離の原因の一つになるものと考えられた。そこで、この前駆体の焼成はPbO皮膜の発生がないように制御して行われるのが好ましい。具体的にはこのPbO皮膜（鉱物名としてMassicotと呼ばれる）の融点と思われる888未満の温度において焼成されるのが好ましいといえるが、他の焼成条件を制御することで必ずしも、この温度以上の温度における焼成が本発明の範囲から排除されるものではない。

本発明の好ましい態様によれば、この焼結を一段で行うことが可能である。具体的には、前駆体膜が形成された前記電極を、酸素を含む雰囲気（酸素濃度は好ましくは10～100%）中で800～888の温度、好ましくは830～880、より好ましくは850～870において加熱する。この加熱は、前駆体膜をペブロスカイト構造の結晶よりなる圧電体膜とするのに十分な時間行う。

また本発明の別の好ましい態様によれば、この焼結を二段階に分けて行うことも可能である。焼成を二段階に分けて行うことで、Pb組成のばらつきをより容易に制御することが可能である。すなわち、一段による焼成にあつてはPbの蒸発と結晶化のための焼成とが同時に行われるが、二段による焼成にあつては、まず結晶化のための焼成と、Pbの蒸発を伴う焼成を分けて実施することができるからである（実際には、最初の結晶化のための焼成にあつてもPbの蒸発がないわけではない）。具体的な加熱条件は、第1の加熱工程として、酸素を含む雰囲気（酸素濃度は好ましくは10～100%）中で、前記一段で焼成を行う方法よりも低い温度700～800、好ましくは730～780、より好ましくは750～770において加熱を行う。この加熱は、前駆体膜をペブロスカイト構造の結晶よりなる圧電体膜とするのに十分な時間行う。続いて、第2加熱工程を、加熱温度800～888、好ましくは830～880、より好ましくは850～870程度で実施する。

第1加熱工程と第2加熱工程とは、連続して行われてもよく、また第1加熱工程の後、膜を室温まで冷却した後、第2加熱工程が行われてもよい。

上記焼結は、その結晶化が可能な限り種々の加熱炉を利用することができるが、昇温速度

10

20

30

40

50

の大きな加熱炉を利用するのが好ましい。例えば、ランプアニール炉の利用が好ましい。好ましい昇温速度としては、上記いずれの方法においても、10 /秒以上であり、より好ましくは50 /秒以上である。

以上のように形成された電極上の圧電体膜の上にさらに電極を設け、薄膜圧電体素子とする。

薄膜圧電体素子を用いたインクジェット記録ヘッド

本発明による薄膜圧電体素子は、その良好な特性を利用して、種々の用途に用いられてよい。

例えば、インクジェット記録ヘッドの振動子として利用することができる。本発明による薄膜圧電体素子を利用することで、記録ヘッドの小型化および高解像度化が可能となる。さらに、本発明による圧電体素子は大きな圧力でインクを吐出させることができ、また高い周波数によって駆動が行えるとの利点がある。

本発明による薄膜圧電体素子を利用した好ましい記録ヘッドの断面図は図2(d)に示されるとおりである。この記録ヘッドは、薄膜圧電体素子が設けられ、かつキャビティー502とが設けられた単結晶Si基板101と、ノズル504が設けられたプレート503とからなる。単結晶Si基板101上には、Si熱酸化膜102と、拡散防止膜103、下電極104と、圧電体膜105と、上電極106とから構成される。キャビティー502はインク供給路(図示せず)に通じており、インク供給路から供給されるインク組成物はキャビティー502に溜まる。ここで、圧電体膜105に下電極104と上電極106とを通じて電圧が印加されると、キャビティー502を変形させ、インクに圧力を加える。

この圧力によってインクがノズル504より吐出され、インクジェット記録が行える。このような記録ヘッドは次のような方法によって好ましく製造することができる。図2(a)に示されるように、単結晶Si基板101の両面に、湿式酸化法により、厚み1 μ mのSi熱酸化膜102および501を形成する。次に、裏面のSi熱酸化膜501をフォトレジストを用いた通常のフォトリソ工程によって、キャビティー502を形成するためにマスクパターンを形成し、Si熱酸化膜501を、フッ酸および弗化アンモニウムの1:10の緩衝弗酸溶液を用いてエッチングを行う。この際、Si熱酸化膜501のパターンが単結晶Si基板101の結晶方位の面(111)に合うようにする、すなわち図2の単結晶Si基板101の紙面と垂直な面が(111)となるようにするのが好ましい。エッチングのマスクピッチは、ノズルピッチに対応する。高解像度のインクジェット記録ヘッドにあっては、ノズルピッチが例えば140 μ m程度となるため、エッチングのマスクピッチも同様とする。更に、反対側のSi熱酸化膜102側に、拡散防止膜103、下電極膜104を形成する。さらに、下電極104上全面に圧電体膜の前駆体膜505を形成し、慣用されているフォトリソ工程(例えば、フッ酸系のエッチング液を用いる方法)により、図2(a)に示されているように、インクキャビティー上に、圧電体膜の前駆体膜505を残す。この前駆体膜505を焼成して再結晶させ、圧電体膜105とする。その後、慣用されている方法によって上電極106を形成する。さらに、圧電体膜105および上電極106をマスキングし、単結晶Si基板101をエッチングし、インクキャビティー502を形成する。このエッチングは例えば水酸化カリウム溶液による異方性エッチングによるのが好ましい。例えば、水酸化カリウム溶液の単結晶Siの結晶面方位に対するエッチング選択比は、非常に大きく、(110)面:(111)面=300:1程度である。そのため、インクキャビティー502のような形状を得るためには非常に有利である。

次に、図2(c)に示すように、単結晶Si基板101のエッチングマスクであるSi熱酸化膜501と、インクキャビティー502の上部にあるSi熱酸化膜102をフッ酸-弗化アンモニウム水溶液で、エッチングして除去する。

そして、ノズル504が開けられたオリフィスプレート503を装着して、図2(d)に記載のインクジェット記録ヘッドを得ることができる。

さらに、他の好ましいインクジェット記録ヘッドの断面図は図6に示されるとおりである。この態様では、圧電体膜105をインクキャビティー502の上部全面に形成した例で

10

20

30

40

50

ある。

[実施例]

本発明を以下の実施例によって詳細に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

実施例 1

厚さ400 μ m、直径4インチの単結晶Si基板を、アンモニア-過酸化水素-水の混合溶液で洗浄した後、水蒸気を含む酸素雰囲気中で1100 $^{\circ}$ C、3時間加熱して湿式酸化を行い、1 μ mの厚さのSi熱酸化膜を形成した。このSi熱酸化膜の上に、次に高周波スパッタリング法によって、酸化ジルコニウムターゲットを用いて1 μ mの厚さの酸化ジルコニウム膜を拡散防止膜として形成した。更にこの拡散防止膜上に下部電極としての厚さ0.5 μ mの白金膜を直流スパッタ法により形成した。

この下部電極上に、スパッタリングターゲットとして組成の制御されたPZTの焼結体を用い、基板温度200 $^{\circ}$ C以下の条件下において高周波スパッタリング法によって、膜厚3 μ mの圧電体膜前駆体膜を形成した。この前駆体膜はアモルファス状態であった。

前駆体膜が形成されたSi基板をランプアニール装置によって加熱して、前駆体膜を結晶化し、焼結させて圧電体膜とした。加熱条件は、昇温速度100 $^{\circ}$ C/秒として次の第1表に記載の温度まで上昇させ、その後その温度で1分間維持した。また、雰囲気は酸素100%とした。

圧電体膜の上にさらに、直流スパッタ法によって、膜厚0.5 μ mの金膜を形成し、薄膜圧電体素子とした。

得られたPZT膜の組成は、マグネシウムニオブ酸鉛-ジルコン酸鉛-チタン酸鉛($Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 - PbZrO_3 - PbTiO_3$)の三成分系PZTにおいて、それぞれ40モル%-38モル%-22モル%であった。

また、PZT膜の方向におけるPbの組成分布を、オージェ電子分光法により観察した結果、そのばらつきは次の第1表に示されるとおりであった。

得られた薄膜圧電体素子に分極処理を施した。すなわち、Pt膜およびAu膜間に60Vの電圧を1分間印加した。その後、圧電定数d₃₁を測定した。その値は次の第1表に示されるとおりであった。

第 1 表

試料番号	熱処理温度	Pbのばらつき	圧電定数(pC/N)
1-1	800 $^{\circ}$ C	$\pm 5\%$	175
1-2	850 $^{\circ}$ C	$\pm 4\%$	200
1-3	880 $^{\circ}$ C	$\pm 4\%$	185

得られた圧電素子について、X線解析により結晶性を調べてた。その結果、いずれの圧電素子にもペロブスカイト構造のみが観察され、パイロクロア構造は観察されなかった。また、PbO結晶のピークはいずれの圧電素子においても観察されなかった。

実施例 2

熱処理条件を860 $^{\circ}$ C、5秒とし、さらに圧電体膜の前駆体におけるPbO組成の過剰量を次の表に示されるように変化させた以外は、実施例1と同様にして薄膜圧電体素子を得た。

得られた圧電体素子のPbのばらつきと、圧電定数は次の第2表に示されるとおりであった。

第 2 表

試料番号	過剰Pb (モル%)	Pbのばらつき	圧電定数 (pC/N)
2-1	10	±3%	185
2-2	20	±5%	185
2-3	30	±4%	165

10

実施例 3

熱処理を二段階に分けて実施した以外は、実施例 1 と同様にして薄膜圧電体素子を得た。第一の熱処理は次の第 3 表に示される温度で 1 分間、また第二の熱処理は 870 で 1 分間行った。

得られた圧電体素子の Pb のばらつきと、圧電定数は次の第 3 表に示されるとおりであった。

第 3 表

試料番号	第一の熱処理	Pbのばらつき	圧電定数 (pC/N)
3-1	710°C	±3%	180
3-2	730°C	±5%	190
3-3	750°C	±4%	220
3-4	770°C	±4%	210
3-5	790°C	±4%	175

20

30

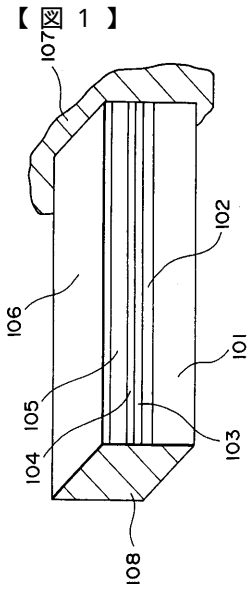


FIG. 1

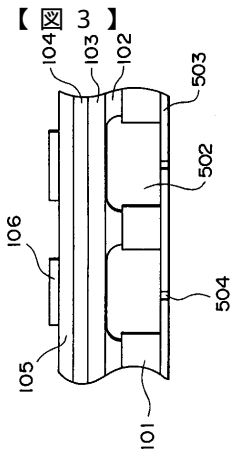


FIG. 3

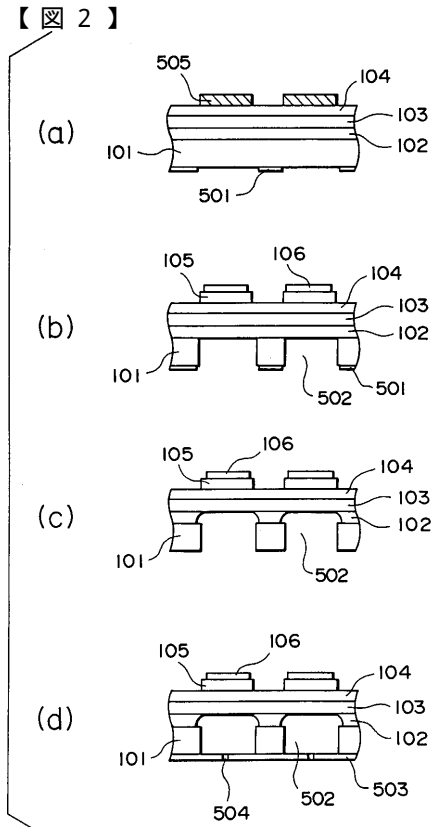


FIG. 2

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 235268 (JP, A)
特開昭63 - 238799 (JP, A)
特開平02 - 248089 (JP, A)
特開平05 - 262570 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H01L 41/22
H01L 41/09