

(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 2013/018603 A1

(51) 国際特許分類:

H03H 3/08 (2006.01) H03H 3/02 (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01) H03H 9/145 (2006.01)
H01L 41/18 (2006.01) H03H 9/17 (2006.01)
H01L 41/22 (2013.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2012/068786

(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 2011-166581 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). 島津武仁(SHIMATSU, Takehito) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (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):

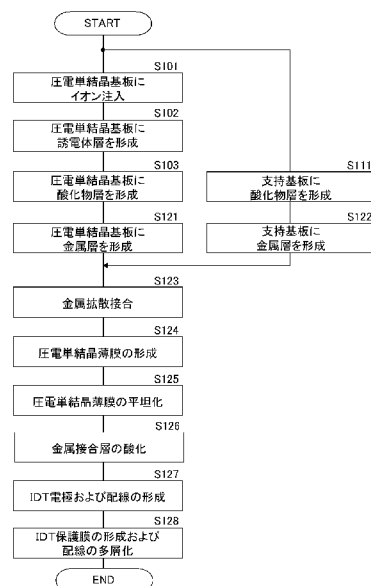
AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, 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.

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF MANUFACTURING ACOUSTIC WAVE DEVICE

(54) 発明の名称: 弾性波デバイスの製造方法

【図1】



S101 INJECT IONS INTO PIEZOELECTRIC SINGLE-CRYSTAL SUBSTRATE
S102 FORM DIELECTRIC LAYER UPON PIEZOELECTRIC SINGLE-CRYSTAL SUBSTRATE
S103 FORM OXIDE LAYER UPON PIEZOELECTRIC SINGLE-CRYSTAL SUBSTRATE
S111 FORM OXIDE LAYER UPON SUPPORT SUBSTRATE
S121 FORM METALLIC LAYER UPON PIEZOELECTRIC SINGLE-CRYSTAL SUBSTRATE
S122 FORM METALLIC LAYER UPON SUPPORT SUBSTRATE
S123 METAL DIFFUSION WELD
S124 FORM PIEZOELECTRIC SINGLE-CRYSTAL THIN FILM
S125 SMOOTH OUT PIEZOELECTRIC SINGLE-CRYSTAL THIN FILM
S126 OXIDIZE METALLIC WELD LAYER
S127 FORM IDT ELECTRODE AND WIRING
S128 FORM IDT PROTECTIVE FILM AND MULTILAYER WIRING

(57) Abstract: An objective of the present invention is to implement a method of manufacturing an acoustic wave device whereby the type of device is not limited while stably achieving a solid weld in an unheated environment. A metallic layer is formed on a weld face side of a piezoelectric single-crystal substrate (S121). A metallic layer is formed on a weld face side of a support substrate (S122). The metallic layers are overlaid, the metallic single crystals are re-arrayed in an unheated environment, and a metallic weld layer is formed (S123). Thereafter, the metallic weld layer is oxidized and a metallic oxide layer is formed (S126).

(57) 要約: 非加熱環境下で安定的に強固な接合を実現しながら、デバイスの種類が限定されることがない弾性波デバイスの製造方法を実現する。圧電単結晶基板の接合面側に金属層を形成する(S121)。また、支持基板の接合面側に金属層を形成する(S122)。そして、金属層と金属層とを重ね合わせ、金属層の結晶と金属層の結晶とを非加熱環境下で再配列させて金属接合層を形成する(S123)。その後、金属接合層を酸化させて金属酸化層を形成する(S126)。

WO 2013/018603 A1



(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))

明 細 書

発明の名称：弾性波デバイスの製造方法

技術分野

[0001] この発明は、圧電体の薄膜を支持基板に接合した構成の弾性波デバイスの製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、圧電体の薄膜を利用する弾性波デバイスが多く開発されている（例えば、特許文献 1 参照）。上記弾性波デバイスにおいては、圧電体の薄膜が支持基板に接合されている。圧電体の薄膜と支持基板との接合法としては、従来からさまざまな方法が提案、採用されている。

[0003] 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 H_2O 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ことにより、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強固に接合される。

[0005] また、金属拡散接合と呼ばれる接合法では、まず、薄膜側の接合面と支持基板側の接合面とのそれぞれに、金属層が形成される。次に、薄膜側の金属

層と支持基板側の金属層とを重ね合わせることで、金属層間の結晶再配列により、非加熱環境下で薄膜側の金属層と支持基板側の金属層とが強固に接合される。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平6－326553号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 親水化結合のように熱処理により強固な接合を実現する接合法では、圧電体の薄膜と支持基板との線膨張係数差が大きいと、熱処理時に発生する熱応力によって支持基板から薄膜が剥がれる等の不具合が起こり、強固な接合を安定して実現できない。

[0008] これに対して、活性化接合や金属拡散接合では、非加熱環境下で強固な接合を実現することが可能であり、圧電体と支持基板との線膨張係数差が接合の制約となることは無い。

[0009] しかしながら、活性化接合は、表面のコンタミに対する許容度が低く、接合を行う際の接合環境の管理を厳しく行う必要がある。このため、多数の処理対象物に対して連続して活性化接合を実施する場合に、強固な接合を安定して実現することが困難である。

[0010] 一方、金属拡散接合は、強固な接合を安定して実現することが可能であるが、弾性波デバイスが金属接合層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、高周波信号が金属接合層に漏れることで特性劣化が引き起こされることがあり、金属拡散接合を利用することが難しい。

[0011] そこで、本発明の目的は、強固な接合を安定して実現しながら、デバイスの種類が限定されることがない弾性波デバイスの製造方法を実現することにある。

課題を解決するための手段

[0012] この発明に係る弾性波デバイスの製造方法は、第1の金属層形成工程と、第2の金属層形成工程と、金属接合層形成工程と、金属酸化層形成工程と、を有する。第1の金属層形成工程は、圧電体からなる圧電基板の接合面側に第1の金属層を形成する工程である。第2の金属層形成工程は、支持基板の接合面側に第2の金属層を形成する工程である。金属接合層形成工程は、第1の金属層と第2の金属層とを重ね合わせ、第1の金属層の結晶と第2の金属層の結晶とを再配列させて金属接合層を形成する工程である。金属酸化層形成工程は、金属接合層を酸化させて金属酸化層を形成する工程である。

[0013] この製造方法では、圧電基板と支持基板とが金属接合層を介して金属拡散接合されるので、強固な接合を安定して実現することができる。その上、金属接合層を酸化させて金属酸化層とすることにより、弾性波デバイスにおける特性劣化等の要因となる金属接合層の導電率を十分に下げることができ、デバイスの種類の制約が大幅に緩和される。

[0014] 上述の弾性波デバイスの製造方法において、圧電基板の接合面側に第1の酸化物層を形成する第1の酸化物層形成工程を、有すると好適である。

また、上述の弾性波デバイスの製造方法において、支持基板の接合面側に第2の酸化物層を形成する第2の酸化物層形成工程を、有すると好適である。

また、上述の弾性波デバイスの製造方法において、金属層は酸化物の生成自由エネルギーが負の材料からなると好適である。

また、上述の弾性波デバイスの製造方法において、金属酸化層は、膜厚が50nm以下であると好適である。

これらの製造方法では、第1の酸化物層や第2の酸化物層が酸素供給源となるので、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。

上述の弾性波デバイスの製造方法において、第1の金属層と第2の金属層とは同じ材料からなると好適である。

[0015] これらの製造方法では、第１の金属層形成工程と第２の金属層形成工程とを実質的に同じ製造工程とすることができ、第１および第２の金属層の形成が容易となる。また、第１の金属層と第２の金属層との接合面を高品位なものにできる。

[0016] 上述の弾性波デバイスの製造方法において、第１の金属層形成工程と第２の金属層形成工程と金属接合層形成工程とは、不活性ガス雰囲気下または真空中で連続して行われると好適である。

[0017] この製造方法では、第１および第２の金属層の表面が、外気により酸化されることや、コンタミに汚染されることがなく、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。

[0018] 上述の弾性波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、圧電基板の接合面側からイオンを注入する工程である。分離工程は、加熱により前記イオンによる圧電基板の欠陥層から接合面側の領域を圧電薄膜として分離する工程である。

[0019] この製造方法では、圧電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、圧電薄膜の厚み方向でイオン分布密度に偏りが生じることになる。この結果、圧電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、本製造方法を用いる場合、熱応力の影響を受けずに圧電基板と支持基板とを金属拡散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。

[0020] 上述の弾性波デバイスの製造方法において、圧電薄膜に機能電極を形成する機能電極形成工程を有すると好適である。

また、上述の弾性波デバイスの製造方法において、圧電基板は圧電単結晶基板であると好適である。

これらの製造方法では、金属層同士の結晶再配列を利用して、強固な接合を安定して実現しながら、機能電極からの信号漏れを防いだ弾性波デバイス

を得ることができる。

発明の効果

[0021] この発明によれば、圧電基板と支持基板との接合に金属層同士の結晶再配列を利用するので、圧電基板と支持基板とを強固に安定して接合することができる。そして、金属接合層を酸化させて金属酸化層とするので、金属接合層の無い弾性波デバイスを得ることができ、金属接合層の存在によって弾性波デバイスの特性劣化が生じることが無く、デバイスの種類についての制約が緩和される。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の第1の実施形態に係る弾性波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2]図1に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図3]図1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1に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図5]本発明の第2の実施形態に係る弾性波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6]図5に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図7]図5に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図8]本発明の第3の実施形態に係る弾性波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9]図8に示す製造フローの各工程における模式図である。

[図10]図8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の実施形態に係る弾性波デバイスの製造方法について、SAW (Surface Acoustic Wave ; 弾性表面波) デバイスの製造方法を具体例として説明する。

図1は、本実施形態のSAWデバイスの製造フローを説明する図である。

図2～4は、製造フローの各工程における模式図である。

[0024] まず、圧電単結晶基板1が用意され、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）。これにより、図2（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。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。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による欠陥が集中して存在する領域である。この工程は、後に圧電単結晶基板1から極めて薄い膜厚の圧電体単結晶薄膜11（符号不図示）を分離するための前処理として行われる。

[0025] ここで用いる圧電単結晶基板1はLT基板である。また、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、 $1.0 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^2$ 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。

[0026] なお、圧電単結晶基板1の材料は、LT基板の他、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。また、注入するイオンも、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。

[0027] 次に、図2（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）。誘電体層21は、SAWデバイスにおける表面弾性波を閉じ込めて良好なデバイス特性を得るために設けるものである。ここで用いる誘電体層21は、膜厚が700nmの酸化ケイ素膜（不図示）と、膜厚が1400nm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。

[0028] 次に、図2（S103）に示すように、誘電体層21の表面に酸化物層31が形成される（S103）。この工程が、本実施形態における第1の酸化物層形成工程に相当する。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。ここで用いる酸化物層31は酸化ケイ素膜である。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りうる材質であれば、それ以外の材質で構成されていても良い。また、その膜厚は、後に金属接合層43（符号不図示）へ十分な酸素供給を行えるように、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。

[0029] また、図2（S111）に示すように、支持基板12が用意され、支持基板12の表面に酸化物層32が形成される（S111）。この工程が、本実施形態における第2の酸化物層形成工程に相当する。酸化物層32の表面は、CMP法などによって平坦化されると好適である。ここで用いる酸化物層32は、酸化ケイ素膜である。この酸化物層32も、前述の酸化物層31と同様に、後に金属接合層43（符号不図示）への酸素供給源となる材質であれば、それ以外の材質で構成されていても良い。また、その膜厚は、後に金属接合層43（符号不図示）へ十分な酸素供給を行えるように、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。

[0030] さらに、第1、第2の酸化物層31、32は、酸化物としてエネルギー的に安定な組成比よりも酸素リッチな組成からなると好適である。そうすることで、金属層を酸化させるための酸素を供給しやすくなり、低温・短時間の処理で金属接合層43（符号不図示）を酸化させることができる。なお、支持基板12を酸化物とすれば、金属接合層43（符号不図示）の種類や膜厚次第では、支持基板12上に別途酸化物層を形成せずとも、金属接合層43（符号不図示）の酸化のための酸素を十分に供給することが可能になる。

[0031] また、ここで用いる支持基板12は、アルミナ基板またはマグネシア基板である。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

電単結晶材料に近い材質である。このような支持基板 1 2 を用いることにより、S A W デバイスの周波数温度特性や放熱性・耐電力性を改善することが可能になる。

[0032] なお、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。

[0033] 次に、図 3 (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 n m 以下の膜厚のチタン薄膜である。

[0034] また、図 3 (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 n m 以下の膜厚のチタン薄膜である。

[0035] 次に、図 3 (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 n m 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接合層形成工程に相当する。

[0036] 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} P a 以下の高真空中で実施される。このため、圧電単結晶基板 1 側の表面のチタン結晶と支持基板 1 2 側の表面のチタン結晶とが、雰囲気中の酸素等による酸化や水分の吸着などを伴うことなく、常温で再配列されることになる。これにより、金属層 4 1、4 2 が結晶再配列によって強固に接合して一体の結晶となり、金属接合層 4 3 が形成されることになる。

[0037] このため、圧電単結晶基板 1 と支持基板 1 2 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 1 2 とで線膨張率が大きく異なっても、金属接合層 4 3 には線膨張率差による応力が残

留することが無い。

[0038] なお、金属接合層 4 3 を構成する金属層 4 1, 4 2 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できることや、あるいは偏析による貼り合せ強度の劣化が起こることがあるためである。

[0039] また、金属層 4 1, 4 2 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 4 1, 4 2 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。これらの条件を満足する金属としては、例えば、上述のチタンの他、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、シリコン、タンタル、タングステン、亜鉛、ジルコニウム、などが挙げられる。また、第 1 の金属層 4 1 と第 2 の金属層 4 2 は、単一の元素からなることが好ましい。2 種類以上の元素からなる場合、偏析による接合層の強度劣化が懸念されるが、単一の元素であればそういったことが無く、高信頼性が期待できる。

[0040] 次に、金属接合層 4 3 を介して強固に接合した支持基板 1 2 と圧電単結晶基板 1 との接合体が約 250℃の加熱環境下に置かれる（S 1 2 4）。すると、図 3（S 1 2 4）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）で分離されて圧電体単結晶薄膜 1 1 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。

[0041] このように、イオン注入と熱処理とを用いて圧電体単結晶薄膜 1 1 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体単結晶薄膜 1 1 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体単結晶薄膜 1 1 を形成することにより、圧電体単結晶薄膜 1 1 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、S A

Wデバイスとして望ましい結晶方位の圧電体単結晶薄膜 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。

[0042] 次に、図3 (S125) に示すように、圧電体単結晶薄膜 11 の表面がCMP法などにより平坦化される (S125)。

[0043] 次に、図4 (S126) に示すように、加熱により金属接合層 43 (符号不図示) を酸化させて金属酸化層 44 が形成される (S126)。この工程が、本実施形態における金属酸化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。

[0044] この酸化のための加熱温度や加熱時間については、金属接合層 43 の金属材料や厚みに応じて調整するとよい。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、金属接合層 43 を十分に酸化させて金属酸化層 44 とすることができる。

[0045] なお、本実施形態では、金属酸化層 44 の酸化のための熱処理を、圧電体単結晶薄膜 11 を分離するための熱処理とは別に実施するが、圧電体単結晶薄膜 11 を分離するための熱処理での加熱温度や加熱時間を調整して金属酸化層 44 を酸化させても良い。また、金属酸化層 44 の酸化のための熱処理工程は、圧電体単結晶薄膜 11 の表面を平坦化する工程の前に実施しても良い。

[0046] 次に、図4 (S127) に示すように、圧電体単結晶薄膜 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 が形成される (S127)。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。なお、ここではIDT電極 50 や配線パターン 60A としてアルミニウム膜とチタン膜の積層膜を用いる。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。

[0047] 次に、図4 (S128) に示すように、配線パターン 60A を覆う 2 層配線部 60B が形成されることにより配線が低抵抗化され、IDT電極 50 が

絶縁性保護膜 70 で覆われる (S 1 2 8)。その後、個片化により S A W デバイスが製造される。

[0048] 以上の S A W 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 1 2 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 1 2 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 1 1 を形成するために、圧電体単結晶薄膜 1 1 の結晶中にイオンの原子が介在し、その分布密度が圧電体単結晶薄膜 1 1 の厚み方向に偏るため、圧電体単結晶薄膜 1 1 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 1 1 (圧電単結晶基板 1) が支持基板 1 2 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ること無いため、強固な接合を安定的に実現させるために極めて有効な方法であるといえる。

[0049] その上、金属接合層 4 3 の導電率が高ければ S A W デバイスの特性に悪影響を与えるが、貼り合せ後に金属接合層 4 3 を導電率の低い金属酸化層 4 4 とすることで、良好な S A W デバイスの特性が得られることになる。

[0050] ここで、金属接合層の膜厚と特性劣化率の関係を表 1 に示す。ここで言う特性劣化とは、位相浮きのことを示しており、この位相浮きが 5 % を超えると、弾性波デバイスとして使用に耐えられないものとなる。下記表 1 に示すように、接合層膜厚が 2.2 n m で特性劣化率が 5 % を超えている。したがって、金属接合層の膜厚としては、2 n m 以下が望ましい。ただし、加熱、酸化により金属接合層は拡散するため、金属酸化層は金属接合層よりも広がっている。金属接合層の膜厚が 2 n m 以下の場合、金属酸化層の膜厚は 50 n m 程度までの範囲となる。

[0051]

[表1]

膜厚[nm]	片側	0.6/0.6	0.8/0.8	1.0/1.0	1.1/1.1	1.2/1.2
	接合層	1.2	1.6	2	2.2	2.4
特性劣化比率[%]		0.6	1.1	4.4	16.7	33.3

[0052] 《第2の実施形態》

次に、本発明の第2の実施形態に係る弾性波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。

[0053] 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体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体単結晶薄膜に施し、その際の支持基板と圧電体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。

[0054] 図5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6、7は、製造フローの前半の各工程における模式図である。

[0055] 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（S201）。これにより、図6（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。

[0056] 次に、図6（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（S202）。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。

[0057] また、図6（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（S203）。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。後に圧電体単結晶薄膜211（符号不図示）の高温熱処理が、同

種の材質からなる仮支持基板 212 に接合された状態で実施されるため、高温熱処理に伴う圧電単結晶基板 201 の割れなどを防ぐことができる。なお、仮支持基板 212 の材質は、圧電体単結晶薄膜 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。

[0058] 次に、図 6（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（S204）。ここでは、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）との接合に、金属拡散接合を用いる。ただし、ここでの接合法は金属拡散接合に限られず、ある程度の接合強度が得られる接合法であれば、他の接合法を用いても良い。

[0059] 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℃ の加熱環境下に置かれる（S205）。すると、図 6（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）で分離されて圧電体単結晶薄膜 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 と圧電体単結晶薄膜 211 との接合体は、約 500℃ 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体単結晶薄膜 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。

[0060] 次に、図 6（S206）に示すように、圧電体単結晶薄膜 211 の表面が CMP 法などにより平坦化される（S206）。

[0061] ここまでの工程を経て、被エッチング接合層 293 を介して圧電体単結晶薄膜 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。

[0062] 次に、図 7（S207）に示すように、薄膜仮支持構造 200 における圧

電体単結晶薄膜 211 の表面に、誘電体層 221 が形成される (S207)。
。

[0063] 次に、図 7 (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 (S208)。

[0064] また、図 7 (S211) に示すように、支持基板 213 が用意され、支持基板 213 の表面に酸化物層 233 が形成される (S211)。

[0065] 次に、図 7 (S221) に示すように、薄膜仮支持構造 200 における酸化物層 231 の表面に、極薄厚の金属層 241 が成膜される (S221)。

[0066] また、図 7 (S222) に示すように、支持基板 213 側の酸化物層 233 の表面に、極薄厚の金属層 243 が成膜される (S222)。

[0067] 次に、図 7 (S223) に示すように、支持基板 213 側の金属層 243 (符号不図示) と、薄膜仮支持構造 200 側の金属層 241 (符号不図示) とを重ね合わされて金属接合層 244 が形成される (S223)。なお、上述の金属層 241, 243 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、金属拡散接合法により金属層 241, 243 間の接合が実現される。

[0068] 次に、圧電体単結晶薄膜 211 や、仮支持基板 212、支持基板 213 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 293 がエッチングされて、被エッチング接合層 293 および仮支持基板 212 が除去される (S224)。これにより、図 7 (S224) に示すような、圧電体単結晶薄膜 211 と支持基板 213 とが、金属接合層 244 を介して接合された構造体が構成される。

[0069] この後、第 1 の実施形態と同様に (図 4 参照。)、金属接合層 244 の酸化により金属酸化層 (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 (S225 → S226 → S227)。

[0070] 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を、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、この発明による弾性波デバイスが、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。

[0071] 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性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。

[0072] 《第3の実施形態》

次に、本発明の第3の実施形態に係る弾性波デバイスについて、圧電体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。

[0073] 本実施形態では、まず、第2の実施形態と同様の方法で、図9 (S301) に示すような、圧電体単結晶薄膜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 (S301)。

[0074] 次に、図9 (S302) に示すように、薄膜仮支持構造300における圧電体単結晶薄膜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 (S302)。

[0075] 次に、図9 (S303) に示すように、薄膜仮支持構造300における圧電体単結晶薄膜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

(S303)。

[0076] 次に、図9 (S304) に示すように、薄膜仮支持構造300における圧電体単結晶薄膜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(S304)。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も利用される。

[0077] また、図9 (S305) に示すように、支持基板313が用意され、支持基板313の表面に酸化物層343が形成される(S305)。

[0078] 次に、図9 (S306) に示すように、薄膜仮支持構造300におけるメンブレン支持層341の表面に、極薄厚の金属層351が成膜される(S306)。

[0079] また、図9 (S307) に示すように、支持基板313側の酸化物層343の表面に、極薄厚の金属層353が成膜される(S307)。

[0080] 次に、図10 (S308) に示すように、支持基板313側の金属層353 (符号不図示) と、薄膜仮支持構造300側の金属層351 (符号不図示) とを重ね合わせて、金属接合層354が形成される(S308)。なお、上述の金属層351、353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、金属拡散接合法により金属層351、353間の接合が実現される。

[0081] 次に、圧電体単結晶薄膜311や、仮支持基板312、支持基板313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393がエッチングされて、被エッチング接合層393および仮支持基板312が除去される(S309)。これにより、図10 (S309) に示すような、圧電体単結晶薄膜311と支持基板313とが、金属接合層354を介して接合された構造体が構成される。

[0082] 次に、図10 (S310) に示すように、加熱により金属接合層354 (符号不図示) を酸化させて金属酸化層355が形成される(S310)。

[0083] 次に、図１０（Ｓ３１１）に示すように、圧電体単結晶薄膜３１１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（Ｓ３１１）。

[0084] 次に、図１０（Ｓ３１２）に示すように、圧電体単結晶薄膜３１１の窓から犠牲層パターン３３１（符号不図示）にエッチャントが導入され、犠牲層パターン３３１（符号不図示）を除去してメンブレン空間３３１Ａが形成される（Ｓ３１２）。

[0085] 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。

符号の説明

[0086] １，２０１…圧電単結晶基板
１Ａ，２０１Ａ…接合面
２，２０２…欠陥層
１１，２１１，３１１…圧電体単結晶薄膜
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…金属酸化層
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
２９２…被エッチング層
２９３，３９３…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

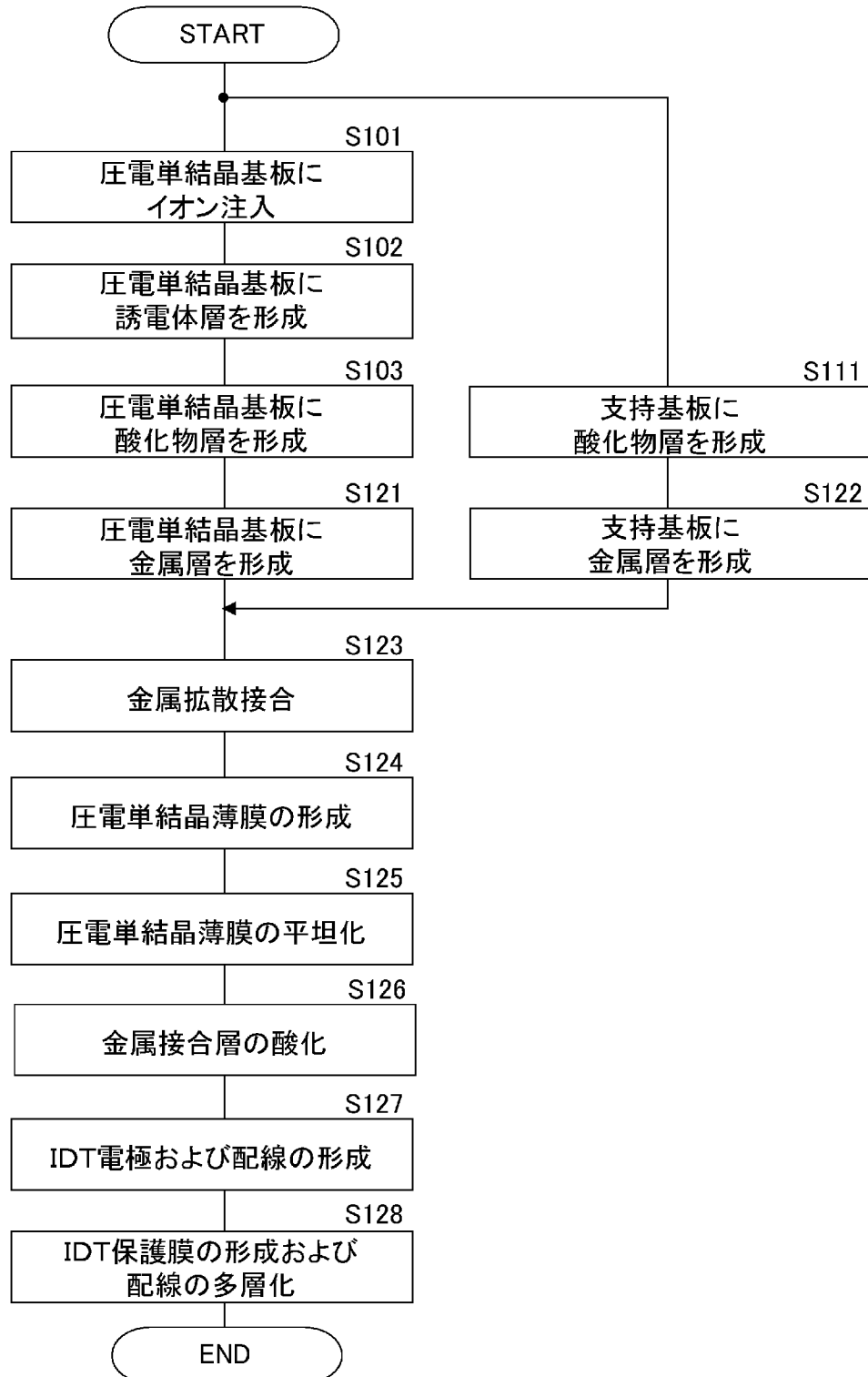
3 4 1 …メンブレン支持層

請求の範囲

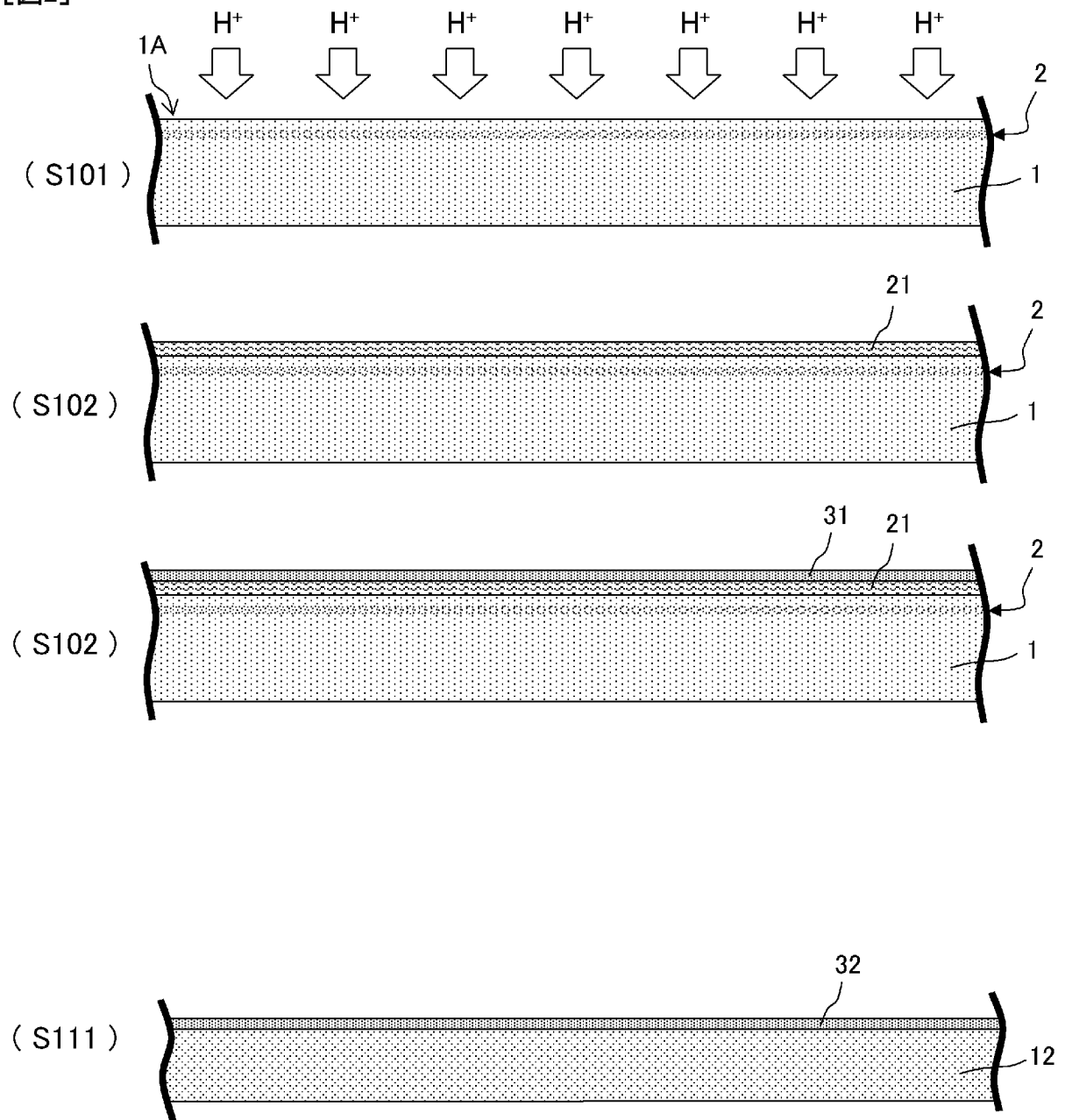
- [請求項1] 圧電体からなる圧電基板の接合面側に第1の金属層を形成する第1の金属層形成工程と、
- 支持基板の接合面側に第2の金属層を形成する第2の金属層形成工程と、
- 前記第1の金属層と前記第2の金属層とを重ね合わせ、前記第1の金属層の結晶と前記第2の金属層の結晶とを再配列させて金属接合層を形成する金属接合層形成工程と、
- 前記金属接合層を酸化させて金属酸化層を形成する金属酸化層形成工程と、
- を有する弾性波デバイスの製造方法。
- [請求項2] 前記第1の金属層形成工程の前に、前記圧電基板の接合面側に第1の酸化物層を形成する第1の酸化物層形成工程を備える、請求項1に記載の弾性波デバイスの製造方法。
- [請求項3] 前記第2の金属層形成工程の前に、前記支持基板の接合面側に第2の酸化物層を形成する第2の酸化物層形成工程を備える、請求項1又は2に記載の弾性波デバイスの製造方法。
- [請求項4] 前記第1の金属層および前記第2の金属層は、酸化物の生成自由エネルギーが負の材料からなる、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] 前記金属酸化層は、膜厚が50nm以下である、請求項1～4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6] 前記第1の金属層と前記第2の金属層とは、同じ材料からなる、請求項1～5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7] 前記第1の金属層形成工程と前記第2の金属層形成工程と前記金属接合層形成工程とは、不活性ガス雰囲気下または真空中で連続して行われる、請求項1～6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8] 前記第1の金属層形成工程の前に、前記圧電基板の接合面側からイオンを注入するイオン注入工程を備え、
- 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薄膜として残して前記圧電基板を分離する分離工程を有する、請求項1～7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9] 前記第1の金属層形成工程の前に、
- 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、前記圧電基板における接合面側の領域を圧電薄膜として残す分離工程と、
- 前記圧電基板から分離した前記圧電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1～7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10] 前記圧電薄膜に機能電極を形成する機能電極形成工程を有する、請求項8または9に記載の弾性波デバイスの製造方法。
- [請求項11] 前記圧電基板は圧電単結晶基板である、請求項10に記載の弾性波デバイスの製造方法。

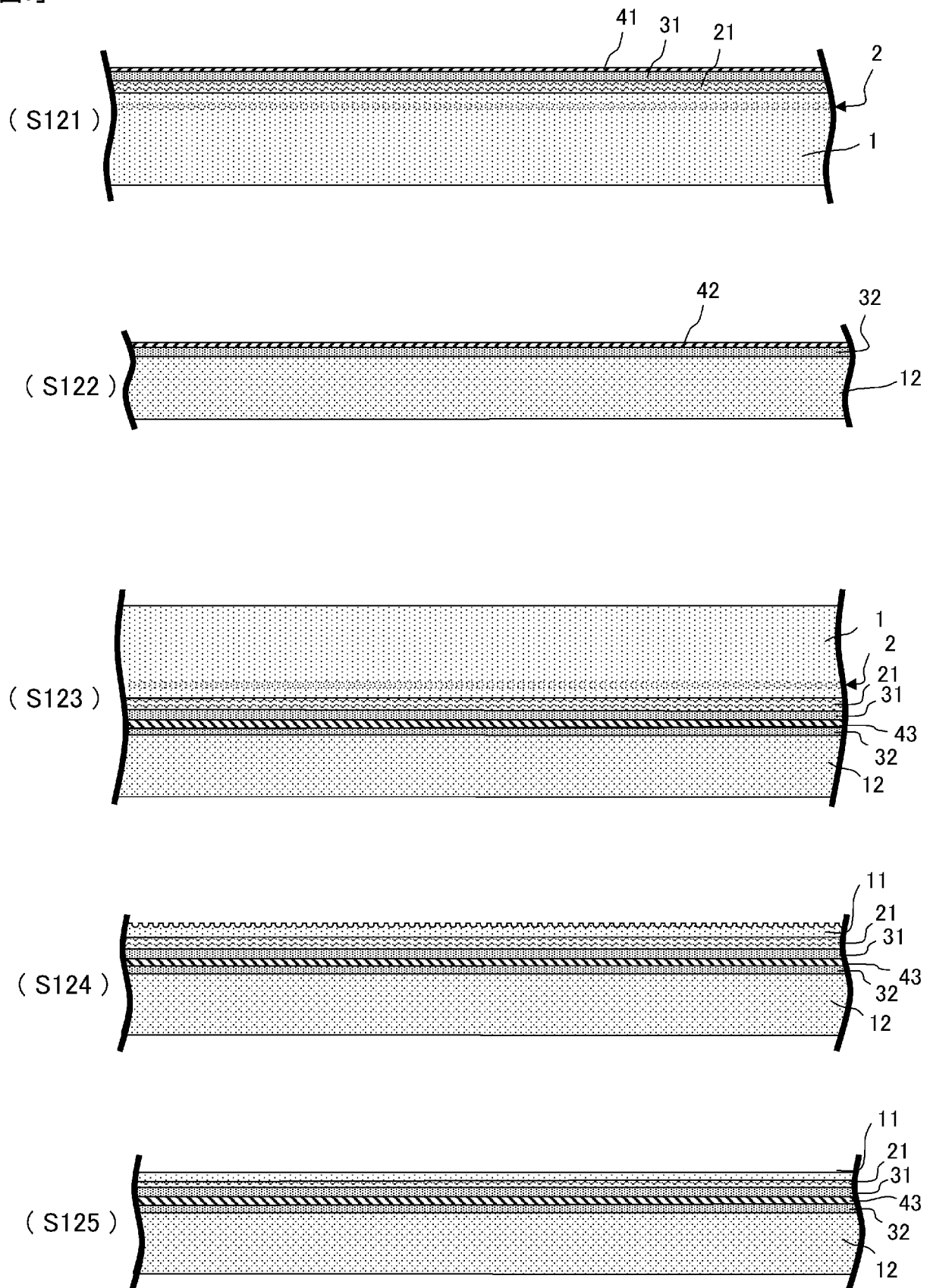
[図1]



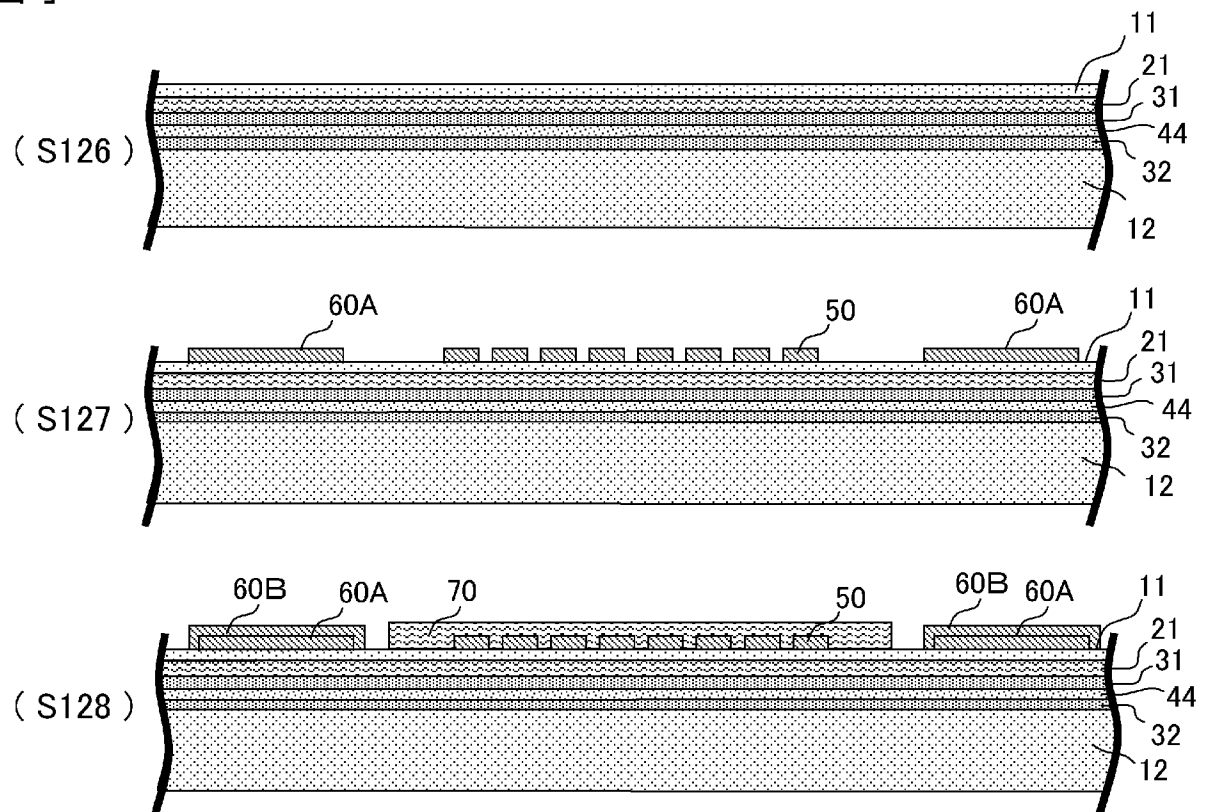
[図2]



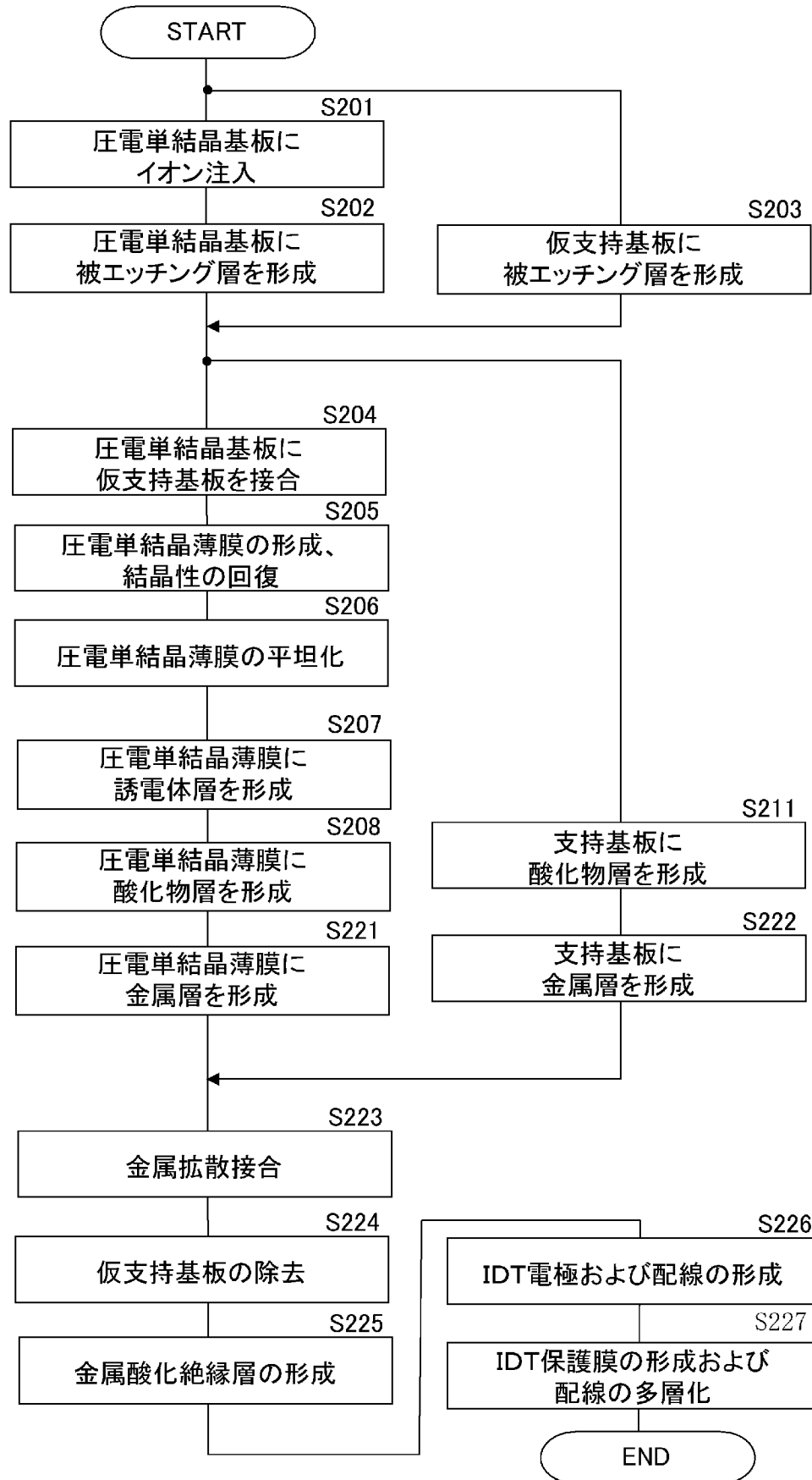
[図3]



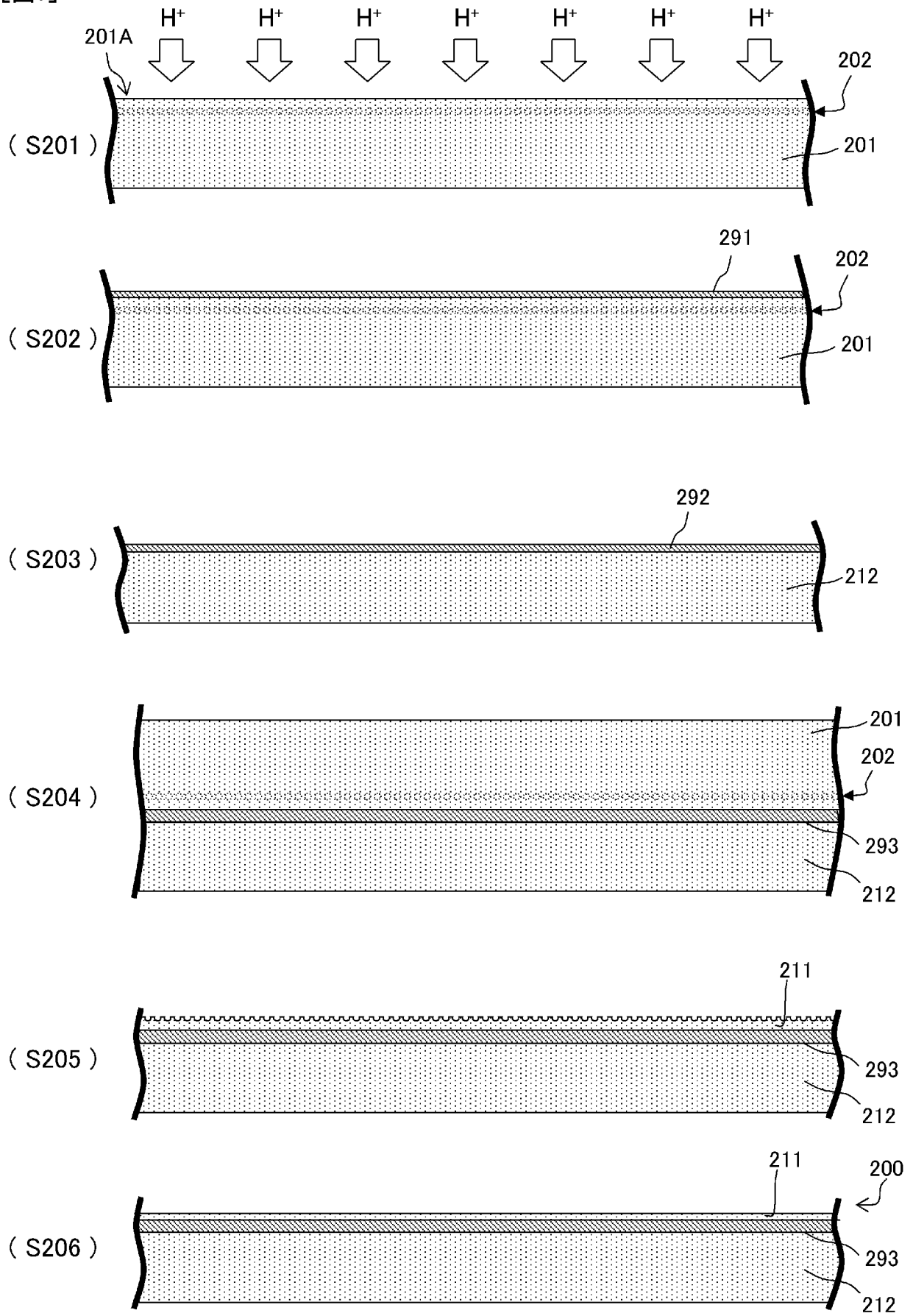
[図4]



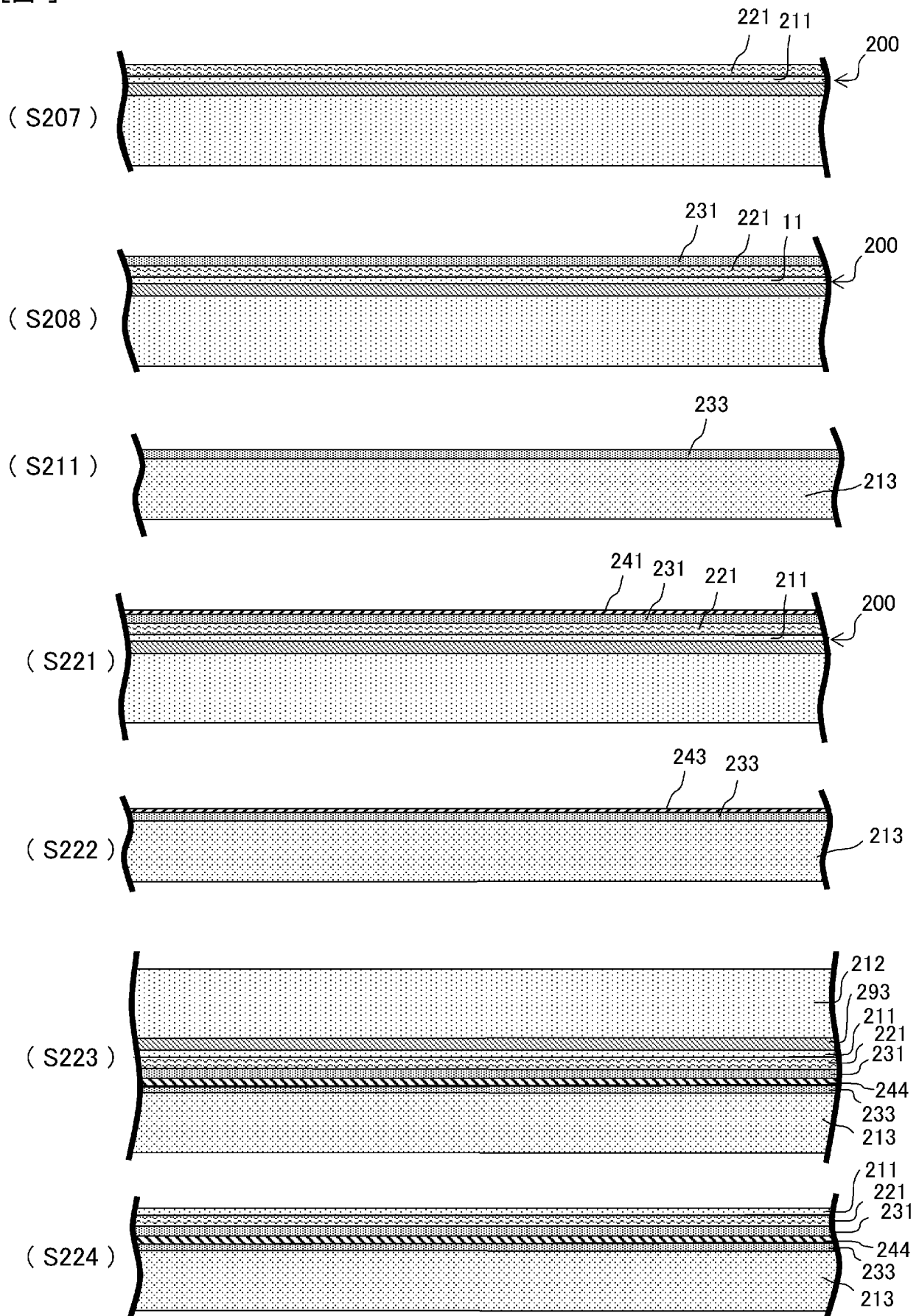
[図5]



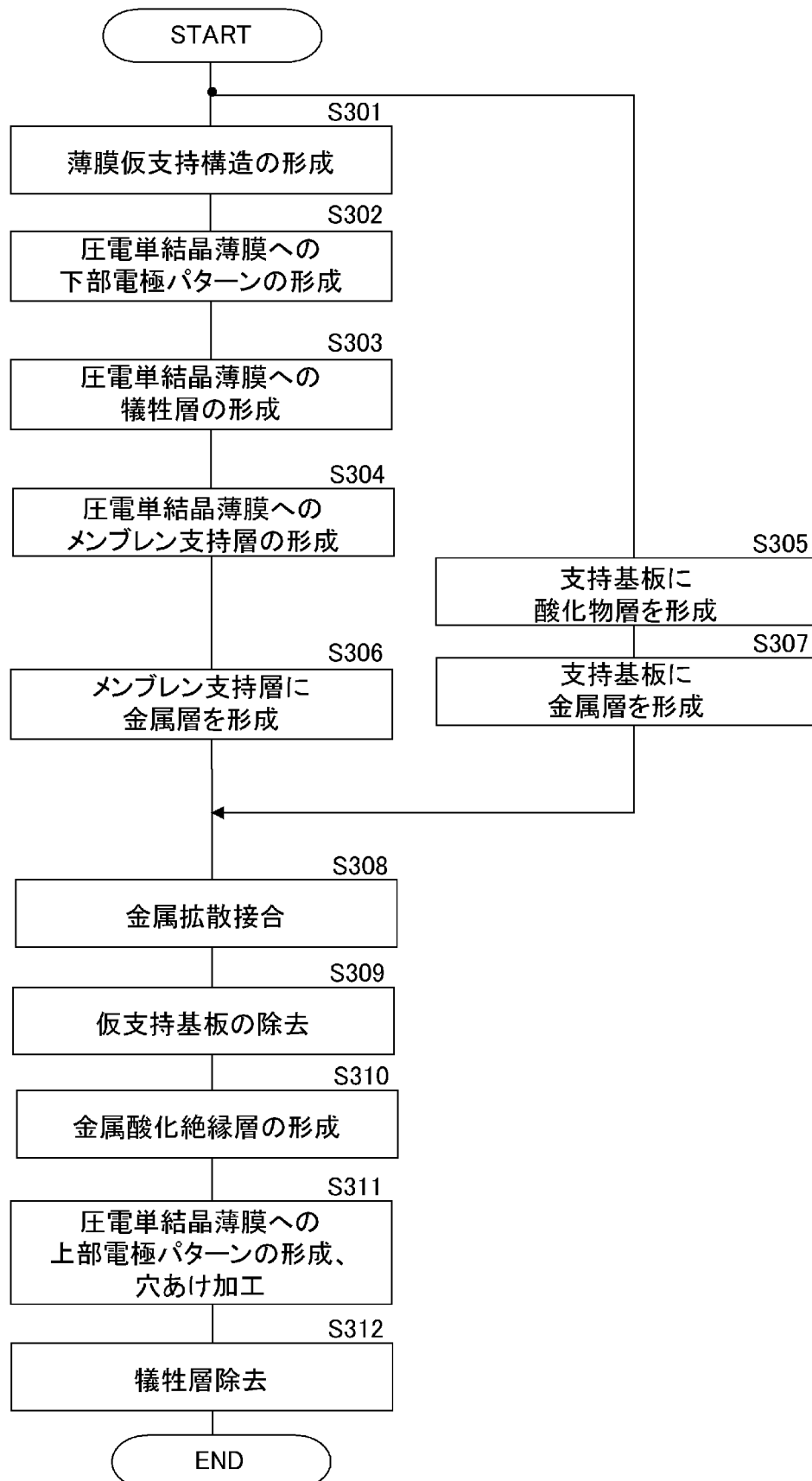
[図6]



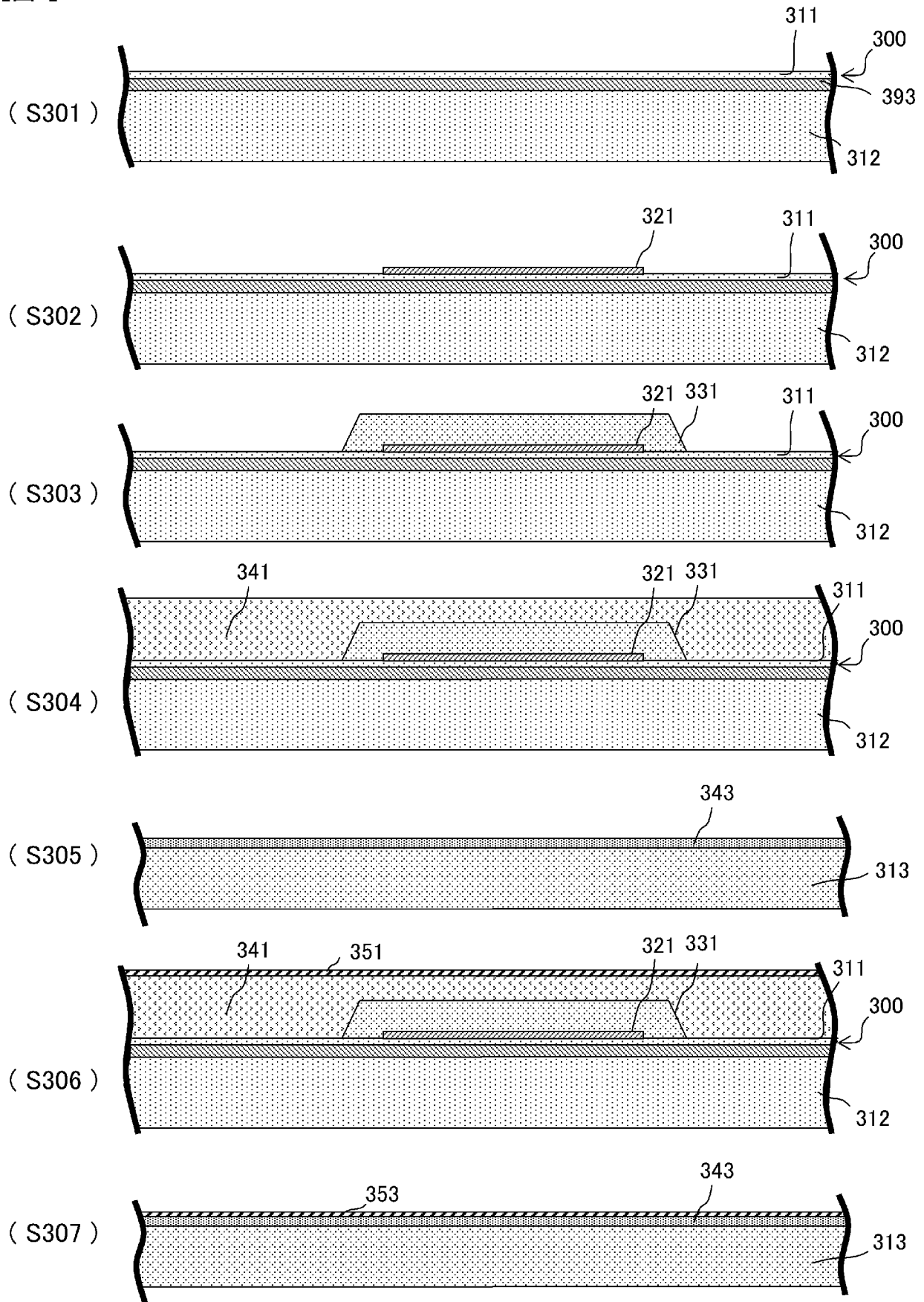
[図7]



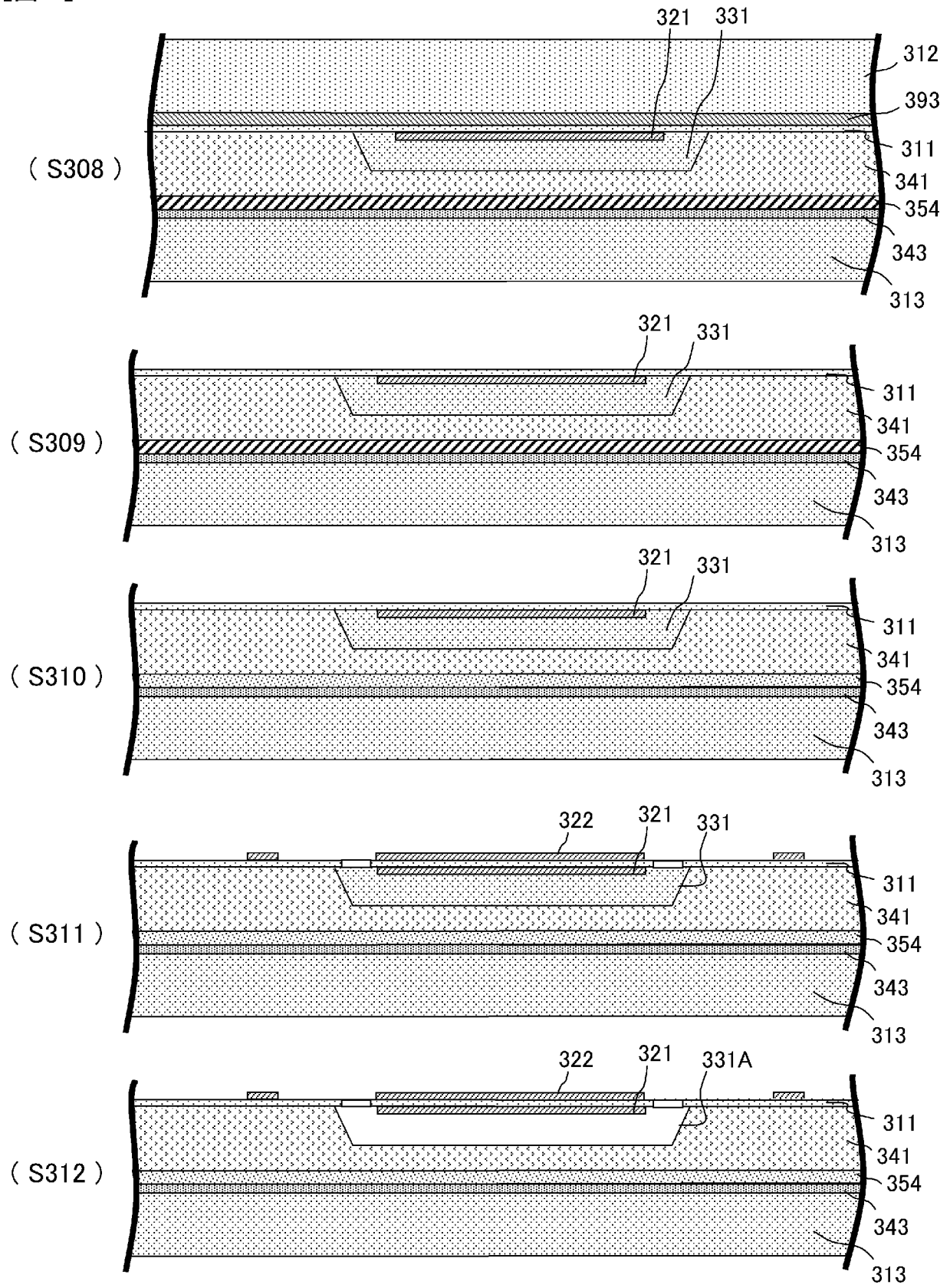
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/068786

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H3/08(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/18(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i, H03H3/02(2006.01)i, H03H9/145(2006.01)i, H03H9/17(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)

H03H3/08, H01L41/09, H01L41/18, H01L41/22, H03H3/02, H03H9/145, H03H9/17

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X A	WO 2011/065317 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 03 June 2011 (03.06.2011), paragraphs [0018] to [0039]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1, 3-8, 10-11 2, 9
A	JP 2006-245990 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 September 2006 (14.09.2006), fig. 3 & US 2007/0170813 A1	1-11

☐ 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
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.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H03H3/08(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/18(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i,
H03H3/02(2006.01)i, H03H9/145(2006.01)i, H03H9/17(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. H03H3/08, H01L41/09, H01L41/18, H01L41/22, H03H3/02, H03H9/145, H03H9/17

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 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	WO 2011/065317 A1 (株式会社村田製作所) 2011.06.03, 段落[0018]-[0039], 図 1-3 (ファミリーなし)	1, 3-8, 10-11 2, 9
A	JP 2006-245990 A (松下電器産業株式会社) 2006.09.14, 図 3 & US 2007/0170813 A1	1-11

☐ 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

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

2 7 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 9 . 1 0 . 2 0 1 2

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)

▲徳▼田 賢二

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

5 W

9 6 5 4