

(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
2013年2月7日(07.02.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/018604 A1

- (51) 国際特許分類:

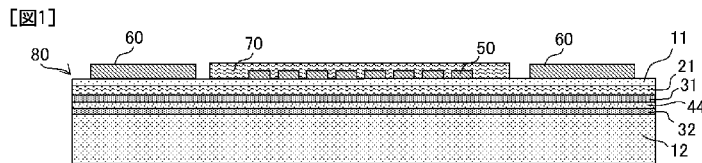
H03H 9/145 (2006.01)	H03H 3/02 (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01)	H03H 3/08 (2006.01)
H01L 41/18 (2006.01)	H03H 9/17 (2006.01)
H01L 41/22 (2013.01)	H03H 9/25 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/068788
- (22) 国際出願日: 2012年7月25日(25.07.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-166586 2011年7月29日(29.07.2011) 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): 岩本敬(IWAMOTO, Takashi) [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: 特許業務法人 楓国際特許事務所(Kaede Patent Attorneys' Office); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋1丁目4番34号 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, 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 DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING PIEZOELECTRIC DEVICE

(54) 発明の名称: 圧電デバイス、および、圧電デバイスの製造方法



(57) Abstract: This piezoelectric device comprises a piezoelectric thin film, a function electrode, a semiconductor layer, and a support substrate. The function electrode is disposed upon a first primary face side of the piezoelectric thin film and electromechanically bonds to the piezoelectric thin film. The semiconductor layer is formed from either a semiconductor material or a composite material of a metal and an oxide of said metal, and is disposed upon a second primary face side of the piezoelectric thin film. The support substrate is disposed upon the second primary face side of the piezoelectric thin film with the semiconductor layer interposed therebetween.

(57) 要約: 本願の圧電デバイスは、圧電体薄膜と、機能電極と、半導電層と、支持基板と、を備える。機能電極は、圧電体薄膜の第一主面側に設けられて前記圧電体薄膜に電気機械結合する。半導電層は、半導体材料または、金属とその金属の酸化物との混合材料からなり、圧電体薄膜の第二主面側に設けられる。支持基板は、前記半導電層を間に介して圧電体薄膜の第二主面側に設けられる。



WO 2013/018604 A1

明 細 書

発明の名称：圧電デバイス、および、圧電デバイスの製造方法 技術分野

[0001] この発明は、圧電体薄膜を支持基板に接合した圧電デバイスと、その製造方法とに関するものである。

背景技術

[0002] 近年、圧電デバイスが多く開発されている。上記圧電デバイスにおいては、圧電体薄膜が支持基板などに接合されている（例えば、特許文献1～3参照）。

[0003] 圧電体薄膜と支持基板との接合法として、従来からさまざまな方法が提案、採用されている。例えば、親水化接合と呼ばれる接合法（特許文献1参照。）では、まず、鏡面加工された薄膜側の接合面と支持基板側の接合面とのそれぞれに、無機酸化物層が形成される。次に、無機酸化物層の表面に水酸基が形成される。次に、薄膜側の無機酸化物層の表面と支持基板側の無機酸化物層の表面とを重ね合わせ、これにより、水酸基同士の水素結合により薄膜側の無機酸化物層と支持基板側の無機酸化物層とを接合させる。次に、200℃以上での熱処理により、水素結合している水酸基からH₂Oを脱離させ、これにより、薄膜側の無機酸化物層と支持基板側の無機酸化物層との接合強度を大幅に向上させる。

[0004] また、活性化接合と呼ばれる接合法（特許文献2、3参照。）では、まず、鏡面加工された薄膜側の接合面と支持基板側の接合面とのそれぞれを、不活性ガス雰囲気または真空中でスパッタエッチングすることにより、表面からのコンタミの除去と表面の活性化とがなされる。その状態で、薄膜側の接合面と支持基板側の接合面とを重ね合わせるにより、非加熱環境下で薄膜側の接合面と支持基板側の接合面とがアモルファス層を介して強固に接合される。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特開平6-326553号公報
特許文献2：特開2004-343359号公報
特許文献3：特開2005-252550号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 一般的に、圧電体は一定以上の抵抗値でなければ特性が劣化するため、比較的大きな抵抗率を有している。このため、熱印加によって大きな焦電荷が生じる。たとえば、タンタル酸リチウムやニオブ酸リチウムなどの体積抵抗率は $10^8 \Omega \cdot m$ 以上と高い。このため、その焦電荷を圧電体薄膜から逃がすような構造が圧電体薄膜に設けられていなければ、圧電体薄膜の面内で局所的に、焦電荷による電界が圧電体の抗電界を超えることがある。圧電体は自発分極しなければ十分な圧電性が得られないが、焦電荷による電界が圧電体の抗電界を超えた場合、その領域で分極反転が生じてしまい、圧電体薄膜の圧電性が低下することがある。また、焦電荷が機能電極の電極破壊を引き起こすこともある。
- [0007] したがって、上記先行文献に開示されている圧電デバイスの構成では、圧電薄膜と支持基板間に絶縁層が形成されているため、焦電荷が逃げていかず、前述のような焦電荷による問題が生じる虞があった。
- [0008] この焦電荷による問題の発生を防ぐためには、焦電荷を逃がす電極構造を圧電体薄膜に設けることが望ましい。しかしながら、その場合には、圧電デバイスが不要な電極構造を有することになるため、利用できるデバイスの種類が限定されてしまう。例えば、フィルタや分波器などの高周波デバイスでは、高周波信号が不要な電極構造を介して漏れることで特性劣化が引き起こされてしまう。したがって、焦電荷を逃がすための電極構造を設けることができず、焦電荷による問題の発生を防ぐことが難しかった。
- [0009] そこで、本発明の目的は、利用できるデバイスの種類が限定されることなく、焦電荷による不良発生を回避できる構成の圧電デバイスと、その圧電デ

バイスの製造方法と、を実現することにある。

課題を解決するための手段

[0010] この発明に係る圧電デバイスは、圧電体薄膜と、機能電極と、半導電層と、支持基板と、を備える。機能電極は、圧電体薄膜の第一主面側に設けられて前記圧電体薄膜に電気機械結合する。半導電層は、半導体材料または、金属とその金属の酸化物との混合材料からなり、圧電体薄膜の第二主面側に設けられる。支持基板は、前記半導電層を間に介して圧電体薄膜の第二主面側に設けられる。

[0011] この構成では、熱印加時に発生する焦電荷が半導電層を介して拡散し、焦電荷による電界が圧電体薄膜内において局所的に高まることが無くなる。これにより、焦電荷による電界が圧電体薄膜の抗電界を超えることを防ぎ、圧電体薄膜での分極反転の発生や、機能電極の電極破壊を防ぐことができる。その上、半導電層を設けることで、不要な電極構造を設ける必要が無く、電気信号の漏れなどによる電気特性（デバイス特性）の劣化を防ぐことができる。

なお、上述の圧電デバイスにおいて、半導電層の体積抵抗率は、 1×10^{-5} ($\Omega \cdot m$) $\sim 1 \times 10^2$ ($\Omega \cdot m$) であると好適である。

また、上述の圧電デバイスにおいて、半導電層は、半導体材料であるチタン酸化物、亜鉛酸化物、ジルコニア酸化物、クロム酸化物、シリコンのいずれか、または、アルミニウムとアルミニウム酸化物との混合物、コバルトとコバルト酸化物との混合物、銅と銅酸化物との混合物、クロムとクロム酸化物との混合物、鉄と鉄酸化物との混合物、モリブデンとモリブデン酸化物との混合物、ニッケルとニッケル酸化物との混合物、ニオブとニオブ酸化物との混合物、チタンとチタン酸化物との混合物、シリコンとシリコン酸化物との混合物、タンタルとタンタル酸化物との混合物、タングステンとタングステン酸化物との混合物、亜鉛と亜鉛酸化物との混合物、ジルコニウムとジルコニウム酸化物との混合物、のいずれかであると好適である。

また、上述の圧電デバイスにおいて、半導電層は、膜厚が100nm以下

であると好適である。

[0012] 上述の圧電デバイスにおいて、圧電体薄膜は圧電単結晶からなり、該圧電体単結晶薄膜は、第一主面側と第二主面側とで膜応力に差があってもよい。

また、上述の圧電デバイスにおいて、圧電体単結晶薄膜は、水素原子またはヘリウム原子が介在原子として結晶に介在し、第一主面側と第二主面側とで介在原子の分布密度に差がある構造であってもよい。

[0013] これらの構成では、半導電層が設けられていなければ、熱印加時に発生する焦電荷が増え、焦電荷によって圧電性が損なわれたり、機能電極の電極破壊が生じたりする危険性が高い。そのため、半導電層が設けられることによる効用が大きい。

[0014] この発明に係る圧電デバイスの製造方法は、接合体形成工程と、半導電層形成工程と、機能電極形成工程と、を有する。接合体形成工程は、金属層を間に介した圧電体薄膜と支持基板との接合体を形成する工程である。半導電層形成工程は、前記金属層を酸化させて半導電層を形成する工程である。機能電極形成工程は、圧電体薄膜の第一主面側に、前記圧電体薄膜に電気機械結合する機能電極を形成する工程である。半導電層は、金属層を構成する金属とその酸化物とが混合する層、または、前記金属層を構成する金属の酸化物である半導体からなる層である。

[0015] この製造方法では、半導電層を設けた圧電デバイスを製造することができる。そのため、圧電デバイスにおいて焦電荷による分極反転の発生や、焦電荷による機能電極の電極破壊を防ぐことができる。

[0016] 上述の圧電デバイスの製造方法において、金属層に積層される酸化物層を形成する酸化物層形成工程を、有すると好適である。

この製造方法では、酸化物層が金属層の酸化反応に対する酸素供給源となつて、金属層の酸化に要する時間や、加熱により酸化させる場合の加熱温度を大幅に低減することができる。

[0017] 上述の圧電デバイスの製造方法において、接合体形成工程は、不活性ガス雰囲気下または真空下で連続して行われると好適である。

[0018] この製造方法では、金属層の表面が、外気により酸化されたり、コンタミに汚染されたりすることがなく、清浄な表面同士を重ね合わせて金属接合層を形成できる。したがって、強固な接合をより安定して実現することができる。

[0019] 上述の圧電デバイスの製造方法において、イオン注入工程と、分離工程と、を有すると好適である。イオン注入工程は、圧電基板の接合面からイオン化した元素を注入して、前記圧電基板の中に前記元素が集中して存在する領域を形成する工程である。分離工程は、加熱により圧電基板における接合面側の領域を圧電体薄膜として分離する工程である。

また、仮支持工程と、支持工程と、をさらに有すると好適である。仮支持工程は、圧電基板のイオン注入面側に、圧電基板と同種の材料からなる、あるいは、圧電基板との界面に作用する熱応力が支持基板と圧電基板との界面に作用する熱応力よりも小さい、仮支持基板を形成する工程である。支持工程は、圧電基板から分離した圧電体薄膜に支持基板を形成する工程である。

[0020] この製造方法では、圧電体薄膜を安定した膜厚と所望の結晶方位で形成できるとともに、圧電基板の材料利用効率を高めることができる。また、この製造方法では、イオン注入によって、イオンの元素が圧電体薄膜の結晶格子間に介在するとともに、その分布密度が一方の主面側に偏ることになる。この結果、圧電体薄膜がやや反った状態となり、支持基板との接合に困難性が生じやすくなる。しかしながら、本発明による製造方法を用いる場合、非加熱環境下で熱応力の影響を受けずに圧電基板と支持基板とを接合させることが可能であるため、効用が非常に大きなものとなる。また、半導電層を設けて焦電荷を拡散させることによる効用も大きい。

発明の効果

[0021] この発明によれば、圧電デバイスへの熱印加時に圧電体薄膜で発生する焦電荷が、半導電層を介して分散するため、焦電荷による電界が圧電体薄膜内において局所的に高まることが無くなる。これにより、焦電荷による電界が圧電体薄膜の抗電界を超えることを防ぎ、圧電体薄膜で分極反転が生じるこ

とや、機能電極の電極破壊が起こることを防ぐことができる。その上、半導電層を設けることにより、不要な電極構造を設ける必要が無くなり、電気信号の漏れなどによる電気特性（デバイス特性）の劣化を防ぐことができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の第1の実施形態に係る圧電デバイスの構成を説明する図である。

[図2]本発明の第1の実施形態に係る圧電デバイスの製造方法の製造フローを説明する図である。

[図3]図2に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図4]図2に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図5]図2に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図6]本発明の第2の実施形態に係る圧電デバイスの製造方法の製造フローを説明する図である。

[図7]図6に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図8]図6に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図9]本発明の第3の実施形態に係る圧電デバイスの製造方法の製造フローを説明する図である。

[図10]図9に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図11]図9に示す製造フローの各工程における模式図である。

発明を実施するための形態

[0023] 《第1の実施形態》

まず、本発明の第1の実施形態に係る圧電デバイスについて、SAW (Surface Acoustic Wave ; 弾性表面波) デバイスを具体例として説明する。

図1は、本実施形態のSAWデバイス10の構成を示す図である。

[0024] SAWデバイス10は、積層基板部80と、IDT (Interdigital Transducer) 電極50と、保護絶縁膜70と、配線60とを備えている。積層基板部80は、全体としての厚みが約250 μ mであ

り、圧電体単結晶薄膜 11 と、支持基板 12 と、酸化物層 31, 32 と、半導電層 44 と、誘電体層 21 と、を備えている。

[0025] 支持基板 12 は、積層基板部 80 の最底面に設けられている。ここでは、支持基板 12 は、アルミナ基板またはマグネシア基板からなる。アルミナ基板やマグネシア基板は、熱伝導が良好で、線膨張率が圧電単結晶材料より小さい材質である。このような支持基板 12 を用いることにより、SAWデバイス 10 は周波数温度特性や放熱性・耐電力性が改善されたものになる。

[0026] 酸化物層 32 は、支持基板 12 の上面に積層して形成されている。この酸化物層 32 は、詳細を後述するが、半導電層 44 の形成のために設けられている。ここでは、酸化物層 32 は、酸化珪素膜からなる。

[0027] 半導電層 44 は、酸化物層 32 の上面に積層して形成されている。この半導電層 44 は、圧電体薄膜 11 で発生する焦電荷を拡散させて、圧電体薄膜 11 での局所的な分極反転や、IDT電極 50 の電極破壊を防ぐために設けている。また、この半導電層 44 は、圧電体薄膜 11 と支持基板 12 との接合にも用いられている。ここでは、半導電層 44 は、半導体であるチタン酸化物からなる。

[0028] なお、半導電層 44 は、チタン酸化物の他にも、半導体材料である、亜鉛酸化物、ジルコニア酸化物、クロム酸化物、シリコンのいずれか、または、チタンとチタン酸化物との混合物、アルミニウムとアルミニウム酸化物との混合物、コバルトとコバルト酸化物との混合物、銅と銅酸化物との混合物、クロムとクロム酸化物との混合物、鉄と鉄酸化物との混合物、モリブデンとモリブデン酸化物との混合物、ニッケルとニッケル酸化物との混合物、ニオブとニオブ酸化物との混合物、シリコンとシリコン酸化物との混合物、タンタルとタンタル酸化物との混合物、タングステンとタングステン酸化物との混合物、亜鉛と亜鉛酸化物との混合物、ジルコニウムとジルコニウム酸化物との混合物などであってもよい。

[0029] 酸化物層 31 は、半導電層 44 の上面に積層して形成されている。この酸化物層 31 は、前述の酸化物層 32 と同様に半導電層 44 の形成のために設

けられている。ここでは、酸化物層 32 は、酸化珪素膜からなる。

[0030] 誘電体層 21 は、酸化物層 31 の上面に積層して形成されている。この誘電体層 21 は、SAW デバイス 10 における表面弾性波を表層にとじ込め、良好な特性を得る機能を果たす目的で設けられている。ここで用いる誘電体層 21 は、膜厚が 700 nm の酸化ケイ素膜（不図示）と、膜厚が 1400 nm の窒化アルミニウム膜（不図示）との積層膜である。なお、誘電体層 21 は必須の構成では無く、設けなくても良い。

[0031] 圧電単結晶薄膜 11 は、誘電体層 21 の上面に積層して形成されている。ここで用いる圧電単結晶薄膜 11 は、LT（タンタル酸リチウム）単結晶の薄膜である。なお、圧電単結晶薄膜 11 の材料は、LT、LN（ LiNbO_3 ）、LBO（ $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ）、ランガサイト（ $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ ）、KN（ KNbO_3 ）などの圧電材料から適宜選択するとよい。それらの圧電材料のうち、LT や LN は焦電荷が発生しやすいため、圧電単結晶薄膜 11 が LT や LN からなる場合には、半導電層 44 を設けることにより、焦電荷が原因となる不具合の発生が防がれる効用が大きなものになる。

[0032] IDT 電極 50 や配線 60 は、圧電単結晶薄膜 11 の上面にパターン形成されている。IDT 電極 50 は本実施形態における機能電極であり、圧電単結晶薄膜 11 に対して電気機械結合し、圧電単結晶薄膜 11 とともに表面弾性波素子を構成する。配線 60 は、IDT 電極 50 と外部回路との間で高周波信号を伝達する。ここで用いる IDT 電極 50 や配線 60 は、アルミニウムとチタンの積層膜である。なお、アルミニウム膜は、アルミニウムを主として含む合金、たとえば Al-Cu 合金などを用いてもよい。

[0033] このような構成の SAW デバイス 10 において、圧電単結晶薄膜 11（ここでは、厚み 500 nm の LT 単結晶）の抗電界は、およそ 20~30 kV/mm である。そのため、圧電単結晶薄膜 11 の分極軸が圧電単結晶薄膜 11 の主面法線方向である場合には、圧電単結晶薄膜 11 の両主面間に 10~15 V の電圧による電界がかかれば、圧電単結晶薄膜 11 の抗電界を超えて、分極反転が生じることになる。また、圧電単結晶薄膜 11 の

分極軸が圧電体単結晶薄膜 1 1 の主面法線方向から傾く場合には、分極反転に至る電界は大きくなり、分極軸が圧電体単結晶薄膜 1 1 の主面法線方向から 45° 傾いている場合は、 $1.4 \sim 2.1 \times 10^2$ V の電圧による電界が必要である。

[0034] ここで、圧電体単結晶薄膜 1 1 で発生する焦電荷が半導電層 4 4 で拡散されなければ、 10 数 V という電圧は、容易に分極反転が実現される電圧レベルである。そのため、圧電単結晶薄膜 1 1 で発生する焦電荷を半導電層 4 4 によって拡散させることにより、焦電荷による電界の集中を防いで、分極反転領域の発生と IDT 電極 5 0 の電極破壊とを回避することができる。具体的には、半導電層 4 4 の厚みが $0.1 \sim 100$ nm の範囲において、抵抗率が 1×10^2 ($\Omega \cdot m$) 以下であれば、圧電体単結晶薄膜 1 1 に分極反転が起こることが殆どなくなる。これを以下に示す。

[0035] 体積抵抗率が異なる半導電層を形成した複数の圧電基板に対して、 1 mm \times 1 mm の領域を 1 つのセルとして、 250°C での熱印加により分極反転が発生したセルの数を調査した。その結果、以下のような調査結果が得られた。

[0036] [表1]

半導電層の体積抵抗率($\Omega \cdot m$)	分極反転発生率(%)
1.0×10^{-2}	0
1.0×10^{-1}	0
1.0×10^0	0
1.0×10^1	0
1.0×10^2	0
1.0×10^3	69.2
1.0×10^4	98.9

[0037] この調査結果から、体積抵抗率が 1×10^2 ($\Omega \cdot m$) (弾性波デバイスの動作範囲温度、半導電層厚み 1 nm) 以下の半導電層を形成した圧電基板の場合には、分極反転の発生率を抑制できることが分かる。

[0038] また、IDT 電極 5 0 や配線 6 0 を流れる高周波信号が半導電層 4 4 に漏れれば、デバイス特性の劣化が引き起こされることになるが、半導電層 4 4

を適度な抵抗率とすることにより、高周波信号が半導電層 4 4 に漏れることを防ぐことができる。具体的には、デバイス利用帯域が、300 MHz ~ 2.7 GHz 帯に含まれるものである場合には、半導電層 4 4 の厚みが 0.1 ~ 100 nm の範囲において、抵抗率が 1×10^{-5} ($\Omega \cdot m$) 以上であれば、デバイス特性（インピーダンス比）の劣化は数%以下程度に抑えることができる。

[0039] 以上のように、層厚が 1 nm で体積抵抗率が 1×10^{-5} ($\Omega \cdot m$) ~ 1×10^2 ($\Omega \cdot m$) の半導電層 4 4 を、圧電体薄膜 1 1 と支持基板 1 2 との間に配置することで、デバイスの特性劣化を招くことなく、焦電荷による圧電体薄膜 1 1 の分極反転を抑制できる。

[0040] なお、本実施形態では、圧電体単結晶薄膜 1 1 と半導電層 4 4 との間には、酸化物層 3 1 と誘電体層 2 1 とが介在する。酸化物層 3 1 や誘電体層 2 1 のような絶縁層は、圧電体単結晶薄膜 1 1 と半導電層 4 4 との間での焦電荷の放出速度を低下させ、分極反転を抑制する効果を低下させるが、それらの絶縁層が数 μm 以下と極めて薄い場合には、焦電荷の拡散の妨げには殆どならない。

[0041] そこで、絶縁体層として窒化アルミニウム（体積抵抗率は $1 \times 10^{11} \Omega \cdot m$ ）を、圧電膜と半導電層との間に挿入し、これにより分極反転を抑制する効果が阻害されるかどうかを調査した。ここでは、 $\phi 100 mm$ の圧電基板において、 $1 mm \times 1 mm$ の領域を 1 つのセルとし、 $250^\circ C$ の熱を印加して分極反転が発生したセルの比率を調べた。その結果、以下のような調査結果が得られた。

[0042]

[表2]

窒化アルミニウムの厚み (nm)	φ100mm 基板を 1mm×1mmのセル (7853 セル)に分けて 分極反転が発生したセル数	分極反転したセルの 発生比率(%)
なし	0	0.0
100	0	0.0
500	0	0.0
1,000	115	1.5
2,000	211	2.7
5,000	5025	64.0
10,000	7516	97.6
100,000	7651	99.4
参考 半導体層なし	7635	99.2

[0043] この調査結果のように、窒化アルミニウム（絶縁体）の厚みが2000nm（抵抗換算で200kΩ）までであれば十分な抑制効果が見られた。また、厚みが5000nm（抵抗換算で500kΩ）までであっても、効果は落ちるが半導電層がない場合に比べると分極反転の抑制効果が見られた。一方、10000nm（1000kΩ）以上ではほとんど効果は見られなかった。したがって、一定膜厚までの絶縁体層であれば、本発明の構造の焦電荷の悪影響を抑制するという効果が保持されることがわかる。

[0044] なお、従来の圧電デバイスでは、圧電体自体の抵抗率を下げることで、焦電荷の発生を防ぐことがあった。その場合、圧電体が酸化されることにより抵抗率が高まることを防ぐ必要があり、圧電デバイスを不活性ガスが封入された気密パッケージの内部空間に収容する必要があった。そのため、従来は、パッケージコストがかかるだけでなく、パッケージの低背化が困難であった。それに対して、本実施形態で示した構成の圧電デバイスでは、圧電体の抵抗率がどのようなであっても、半導電層44によって確実に焦電荷を拡散させることができる。このため、不活性ガスを封入した気密パッケージに圧電デバイスを収容する必要が無く、パッケージコストを低廉にでき、また、パッケージの低背化が容易である。

[0045] 次に、SAWデバイス10の製造方法について説明する。

- [0046] 図2は、本実施形態のSAWデバイスの製造フローを説明する図である。
図3～4は、製造フローの各工程における模式図である。
- [0047] まず、圧電単結晶基板1が用意され、後に圧電単結晶薄膜11（符号不図示）を分離するために、圧電単結晶基板1の主面1A（接合面1A）側からイオンが打ち込まれる（S101）。この工程が、本実施形態におけるイオン注入工程に相当する。これにより、図3（S101）に示すように、圧電単結晶基板1の接合面1Aから所定深さの位置に欠陥層2が形成される。欠陥層2は、圧電単結晶基板1に注入されたイオンの原子が集中して存在する領域である。
- [0048] より具体的には、ここで用いるイオンは水素イオンである。そして、水素イオンは80KeVの加速電圧で、 1.0×10^{17} atom/cm²のドーズ量となるように、圧電単結晶基板1に打ち込まれる。これにより、欠陥層2は、接合面1Aから深さ約550nmの位置に形成される。欠陥層2の形成位置は、イオン注入時の加速電圧により決定され、例えば、約半分の深さに欠陥層2を形成する場合は、加速電圧を約半分にすればよい。なお、注入するイオンは、水素イオンの他、ヘリウムイオンやアルゴンイオンなどから適宜選択するとよい。
- [0049] 次に、図3（S102）に示すように、圧電単結晶基板1の接合面1Aに、誘電体層21が形成される（S102）。
- [0050] 次に、図3（S103）に示すように、誘電体層21の表面に酸化珪素からなる酸化物層31が形成される（S103）。酸化物層31の表面は、CMP（Chemical Mechanical Polishing）法などにより平坦化されると好適である。なお、この酸化物層31は、後に金属接合層43（符号不図示）への酸素供給源となるものであれば、酸化珪素以外の材料で構成されていても良い。また、その膜厚は、金属接合層43（符号不図示）の種類や膜厚に応じて適宜調整するとよい。
- [0051] また、図3（S111）に示すように、支持基板12が用意され、支持基板12の表面に酸化珪素からなる酸化物層32が形成される（S111）。

酸化物層 3 2 の表面は、CMP 法などによって平坦化されると好適である。この酸化物層 3 2 も、前述の酸化物層 3 1 と同様に、後に金属接合層 4 3（符号不図示）への酸素供給源となるものであれば、酸化珪素以外の材料で構成されていても良い。また、その膜厚は、金属接合層 4 3（符号不図示）の種類や膜厚に応じて適宜調整するとよい。

[0052] なお、酸化物層 3 1、3 2 を形成する工程が、本実施形態における酸化物層形成工程に相当する。酸化物層 3 1、3 2 はいずれか一方のみを設けるように構成しても良いが、支持基板 1 2 側と圧電単結晶基板 1 側との両方に設けることで、後の金属接合層 4 3（符号不図示）の酸化を、より低温且つ短時間で行うことが可能になる。

[0053] 次に、図 4（S 1 2 1）に示すように、圧電単結晶基板 1 側の酸化物層 3 1 の表面に、極薄厚の金属層 4 1 がスパッタ成膜される（S 1 2 1）。この工程が、本実施形態における第 1 の金属層形成工程に相当する。なお、ここで用いる金属層 4 1 は、1 nm 以下の膜厚のチタン薄膜である。

[0054] また、図 4（S 1 2 2）に示すように、支持基板 1 2 側の酸化物層 3 2 の表面に、極薄厚の金属層 4 2 がスパッタ成膜される（S 1 2 2）。この工程が、本実施形態における第 2 の金属層形成工程に相当する。なお、金属層 4 2 も 1 nm 以下の膜厚のチタン薄膜である。

[0055] 金属層 4 1、4 2 は、チタンの他、アルミニウム、コバルト、銅、クロム、鉄、モリブデン、ニッケル、ニオブ、チタン、シリコン、タンタル、タングステン、亜鉛、ジルコニウムなどであってもよい。

[0056] 次に、図 4（S 1 2 3）に示すように、支持基板 1 2 側の金属層 4 2（符号不図示）と、圧電単結晶基板 1 側の金属層 4 1（符号不図示）とを重ね合わせて、2 nm 以下の膜厚の金属接合層 4 3 が形成される（S 1 2 3）。この工程が、本実施形態における金属層接合工程に相当する。なお、ここまでの工程全体は、本実施形態における接合体形成工程に相当する。

[0057] これらの金属層 4 1、4 2 の形成工程と金属接合層 4 3 の形成工程とは、連続して 10^{-6} Pa 以下の高真空中で実施される。これにより、金属層 4 1

、42が強固に接合して一体の結晶となり、金属接合層43が形成されることになる。

[0058] このため、圧電単結晶基板1と支持基板12とを非加熱環境下で貼り合わせるだけで、強固な接合を実現でき、圧電単結晶基板1と支持基板12とで線膨張率が大きく異なっても、金属接合層43には線膨張率差による応力が残留することが無い。

[0059] なお、金属接合層43を構成する金属層41、42は同種の金属材料であることが好ましい。これは、異種金属材料の場合、加熱時の拡散速度の違いによって、接合金属部に空洞部が生じたり、あるいは偏析による貼り合せ強度の劣化が起こったりすることがあるためである。

[0060] また、金属層41、42は、拡散係数（拡散速度）が大きい金属材料であることが好ましい。これは、拡散係数が大きい金属材料であれば、接合面の平坦度に関するマージンを大きく取ることができるためである。また、金属層41、42は、酸化物の生成自由エネルギーが負の金属材料であり、酸化され易いことが好ましい。また、酸化物になることで十分に導電率が小さくなる金属材料であることが好ましい。これらの条件は、上述の、アルミニウム、コバルト、銅、クロム、鉄、モリブデン、ニッケル、ニオブ、シリコン、タンタル、タングステン、亜鉛、ジルコニウム、チタンのいずれでも満足することができる。

[0061] 次に、金属接合層43を介して強固に接合した支持基板12と圧電単結晶基板1との接合体を約250℃の加熱環境下に置く（S124）。すると、図4（S124）に示すように、圧電単結晶基板1（符号不図示）が欠陥層2（符号不図示）で分離されて圧電単結晶薄膜11が形成される。この工程が、本実施形態における分離工程に相当する。

[0062] このように、イオン注入と熱処理とを用いて圧電単結晶薄膜11を分離することで、良好な膜厚分布が保持された、極めて薄い膜厚の圧電単結晶薄膜11を容易に製造することができる。また、圧電単結晶基板1は結晶方位を任意に設定することが可能であるため、その圧電単結晶基板1へのイオン注

入を用いて圧電単結晶薄膜 11 を形成することにより、圧電単結晶薄膜 11 の結晶方位も任意に設定することが可能になる。これにより、SAWデバイスとして望ましい結晶方位の圧電単結晶薄膜 11 を得て、SAWデバイスの圧電特性を向上させることができる。

[0063] 次に、図 4 (S 1 2 5) に示すように、圧電単結晶薄膜 11 の表面をCMP法などにより平坦化する (S 1 2 5)。ここでは、圧電単結晶薄膜 11 を約 50 nm 削って表面を平坦化する。

[0064] 次に、図 5 (S 1 2 6) に示すように、加熱により金属接合層 43 (符号不図示) を酸化させて半導電層 44 を形成する (S 1 2 6)。この工程が、本実施形態における半導電層形成工程に相当する。なお、金属接合層 43 (符号不図示) には、酸化物層 31, 32 が接しているため、酸化反応に利用される酸素は酸化物層 31, 32 から供給される。ここでは、金属接合層 43 (符号不図示) がチタンであるために、半導電層 44 は、半導体材料であるチタン酸化物、または、チタンとチタン酸化物とが混合した状態となる。そのため、半導電層 44 は、デバイス特性に影響を与えない状態で、かつ焦電荷を拡散させることが可能になる。ここで、半導電層 44 は、加熱によって金属接合層 43 が拡散して形成されるので、金属接合層よりも拡がった膜厚のものとなる。具体的には、前述したように、半導電層 44 の膜厚は 100 nm 程度までの範囲となる。

[0065] この工程における加熱温度と加熱時間とは、金属接合層 43 の材料種や厚みによって適正な条件を選択するとよい。例えば、金属接合層 43 が厚み 1 nm のチタン薄膜である場合には、加熱温度が約 300℃、加熱時間が約 1 時間であれば、半導電層 44 を十分に酸化させて半導体材料であるチタン酸化物とすることができる。

[0066] なお、金属接合層 43 が酸化により絶縁物となる金属材料である場合には、完全に酸化する前の金属が残った状態で金属接合層 43 の酸化を止めることにより、半導電層 44 を形成することができる。

[0067] 本実施形態では、この半導電層 44 の酸化を、前述の圧電単結晶薄膜 11

の分離とは別の熱処理工程として実施するが、圧電単結晶薄膜 11 の分離時の加熱温度や加熱時間を調整して、同時に半導電層 44 を酸化させるようにしても良い。また、半導電層 44 の酸化のための熱処理工程は、圧電単結晶薄膜 11 の表面を平坦化する工程の前に実施しても良い。

[0068] 次に、図 5 (S 1 2 7) に示すように、圧電体薄膜 11 の表面に、SAW デバイスの動作に必要な IDT 電極 50 と配線パターン 60A を形成する。この工程が、本実施形態における機能電極形成工程に相当する。

[0069] 最後に、配線パターン 60A を 2 層構造とすることで、低抵抗な配線 60 を形成し、IDT 電極 50 を絶縁性保護膜 70 で覆い、個片化することにより、SAW デバイスを製造する。

[0070] 以上の SAW デバイスの製造方法では、非加熱環境下で圧電単結晶基板 1 と支持基板 12 との接合強度が発現するために、接合強度を発現させるための加熱が不要で、圧電単結晶基板 1 と支持基板 12 とで線膨張率差が大きくても、接合時に各種不具合が発生し難い。特に、本実施形態では、イオン注入により圧電体単結晶薄膜 11 を形成するために、圧電体単結晶薄膜 11 の結晶中にイオンの原子が介在することになるとともに、その分布密度が圧電体単結晶薄膜 11 の厚み方向に偏るため、圧電体単結晶薄膜 11 が膜応力を持つことになる。そのため、仮に接合時に熱応力が生じると、膜応力と熱応力の足し合わせで圧電体単結晶薄膜 11 (圧電単結晶基板 1) が支持基板 12 から剥がれ易くなり、安定的に強固な接合を実現することが困難である。したがって、非加熱環境下で貼り合せた瞬間から強固な接合が発現する本実施形態の方法は、接合時に熱応力の影響を受けないため、強固な接合を安定的に実現させる極めて有効な手法であるといえる。

[0071] その上、金属接合層 43 の導電率が高ければ SAW デバイスの特性に悪影響を与えることになるが、貼り合せ後に金属接合層 43 を導電率の低い半導電物 44 とすることで、良好な SAW デバイスの特性が得られることになる。

[0072] また、圧電体単結晶薄膜 11 で生じる焦電荷により、圧電性の劣化や ID

T電極50の電極破壊が生じる可能性があるが、半導電物44を設けて焦電荷が分散するように構成することで、それらの不具合の発生も防ぐことができる。

[0073] 《第2の実施形態》

次に、本発明の第2の実施形態に係る圧電デバイスの製造方法について、SAWデバイスの製造方法を具体例として説明する。

[0074] 本実施形態では、イオン注入により一定程度低下する圧電単結晶薄膜の圧電性や結晶性を回復するために、500℃程度での高温熱処理を圧電単結晶薄膜に施し、その際の支持基板と圧電単結晶薄膜との線膨張率差による熱変形を回避する製造方法について説明する。

[0075] 図6は、本実施形態のSAWデバイスの製造フローを説明する図である。

図7、8は、製造フローの前半の各工程における模式図である。

[0076] まず、圧電単結晶基板201が用意され、圧電単結晶基板201の主面201A（接合面1A）側からイオンが打ち込まれる。これにより、図7（S201）に示すように、圧電単結晶基板201の接合面201Aから所定深さの位置に欠陥層202が形成される。

[0077] 次に、図7（S202）に示すように、圧電単結晶基板201の接合面201Aに、被エッチング層291が形成される。被エッチング層291の表面は、CMP法などにより平坦化されると好適である。この被エッチング層291は、後にエッチングにより除去されるものである。ここで用いる被エッチング層291は、膜厚3μmのCu膜である。

[0078] また、図7（S203）に示すように、仮支持基板212が用意され、仮支持基板212の表面にも被エッチング層292が形成される。被エッチング層292の表面は、CMP法などにより平坦化されると好適である。ここで用いる仮支持基板212は、圧電単結晶基板201と同じ材質である。このような仮支持基板に接合された状態で、後に圧電単結晶薄膜211（符号不図示）の高温熱処理が実施されるため、熱処理に伴うウエハの割れなどが生じることを防ぐことができる。なお、仮支持基板212の材質は、圧電単

結晶薄膜 211（符号不図示）との線膨張係数差が小さい、他の材質であってもよい。また、ここで用いる被エッチング層 292 は、膜厚 3 μm の Cu 膜である。

[0079] 次に、図 7（S204）に示すように、被エッチング層 292（符号不図示）と被エッチング層 291（符号不図示）とが接合され、被エッチング接合層 293 が形成される。ここでの接合法はある程度の接合強度が得られる接合法であれば良い。仮支持基板 212 と圧電単結晶基板 201 とは線膨張率が等しいので、加熱を要する接合法を用いても良い。

[0080] 次に、被エッチング接合層 293 を介して接合した仮支持基板 212 と圧電単結晶基板 201 との接合体は、約 250°C の加熱環境下に置かれる。すると、図 7（S205）に示すように、圧電単結晶基板 201（符号不図示）が欠陥層 202（符号不図示）で分離されて圧電単結晶薄膜 211 が形成される。続いて、被エッチング接合層 293 を介して接合した仮支持基板 212 と圧電単結晶薄膜 211 との接合体は、約 500°C の高温環境下に置かれる。すると、イオン注入によって崩れた圧電単結晶薄膜 211 の結晶性が回復していく。なお、仮支持基板 212 と圧電単結晶基板 201（符号不図示）とが同じ材質で線膨張率が同じであるために、これらの熱処理による変形は殆ど生じず、圧電単結晶基板 201 の破壊は防がれる。

[0081] 次に、図 7（S206）に示すように、圧電単結晶薄膜 211 の表面が CMP 法などにより平坦化される。

[0082] ここまでの工程を経て、被エッチング接合層 293 を介して圧電単結晶薄膜 211 を仮支持基板 212 に接合した薄膜仮支持構造 200 が構成される。

[0083] 次に、図 8（S207）に示すように、薄膜仮支持構造 200 における圧電単結晶薄膜 211 の表面に、誘電体層 221 が形成される。

[0084] 次に、図 8（S208）に示すように、薄膜仮支持構造 200 における誘電体層 221 の表面に酸化物層 231 が形成される。

[0085] また、図 8（S211）に示すように、支持基板 213 が用意され、支持

基板 2 1 3 の表面に酸化物層 2 3 3 が形成される。

[0086] 次に、図 8 (S 2 2 1) に示すように、薄膜仮支持構造 2 0 0 における酸化物層 2 3 1 の表面に、極厚の金属層 2 4 1 が成膜される。

[0087] また、図 8 (S 2 2 2) に示すように、支持基板 2 1 3 側の酸化物層 2 3 3 の表面に、極厚の金属層 2 4 3 が成膜される。

[0088] 次に、図 8 (S 2 2 3) に示すように、支持基板 2 1 3 側の金属層 2 4 3 (符号不図示) と、薄膜仮支持構造 2 0 0 側の金属層 2 4 1 (符号不図示) とを重ね合わされて金属接合層 2 4 4 が形成される。なお、上述の金属層 2 4 1, 2 4 3 の形成工程と、この接合工程とは、連続して高真空中で実施され、金属層 2 4 1, 2 4 3 間の接合が実現される。

[0089] 次に、圧電単結晶薄膜 2 1 1 や、仮支持基板 2 1 2、支持基板 2 1 3 を接合した接合体は、硝酸などのエッチング液に浸漬され、被エッチング接合層 2 9 3 がエッチングされて、被エッチング接合層 2 9 3 および仮支持基板 2 1 2 が除去される。これにより、図 8 (S 2 2 4) に示すような、圧電単結晶薄膜 2 1 1 と支持基板 2 1 3 とが、金属接合層 2 4 4 を介して接合された構造体が構成される。

[0090] この後、第 1 の実施形態と同様に (図 5 参照。)、金属接合層 2 4 4 の酸化により半導電層 (不図示) が形成され、IDT 電極や絶縁性保護膜が形成され、個片化されることにより、SAW デバイスが製造される (S 2 2 5 → S 2 2 6 → S 2 2 7)。

[0091] この第 2 の実施形態においては、圧電基板との界面に作用する熱応力がほとんど存在しない、あるいは、圧電基板との界面に作用する熱応力が支持基板と圧電基板との界面に作用する熱応力よりも小さい仮支持基板が、圧電基板のイオン注入面側に形成されているので、加熱による圧電薄膜の不具合の発生を従来よりも抑止できる。また、この発明による圧電デバイスが、圧電単結晶材料による場合は、より不具合を抑制して製造できる。支持基板自体は加熱の後で圧電薄膜に形成するので、加熱による圧電薄膜との界面に作用する熱応力を考慮する必要がなく、任意の線膨張係数の構成材料を選定でき

る。

したがって、圧電薄膜の構成材料と支持基板の構成材料との組み合わせの選択性を高められる。例えば、フィルタ用途のデバイスでは、支持基板の構成材料の線膨張係数を圧電薄膜の線膨張係数よりも大幅に小さくすることで、フィルタの温度一周波数特性を向上させることが可能になる。また、支持基板に熱伝導率が高い構成材料を選定して放熱性および耐電力性を向上させることが可能になり、安価な構成材料を選定してデバイスの製造コストを低廉にすることが可能になる。

[0092] 《第3の実施形態》

次に、本発明の第3の実施形態に係る圧電デバイスについて、圧電単結晶薄膜をメンブレン構造で支持するBAW (Bulk Acoustic Wave; バルク弾性波) デバイスの製造方法を具体例として説明する。

[0093] 本実施形態では、まず、第2の実施形態と同様の方法で、図10 (S301) に示すような、圧電単結晶薄膜311が被エッチング接合層393を介して仮支持基板312に接合された薄膜仮支持構造300が形成される。

[0094] 次に、図10 (S302) に示すように、薄膜仮支持構造300における圧電単結晶薄膜311の表面に、BAWデバイスを駆動させるための下部電極パターン321が形成される。

[0095] 次に、図10 (S303) に示すように、薄膜仮支持構造300における圧電単結晶薄膜311の表面に、下部電極パターン321を覆うように、メンブレン構造の空洞部を形成するための犠牲層パターン331が形成される。

[0096] 次に、図10 (S304) に示すように、薄膜仮支持構造300における圧電単結晶薄膜311の表面に、犠牲層パターン331を覆うようにメンブレン支持層341が形成される。メンブレン支持層341は、スパッタ成膜後にCMPにより表面が平坦化される。ここで用いるメンブレン支持層341は、酸化ケイ素膜であり、後に酸化物層として利用されるものである。

[0097] また、図10 (S305) に示すように、支持基板313が用意され、支

持基板 3 1 3 の表面に酸化物層 3 4 3 が形成される。

[0098] 次に、図 1 0 (S 3 0 6) に示すように、薄膜仮支持構造 3 0 0 におけるメンブレン支持層 3 4 1 の表面に、極薄厚の金属層 3 5 1 が成膜される。

[0099] また、図 1 0 (S 3 0 7) に示すように、支持基板 3 1 3 側の酸化物層 3 4 3 の表面に、極薄厚の金属層 3 5 3 が成膜される。

[0100] 次に、図 1 1 (S 3 0 8) に示すように、支持基板 3 1 3 側の金属層 3 5 3 (符号不図示) と、薄膜仮支持構造 3 0 0 側の金属層 3 5 1 (符号不図示) とを重ね合わせて、金属接合層 3 5 4 が形成される。なお、上述の金属層 3 5 1 , 3 5 3 の形成工程と、この接合工程とは、連続して高真空中で実施され、金属層 3 5 1 , 3 5 3 間の接合が実現される。

[0101] 次に、圧電単結晶薄膜 3 1 1 や、仮支持基板 3 1 2、支持基板 3 1 3 を接合した接合体は、硝酸などのエッチング液に浸漬され、被エッチング接合層 3 9 3 がエッチングされて、被エッチング接合層 3 9 3 および仮支持基板 3 1 2 が除去される。これにより、図 1 1 (S 3 0 9) に示すような、圧電単結晶薄膜 3 1 1 と支持基板 3 1 3 とが、金属接合層 3 5 4 を介して接合された構造体が構成される。

[0102] 次に、図 1 1 (S 3 1 0) に示すように、加熱により金属接合層 3 5 4 (符号不図示) を酸化させて半導電層 3 5 5 を形成する。

[0103] 次に、図 1 1 (S 3 1 1) に示すように、圧電単結晶薄膜 3 1 1 が窓開け加工されるとともに、BAWデバイスを駆動させるための上部電極パターンが形成される。

[0104] 次に、図 1 1 (S 3 1 2) に示すように、圧電単結晶薄膜 3 1 1 の窓から犠牲層パターン 3 3 1 (符号不図示) にエッチャントが導入され、犠牲層パターン 3 3 1 (符号不図示) を除去してメンブレン空間 3 3 1 A が形成される。

[0105] この後、個片化されることによりBAWデバイスが製造される。

[0106] なお、以上の各実施形態で示した製造方法により本発明の圧電デバイスは製造できるが、圧電デバイスはその他の方法で製造してもよい。例えば、圧

電単結晶薄膜の形成は、圧電単結晶基板へのイオン注入と分離とにより実現する他、スパッタ成膜や、圧電単結晶基板の研削、圧電単結晶基板のエッチングなどにより実現してもよい。また、半導電層の形成は、金属層の加熱酸化により実現する他、半導体材料のスパッタ成膜や、半導電層となる部材を他部材に接着させて実現しても良い。

また、圧電デバイスとして、本実施形態ではSAWデバイスとBAWデバイスについて示したが、これに限られるものではなく、IDT電極を覆うように絶縁層が設けられた弾性境界波デバイスや、その他、板波デバイス、ラム波デバイスなどにも適用できる。

符号の説明

- [0107] 1, 201…圧電単結晶基板
1A, 201A…接合面
2, 202…欠陥層
10…SAWデバイス
11, 211, 311…圧電体薄膜
12, 213, 313…支持基板
21, 221…誘電体層
31, 32, 231, 233, 343…酸化物層
41, 42, 241, 243, 351, 353…金属層
43, 244, 354…金属接合層
44, 355…半導電層
50…IDT電極
60A…配線パターン
60B…2層配線部
70…絶縁性保護膜
200, 300…薄膜仮支持構造
212, 312…仮支持基板
291…被エッチング層

- 2 9 2…被エッチング層
- 2 9 3, 3 9 3…被エッチング接合層
- 3 2 1…下部電極パターン
- 3 3 1…犠牲層パターン
- 3 3 1 A…メンブレン空間
- 3 4 1…メンブレン支持層

請求の範囲

- [請求項1] 圧電体薄膜と、
前記圧電体薄膜の第一主面側に設けられて前記圧電体薄膜に電気機械結合する機能電極と、
半導体材料または、金属とその金属の酸化物との混合材料からなり、前記圧電体薄膜の第二主面側に設けられる半導電層と、
前記半導電層を間に介して前記圧電体薄膜の第二主面側に設けられる支持基板と、
を備える圧電デバイス。
- [請求項2] 前記半導電層の体積抵抗率は、 1×10^{-5} ($\Omega \cdot m$) $\sim 1 \times 10^2$ ($\Omega \cdot m$) である、請求項1に記載の圧電デバイス。
- [請求項3] 前記半導電層は、半導体材料であるチタン酸化物、亜鉛酸化物、ジルコニア酸化物、クロム酸化物、シリコンのいずれか、または、アルミニウムとアルミニウム酸化物との混合物、コバルトとコバルト酸化物との混合物、銅と銅酸化物との混合物、クロムとクロム酸化物との混合物、鉄と鉄酸化物との混合物、モリブデンとモリブデン酸化物との混合物、ニッケルとニッケル酸化物との混合物、ニオブとニオブ酸化物との混合物、チタンとチタン酸化物との混合物、シリコンとシリコン酸化物との混合物、タンタルとタンタル酸化物との混合物、タングステンとタングステン酸化物との混合物、亜鉛と亜鉛酸化物との混合物、ジルコニウムとジルコニウム酸化物との混合物、のいずれかである、請求項1又は2に記載の圧電デバイス。
- [請求項4] 前記半導電層は、膜厚が100nm以下である、請求項1～3のいずれか1項に記載の弾性波デバイスの製造方法。
- [請求項5] 前記圧電体薄膜は圧電単結晶からなり、第一主面側と第二主面側とで膜応力に差がある結晶構造である、請求項1～4のいずれか1項に記載の圧電デバイス。
- [請求項6] 前記圧電単結晶からなる圧電体薄膜は、水素原子またはヘリウム原

子が介在原子として結晶に介在し、第一主面側と第二主面側とで介在原子の分布密度に差がある結晶構造である、請求項5に記載の圧電デバイス。

[請求項7] 金属層を間に介した圧電体薄膜と支持基板との接合体を形成する接合体形成工程と、

前記金属層を酸化させて半導電層を形成する半導電層形成工程と、
前記圧電体薄膜の第一主面側に、前記圧電体薄膜に電気機械結合する機能電極を形成する機能電極形成工程と、を有し、

前記半導電層は、前記金属層を構成する金属とその酸化物とが混合する層、または、前記金属層を構成する金属の酸化物である半導体からなる層である、圧電デバイスの製造方法。

[請求項8] 前記金属層に積層される、酸化物層を形成する酸化物層形成工程を、有する、請求項7に記載の圧電デバイスの製造方法。

[請求項9] 前記接合体形成工程は、不活性ガス雰囲気下または真空下で連続して行われる、請求項7または8に記載の圧電デバイスの製造方法。

[請求項10] 圧電基板の接合面からイオン化した元素を注入して、前記圧電基板の中に前記元素が集中して存在する領域を形成するイオン注入工程と、

加熱により前記圧電基板における接合面側の領域を圧電体薄膜として残す分離工程と、を有する請求項7～9のいずれか1項に記載の圧電デバイスの製造方法。

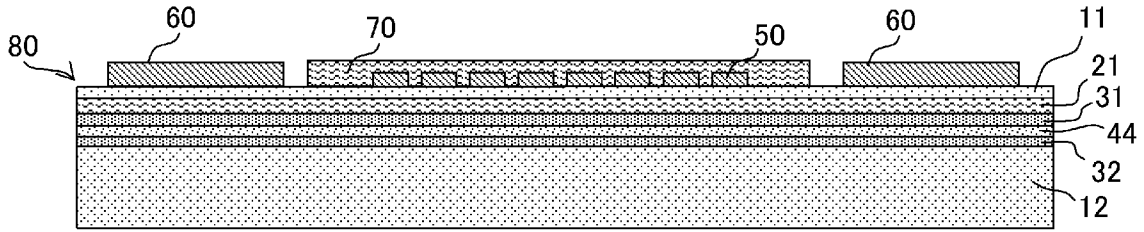
[請求項11] 圧電基板にイオン化した元素を注入して、前記圧電基板の中に前記元素が集中して存在する領域を形成するイオン注入工程と、

前記圧電基板のイオン注入面側に、前記圧電基板と同種の材料からなる、あるいは、前記圧電基板との界面に作用する熱応力が前記支持基板と前記圧電基板との界面に作用する熱応力よりも小さい、仮支持基板を形成する仮支持工程と、

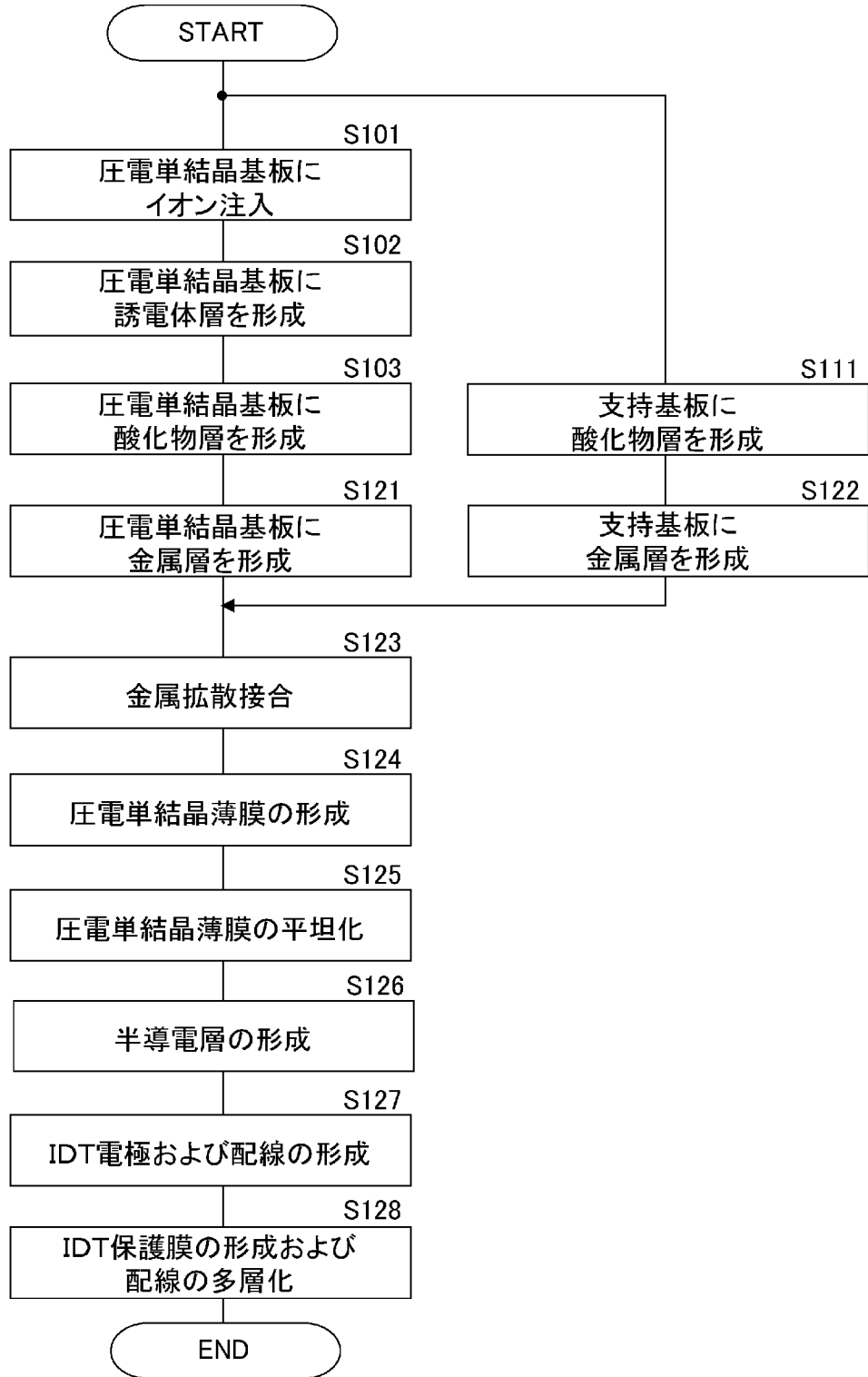
加熱により前記圧電基板から圧電体薄膜を分離する分離工程と、

前記圧電基板から分離した前記圧電体薄膜に前記支持基板を形成する支持工程と、
を有する請求項 7～9 のいずれか 1 項に記載の圧電デバイスの製造方法。

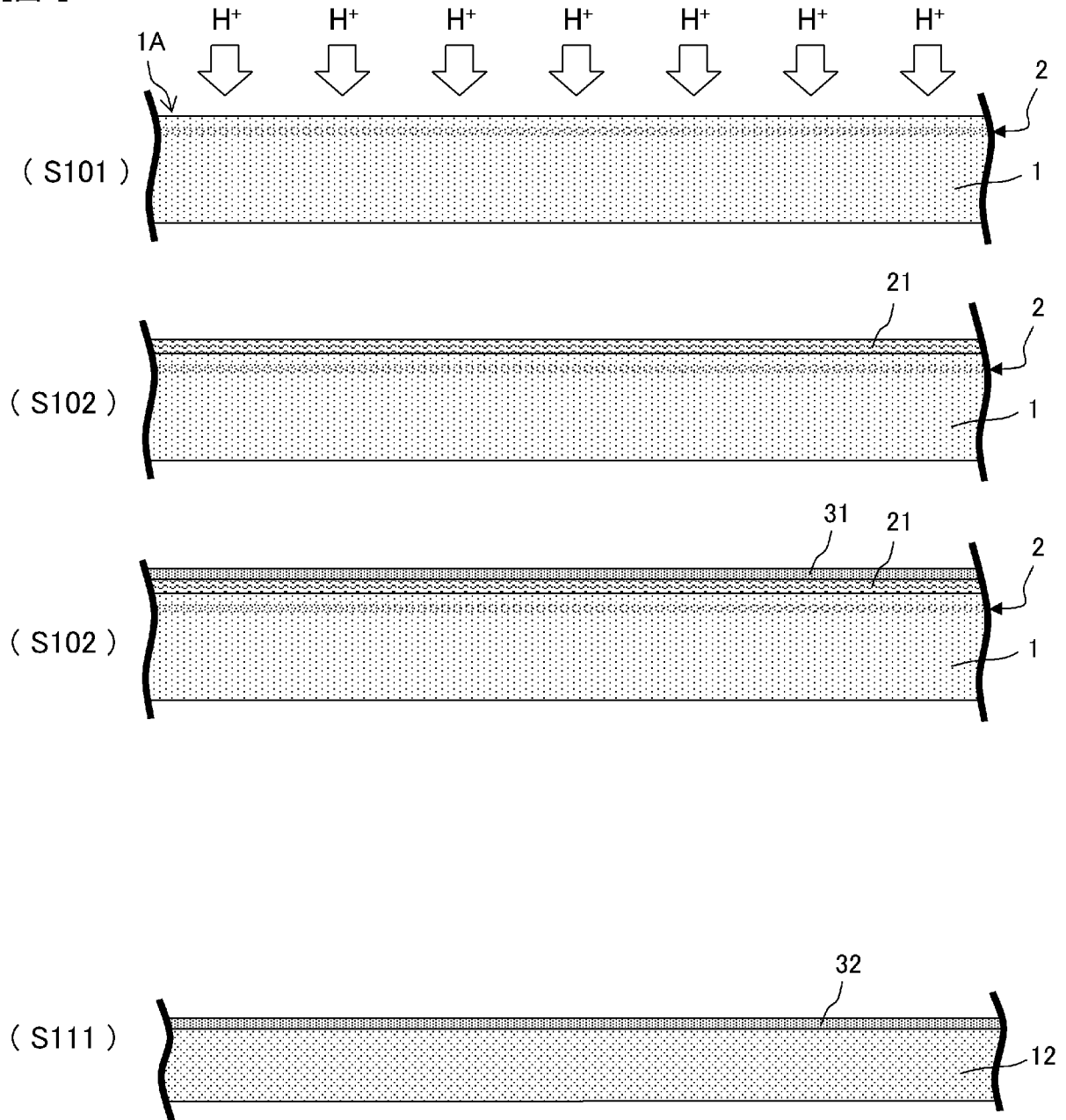
[図1]



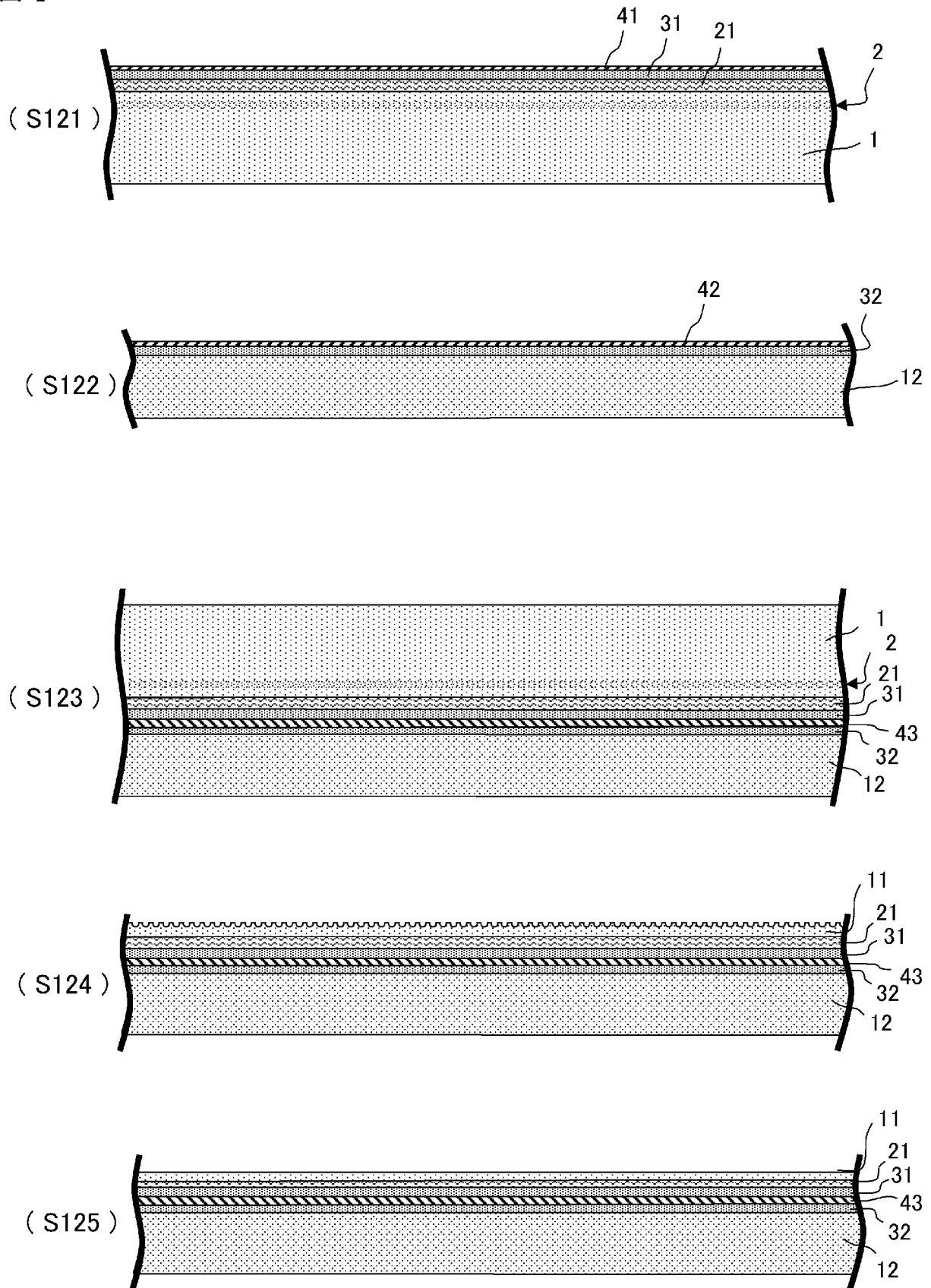
[図2]



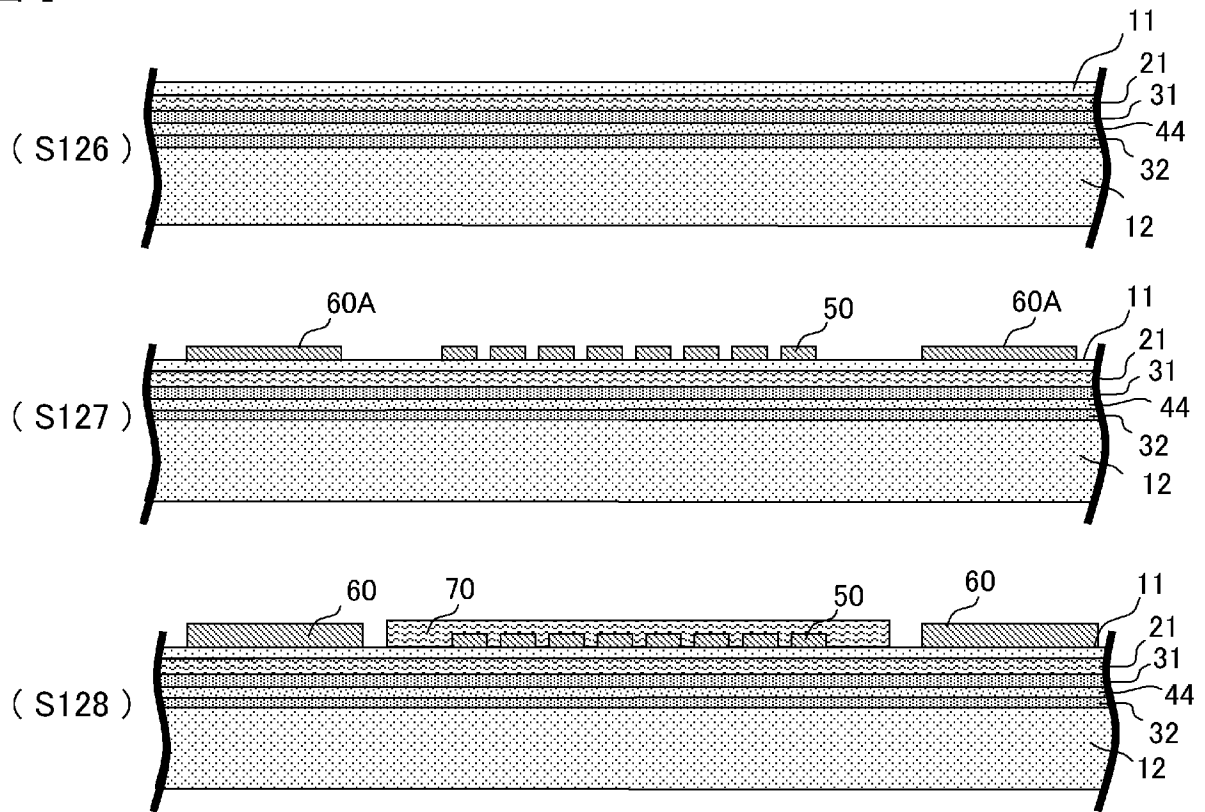
[図3]



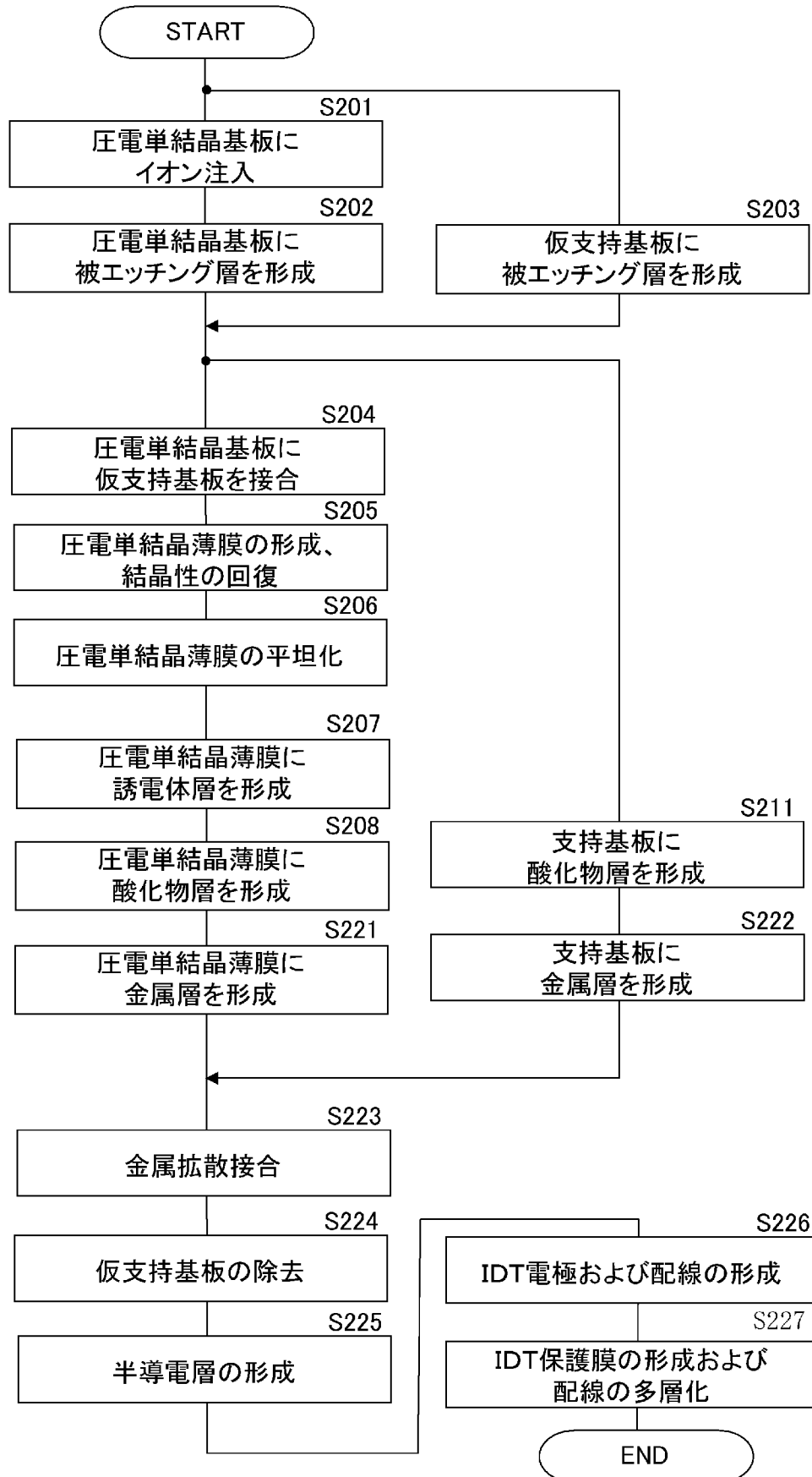
[図4]



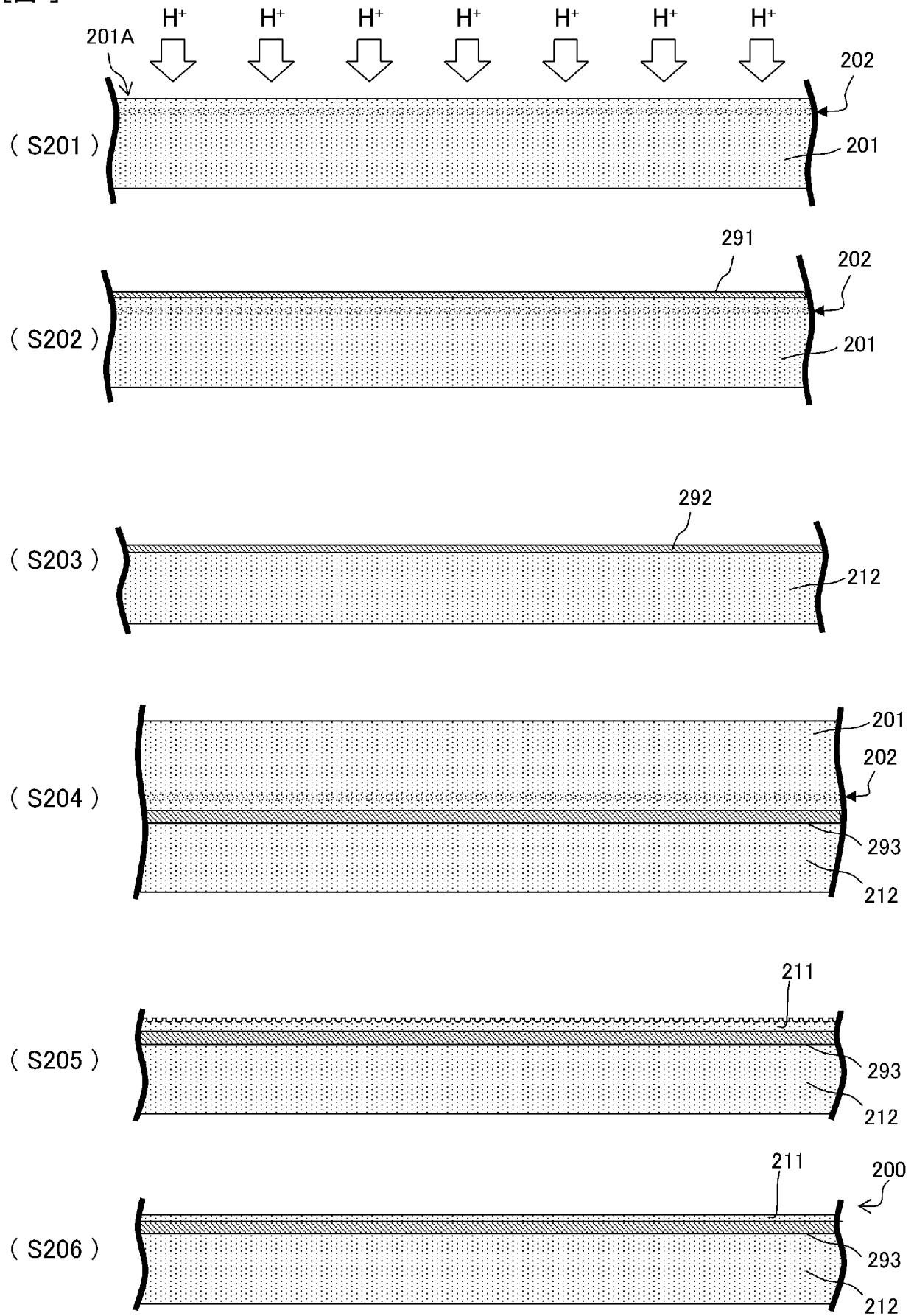
[図5]



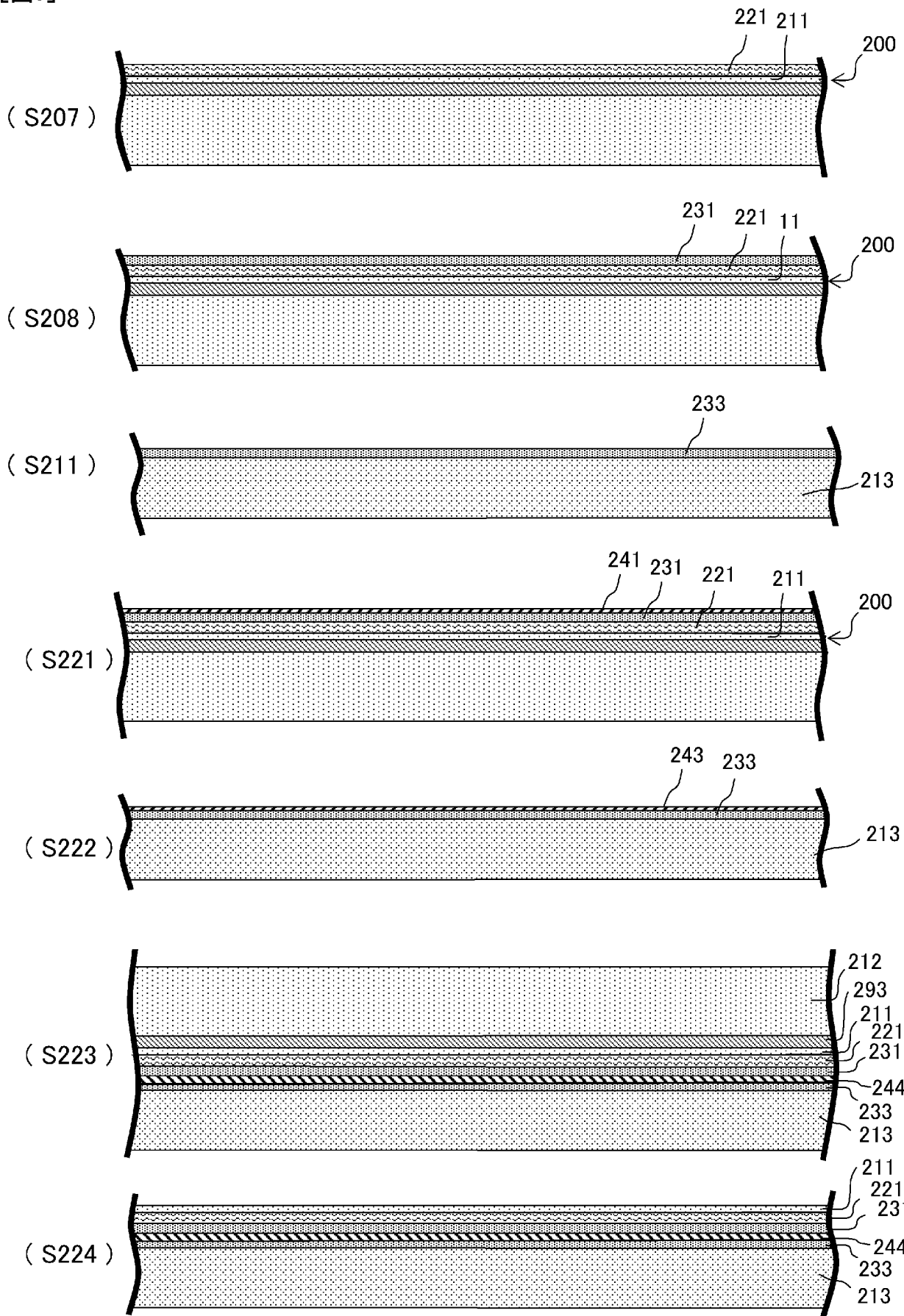
[図6]



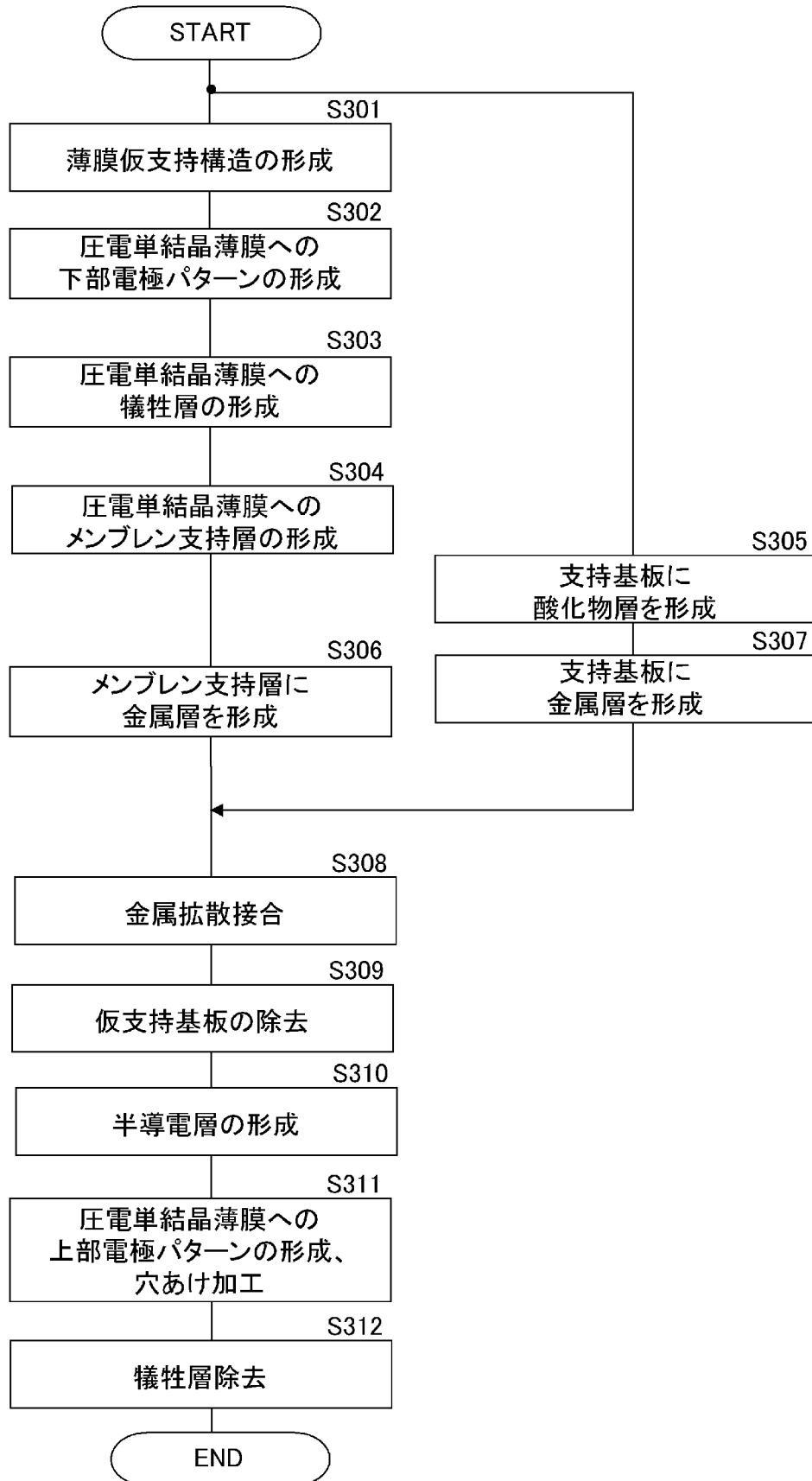
[図7]



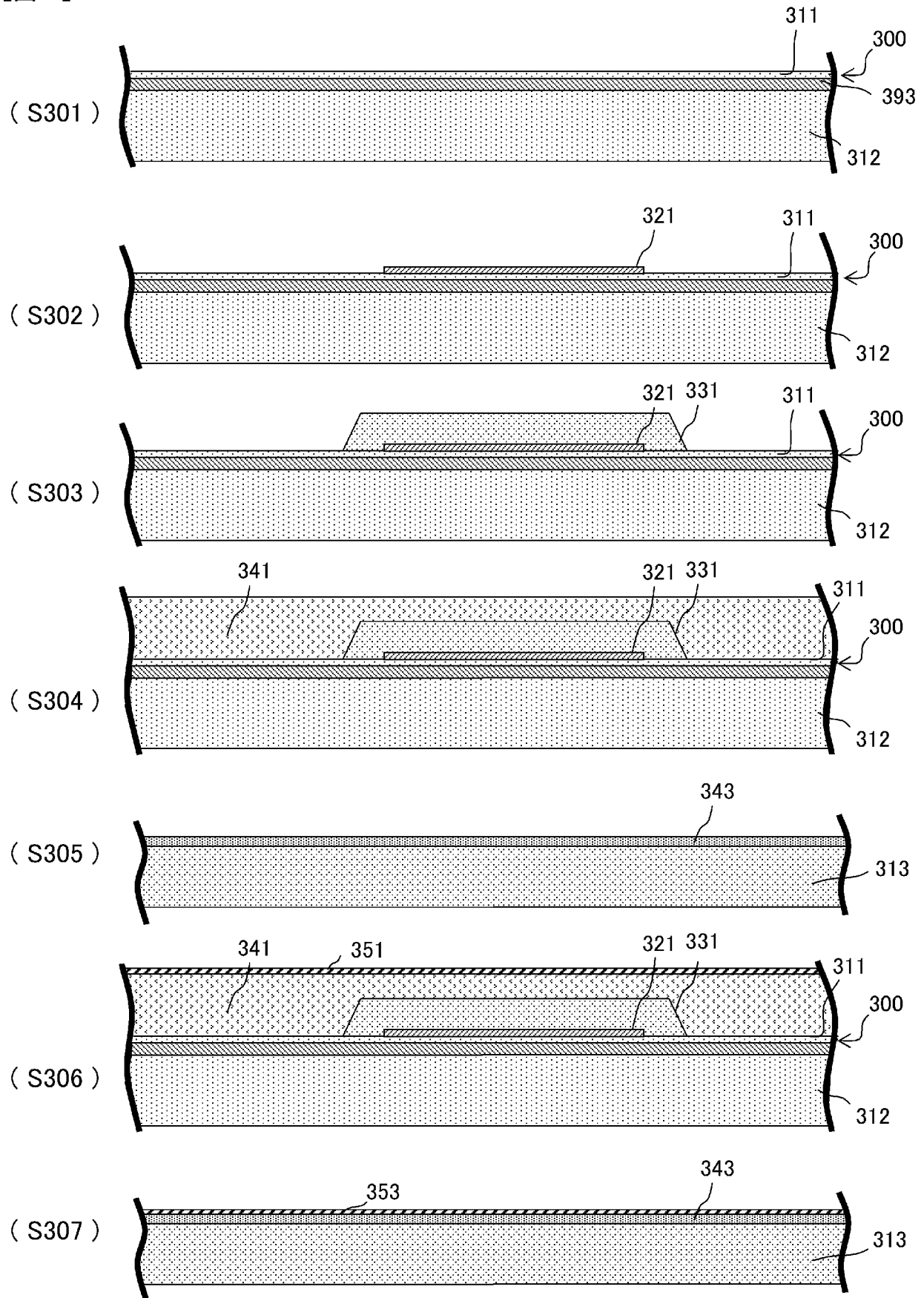
[図8]



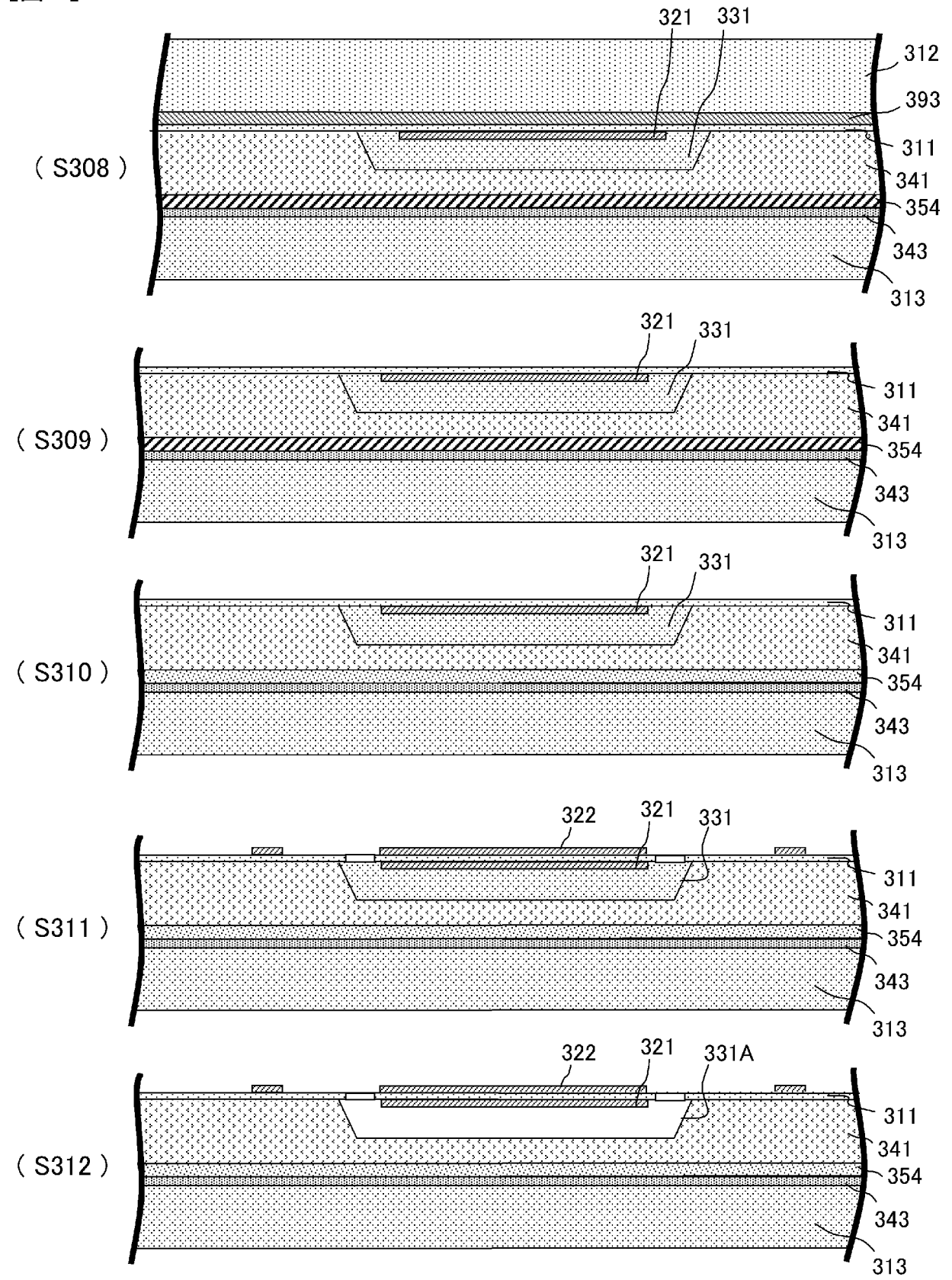
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/068788

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H03H9/145(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/18(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i, H03H3/02(2006.01)i, H03H3/08(2006.01)i, H03H9/17(2006.01)i, H03H9/25(2006.01)i</i> According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>										
<p>B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>H03H9/145, H01L41/09, H01L41/18, H01L41/22, H03H3/02, H03H3/08, H03H9/17, H03H9/25</i></p>										
<p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:33%;">Jitsuyo Shinan Koho</td> <td style="width:16%;">1922-1996</td> <td style="width:33%;">Jitsuyo Shinan Toroku Koho</td> <td style="width:18%;">1996-2012</td> </tr> <tr> <td>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1971-2012</td> <td>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1994-2012</td> </tr> </table>			Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012	Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012
Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012							
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012							
<p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>										
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p>										
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.								
X A	JP 2004-282231 A (Seiko Epson Corp.), 07 October 2004 (07.10.2004), paragraphs [0025] to [0033]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-4 5-11								
X A	JP 6-232677 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 19 August 1994 (19.08.1994), paragraphs [0061] to [0066]; fig. 1 & US 5426340 A & EP 608864 A3 & DE 69424887 D	1-4 5-11								
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>										
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align:top;"> * 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 </td> <td style="width:50%; vertical-align:top;"> "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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 27 September, 2012 (27.09.12)		Date of mailing of the international search report 09 October, 2012 (09.10.12)								
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer								
Facsimile No.		Telephone No.								

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/068788

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 63-294009 A (Clarion Co., Ltd.), 30 November 1988 (30.11.1988), page 2, lower left column, lines 7 to 18; fig. 1 & GB 2206256 A & GB 8811346 A0 & DE 3817728 A & FR 2616021 A	1, 3
X	JP 2003-347612 A (Seiko Epson Corp.), 05 December 2003 (05.12.2003), paragraphs [0014] to [0019], [0047] to [0057]; fig. 1 & US 2002/0149019 A1	1, 3, 4
A	WO 2009/081651 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 02 July 2009 (02.07.2009), fig. 1 & US 2010/0088868 A1 & EP 2226934 A1 & CN 101689841 A & KR 10-2010-0024952 A	1-11
A	JP 2006-245990 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 September 2006 (14.09.2006), fig. 1 & US 2007/0170813 A1	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H03H9/145(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/18(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i, H03H3/02(2006.01)i, H03H3/08(2006.01)i, H03H9/17(2006.01)i, H03H9/25(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（IPC））
 Int.Cl. H03H9/145, H01L41/09, H01L41/18, H01L41/22, H03H3/02, H03H3/08, H03H9/17, H03H9/25

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012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
X A	JP 2004-282231 A（セイコーエプソン株式会社）2004.10.07, 段落[0025]-[0033], 図1-2（ファミリーなし）	1-4 5-11
X A	JP 6-232677 A（住友電気工業株式会社）1994.08.19, 段落[0061]-[0066], 図1 & US 5426340 A & EP 608864 A3 & DE 69424887 D	1-4 5-11

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 27.09.2012	国際調査報告の発送日 09.10.2012
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） ▲徳▼田 賢二 電話番号 03-3581-1101 内線 3576	5W	9654
--	---	----	------

C (続き) . 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
X	JP 63-294009 A (クラリオン株式会社) 1988. 11. 30, 第 2 頁左下欄第 7-18 行, 第 1 図 & GB 2206256 A & GB 8811346 A0 & DE 3817728 A & FR 2616021 A	1, 3
X	JP 2003-347612 A (セイコーエプソン株式会社) 2003. 12. 05, 段落[0014]-[0019], [0047]-[0057], 図 1 & US 2002/0149019 A1	1, 3, 4
A	WO 2009/081651 A1 (株式会社村田製作所) 2009. 07. 02, 図 1 & US 2010/0088868 A1 & EP 2226934 A1 & CN 101689841 A & KR 10-2010-0024952 A	1-11
A	JP 2006-245990 A (松下電器産業株式会社) 2006. 09. 14, 図 1 & US 2007/0170813 A1	1-11