

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7529018号
(P7529018)

(45)発行日 令和6年8月6日(2024.8.6)

(24)登録日 令和6年7月29日(2024.7.29)

(51)国際特許分類	F I
H 0 3 H 9/145(2006.01)	H 0 3 H 9/145 C
H 0 3 H 9/25 (2006.01)	H 0 3 H 9/25 C
	H 0 3 H 9/145 D

請求項の数 13 (全11頁)

(21)出願番号	特願2022-518026(P2022-518026)	(73)特許権者	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(86)(22)出願日	令和3年4月23日(2021.4.23)	(74)代理人	110001232 弁理士法人大阪フロント特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/016510	(72)発明者	谷口 康政 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
(87)国際公開番号	WO2021/220974	(72)発明者	大門 克也 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
(87)国際公開日	令和3年11月4日(2021.11.4)	(72)発明者	岩本 英樹 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
審査請求日	令和4年9月8日(2022.9.8)	審査官	竹内 亨
(31)優先権主張番号	特願2020-78145(P2020-78145)		
(32)優先日	令和2年4月27日(2020.4.27)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 弾性波装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電性基板と、
前記圧電性基板上に設けられており、互いに間挿し合う第1及び第2の電極指を有するIDT電極と、
前記IDT電極の弾性波伝搬方向両側に配置されており、複数本の電極指を有する反射器電極と、
を備え、

前記IDT電極において、前記第1の電極指と前記第2の電極指とを弾性波伝搬方向にみたときに重なりあっている領域が交差領域であり、前記交差領域が、中央領域と、前記中央領域の前記第1、第2の電極指の延びる方向両側に配置された第1、第2のエッジ領域とを有し、前記第1、第2のエッジ領域から、前記反射器電極が設けられている領域の弾性波伝搬方向外側の領域に至るように設けられた誘電体膜をさらに備え、

前記誘電体膜が、前記反射器電極の前記弾性波伝搬方向外側において、前記圧電性基板の端部に至るように設けられている、弾性波装置。

【請求項2】

圧電性基板と、
前記圧電性基板上に設けられており、互いに間挿し合う第1及び第2の電極指を有するIDT電極と、
前記IDT電極の弾性波伝搬方向両側に配置されており、複数本の電極指を有する反射

器電極と、
を備え、

前記 I D T 電極において、前記第 1 の電極指と前記第 2 の電極指とを弾性波伝搬方向にみたときに重なりあっている領域が交差領域であり、前記交差領域が、中央領域と、前記中央領域の前記第 1 , 第 2 の電極指の延びる方向両側に配置された第 1 , 第 2 のエッジ領域とを有し、前記第 1 , 第 2 のエッジ領域から、前記反射器電極が設けられている領域の弾性波伝搬方向外側の領域に至るように設けられた誘電体膜をさらに備え、

前記誘電体膜が、前記 I D T 電極と前記圧電性基板との間から前記反射器電極と前記圧電性基板との間に至るように設けられている、弾性波装置。

【請求項 3】

前記誘電体膜が、前記 I D T 電極と前記圧電性基板との間から前記反射器電極と前記圧電性基板との間に至るように設けられている、請求項 1 に記載の弾性波装置。

【請求項 4】

前記誘電体膜が、前記 I D T 電極上から前記反射器電極上に至るように設けられている、請求項 1 に記載の弾性波装置。

【請求項 5】

前記 I D T 電極を覆うように設けられた保護膜をさらに備える、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

【請求項 6】

前記誘電体膜が、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化タングステン、酸化セレン及び酸化ニオブからなる群から選択された誘電体からなる、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

【請求項 7】

前記第 1 , 第 2 のエッジ領域の音速が、前記中央領域における音速よりも低められている、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

【請求項 8】

前記圧電性基板が、支持基板と、前記支持基板に直接または間接に積層された圧電膜とを有する、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置。

【請求項 9】

前記圧電性基板が、前記圧電膜と、前記支持基板との間に配置されており、伝搬するバルク波の音速が、圧電膜を伝搬する弾性波の音速よりも高い、高音速材料からなる高音速材料層をさらに備える、請求項 8 に記載の弾性波装置。

【請求項 10】

前記支持基板が、前記高音速材料からなり、前記高音速材料層と、前記支持基板とが一体化されている、請求項 9 に記載の弾性波装置。

【請求項 11】

前記高音速材料層と前記圧電膜との間に配置されており、伝搬するバルク波の音速が、前記圧電膜を伝搬するバルク波の音速よりも低い、低音速材料からなる低音速膜をさらに備える、請求項 9 または 10 に記載の弾性波装置。

【請求項 12】

前記圧電性基板が、前記圧電膜と、前記支持基板との間に積層された音響反射膜をさらに備える、請求項 8 に記載の弾性波装置。

【請求項 13】

前記音響反射膜が、相対的に音響インピーダンスが低い低音響インピーダンス層と、相対的に音響インピーダンスが高い高音響インピーダンス層とを有する、請求項 12 に記載の弾性波装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、I D T 電極及び反射器電極を有する弾性波装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

下記の特許文献1に記載の弾性波装置では、支持基板上に圧電膜が積層されている。この圧電膜上に、IDT電極と、IDT電極の弾性波伝搬方向両側に配置された反射器電極とが設けられている。特許文献1では、IDT電極の交差領域が、中央領域と、中央領域の電極指の延びる方向外側に配置された第1,第2のエッジ領域とを有する。第1,第2のエッジ領域において、電極指と、圧電膜との間に誘電体膜が設けられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】US 2017/0155373 A1

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に記載の弾性波装置では、IDT電極と反射器電極との間での音響的な不連続性が大きい。そのため、エネルギー散乱が生じ、損失が大きくなるという問題があった。

【0005】

本発明の目的は、損失の小さい弾性波装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る弾性波装置は、圧電性基板と、前記圧電性基板上に設けられており、互い之間挿し合う第1及び第2の電極指を有するIDT電極と、前記IDT電極の弾性波伝搬方向両側に配置されており、複数本の電極指を有する反射器電極と、を備え、前記IDT電極において、前記第1の電極指と前記第2の電極指とを弾性波伝搬方向にみたときに重なりあっている領域が交差領域であり、前記交差領域が、中央領域と、前記中央領域の前記第1,第2の電極指の延びる方向両側に配置された第1,第2のエッジ領域とを有し、前記第1,第2のエッジ領域から、前記反射器電極が設けられている領域の弾性波伝搬方向外側の領域に至るように設けられた誘電体膜をさらに備える。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、損失の小さい弾性波装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、本発明の第1の実施形態に係る弾性波装置の平面図である。

【図2】図2(a)及び図2(b)は、それぞれ、図1中のA-A線及びB-B線に沿う断面図である。

【図3】図3は、第1の実施形態の弾性波装置において、誘電体膜の反射器の外側端縁からはみだし長さ、エネルギー漏洩率との関係を示す図である。

【図4】図4は、本発明の第2の実施形態に係る弾性波装置の平面図である。

【図5】図5は、本発明の第3の実施形態に係る弾性波装置の要部を示す正面断面図である。

【図6】図6は、本発明の第4の実施形態に係る弾性波装置の要部を示す正面断面図である。

【図7】図7は、本発明の第5の実施形態に係る弾性波装置を説明するための側面断面図である。

【図8】図8は、本発明で用いられる圧電性基板の変形例を説明するための正面断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

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

10

20

30

40

50

明らかにする。

【0010】

なお、本明細書に記載の各実施形態は、例示的なものであり、異なる実施形態間において、構成の部分的な置換または組み合わせが可能であることを指摘しておく。

【0011】

図1は、本発明の第1の実施形態に係る弾性波装置の平面図である。図2(a)及び図2(b)は、図1中のA-A線及びB-B線に沿う部分の断面図である。

【0012】

弾性波装置1は、圧電性基板2を有する。圧電性基板2は、Siからなる支持基板3と、支持基板3上に積層されており、低音速材料としての酸化ケイ素からなる低音速膜4及び低音速膜4上に積層されている圧電膜5とを有する。

10

【0013】

低音速材料とは、伝搬するバルク波の音速が、圧電膜5を伝搬するバルク波の音速よりも低い材料をいう。このような低音速材料としては、酸化ケイ素などを挙げることができる。なお、低音速膜4の材料は、酸化ケイ素に限定されない。低音速膜4の材料は、例えば、酸化ケイ素、ガラス、酸化ケイ素、酸化タンタル、酸化ケイ素にフッ素、炭素、若しくはホウ素を加えた化合物、又は、上記各材料を主成分とする材料であってもよい。

【0014】

本実施形態では、支持基板3は、高音速材料としてのSiからなる。高音速材料とは、伝搬するバルク波の音速が、圧電膜5を伝搬する弾性波の音速よりも高い材料をいう。高音速材料としては、Siの他、酸化アルミニウム、炭化ケイ素、サファイア、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、水晶、アルミナ、ジルコニア、コ-ジライト、ムライト、ステアタイト、フォルステライト、マグネシア、DLC(ダイヤモンドライクカーボン)膜またはダイヤモンド、上記材料を主成分とする材料などを用いることができる。

20

【0015】

圧電膜5は、タンタル酸リチウムからなるが、ニオブ酸リチウムなどの他の圧電体からなるものであってもよい。

【0016】

圧電性基板2は、上記積層構造を有するため、圧電膜5において励振された弾性波を圧電膜5内に効果的に閉じ込めることができる。圧電性基板2上に、IDT電極6と、IDT電極6の弾性波伝搬方向両側に配置された第1、第2の反射器電極7、8とが設けられている。

30

【0017】

IDT電極6及び第1、第2の反射器電極7、8は、Al、Cu、Mo、Wなどの適宜の金属もしくは合金からなる。

【0018】

IDT電極6は、対向し合う第1のバスバー6a及び第2のバスバー6bを有する。第1のバスバー6aに、複数本の第1の電極指6cの一端が接続されている。第2のバスバー6bに、複数本の第2の電極指6dの一端が接続されている。複数本の第1の電極指6cと複数本の第2の電極指6dとは、互いに間挿し合っている。

40

【0019】

第1の反射器電極7は、複数本の電極指7aを有する。複数本の電極指7aの両端が短絡されている。第2の反射器電極8も同様に、複数本の電極指8aを有する。複数本の電極指8aの両端が短絡されている。

【0020】

弾性波装置1では、上記IDT電極6及び第1、第2の反射器電極7、8により1ポート型弾性波共振子が構成されている。第1の電極指6cと第2の電極指6dとの間に交流電圧を印加することにより、弾性波が励振される。本実施形態では、圧電膜5はLiTaO₃からなりSH波がメインモードとして励振される。

【0021】

50

弾性波装置 1 では、弾性波伝搬方向は、上記第 1, 第 2 の電極指 6 c, 6 d が延びる方向と直交する方向である。弾性波伝搬方向にみたときに、第 1 の電極指 6 c と第 2 の電極指 6 d とが重なり合っている領域が、共振領域としての交差領域 K である。この交差領域 K は、中央領域 C と、中央領域 C の第 1, 第 2 の電極指 6 c, 6 d の延びる方向両側に配置された第 1, 第 2 のエッジ領域 E 1, E 2 とを有する。

【0022】

弾性波装置 1 では、第 1 のエッジ領域 E 1, 第 2 のエッジ領域 E 2 において、誘電体膜 9, 10 が設けられている。誘電体膜 9, 10 は、第 1, 第 2 のエッジ領域 E 1, E 2 において質量を付加する膜である。この誘電体膜の材料としての誘電体としては、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化タングステン、酸化セレン及び酸化ニオブからなる群から選

10

【0023】

図 2 (a) で示すように中央領域 C では、第 1, 第 2 の電極指 6 c, 6 d と、圧電性基板 2 との間に誘電体膜は存在しない。これに対して、図 2 (b) に示すように、第 1 のエッジ領域 E 1 では、誘電体膜 9 が第 1, 第 2 の電極指 6 c, 6 d すなわち IDT 電極 6 と圧電性基板 2 との間に設けられている。さらに、上記誘電体膜 9 は、第 1, 第 2 の反射器電極 7, 8 の下方にも位置している。すなわち、誘電体膜 9 は、IDT 電極 6 と圧電性基板 2 との間から、反射器電極 7, 8 と圧電性基板 2 との間に至っている。同様に、誘電体膜 10 についても、第 2 のエッジ領域 E 2 において、第 1, 第 2 の電極指 6 c, 6 d すな

20

【0024】

上記誘電体膜 9, 10 が設けられているため、第 1, 第 2 のエッジ領域 E 1, E 2 における音速は、中央領域 C の音速よりも低められている。図 1 において、この中央領域 C の音速 V_1 、第 1, 第 2 のエッジ領域 E 1, E 2 の音速 V_2 と、第 1, 第 2 のエッジ領域 E 1, E 2 の、電極指が延びる方向における外側のギャップ領域の音速 V_3 との関係を示す。すなわち図 1 の弾性波装置 1 の右側において、右側にいくにつれ音速が高いスケールが示されている。 $V_3 > V_1 > V_2$ である。

【0025】

よって、弾性波装置 1 では、上記音速差により横モードのリップルを抑圧することが可能とされている。

30

【0026】

なお、弾性波装置 1 では、上記誘電体膜 9, 10 は、第 1, 第 2 のエッジ領域 E 1, E 2 において、IDT 電極 6 の下方に位置しているだけでなく、IDT 電極 6 の下方から第 1, 第 2 の反射器電極 7, 8 の下方を超えて弾性波伝搬方向外側の領域まで延びるように設けられている。それによって、弾性波装置 1 では、低損失化が図られている。これを、より具体的に説明する。

【0027】

特許文献 1 に記載のように、第 1, 第 2 のエッジ領域 E 1, E 2 の音速を低めて、ピストンモード共振子を構成することにより、横モードリップルを抑圧することができる。しかしながら、特許文献 1 の弾性波装置では、IDT 電極と反射器電極との間の音響的な不連続性が大きくなるという問題があった。より具体的には、エッジ領域において、IDT 電極と反射器電極との間の音響的な不連続性、すなわち音速差や反射係数差が大きくなることがあった。そのため、弾性波の散乱が生じやすく、それによる損失が大きくなるという問題があった。

40

【0028】

これに対して、弾性波装置 1 では、誘電体膜 9, 10 が、IDT 電極 6 から第 1, 第 2 の反射器電極 7, 8 の下方を経て、第 1, 第 2 の反射器電極 7, 8 の外側の領域に至るように設けられている。そのため、第 1, 第 2 のエッジ領域 E 1, E 2 における音響的不連

50

続性が緩和されている。従って、弾性波の散乱が生じ難いため、散乱による損失を抑制することができる。よって、低損失の弾性波装置 1 を提供することができる。

【 0 0 2 9 】

なお、弾性波装置 1 では、さらに誘電体膜 9 , 1 0 は、圧電性基板 2 の弾性波伝搬方向両側に位置する端縁 2 a , 2 b に至らないように設けられている。従って、リフロー試験や、熱衝撃試験のような信頼性試験を行った場合、誘電体膜 9 , 1 0 による引張応力が生じたとしても、圧電性基板 2 の端縁 2 a , 2 b において、割れが生じ難くなる、という効果を得ることが可能となるため、望ましい。

【 0 0 3 0 】

なお、図 1 では、最上層に設けられた保護膜の図示は省略されているが、図 2 (a) 及び図 2 (b) に示すように、弾性波装置 1 では、I D T 電極 6 を覆うように、また、図 2 に示されていない第 1 , 第 2 の反射器電極 7 , 8 を覆うように、保護膜 1 1 が設けられている。保護膜 1 1 は、酸化ケイ素からなる。もっとも、保護膜 1 1 は、酸化ケイ素以外の他の誘電体、例えば、酸化窒化ケイ素、窒化ケイ素などのさまざまな材料により形成することができる。

10

【 0 0 3 1 】

弾性波装置 1 では、誘電体膜 9 , 1 0 が、第 1 , 第 2 の反射器電極 7 , 8 の外側端縁からさらに外側に延ばされている。この外側に延ばされている部分の長さをはみだし長さ L とする。図 3 は、このはみだし長さ L (μm) と、エネルギーの漏洩率との関係を示す図である。エネルギーの漏洩率とは、I D T 電極 6 の励振により発生したエネルギーのうち、外部に漏洩するエネルギーの割合をいう。この漏洩率が小さいほうが、エネルギーロスが小さい。すなわち、通過帯域の損失を小さくすることができる。

20

【 0 0 3 2 】

図 3 から明らかなように、はみだし長さが 0 の場合に比べて、はみ出し長さを 0 . 2 5 μm または 0 . 3 7 5 μm とした場合のほうが、エネルギーの漏洩率が小さい。従って、弾性波装置 1 のように、誘電体膜 9 , 1 0 が、第 1 , 第 2 の反射器電極 7 , 8 の外側端縁よりも外側にはみでていることが望ましい。

【 0 0 3 3 】

図 4 は、本発明の第 2 の実施形態に係る弾性波装置の平面図である。弾性波装置 2 1 では、誘電体膜 9 , 1 0 が、圧電性基板 2 の弾性波伝搬方向両側に位置している端縁 2 a , 2 b に至るように設けられている。その他の構成は、弾性波装置 2 1 は弾性波装置 1 と同様である。従って、同一部分については同一の参照番号を付することによりその説明を省略する。

30

【 0 0 3 4 】

弾性波装置 2 1 では、誘電体膜 9 , 1 0 が、第 1 , 第 2 のエッジ領域 E 1 , E 2 に設けられているため、弾性波装置 1 と同様に、ピストンモードを構成することができる。また、誘電体膜 9 , 1 0 が、第 1 , 第 2 の反射器電極 7 , 8 を越えて第 1 , 第 2 の反射器電極 7 , 8 の外側の領域に至るように延ばされている。そのため、弾性波装置 1 と同様に、低損失化を図ることができる。

【 0 0 3 5 】

もっとも、誘電体膜 9 , 1 0 は、端縁 2 a , 2 b に至るように設けられている。本発明では、このように、端縁 2 a , 2 b に至るように誘電体膜 9 , 1 0 が設けられていてもよい。

40

【 0 0 3 6 】

図 5 は、第 3 の実施形態に係る弾性波装置の要部を示す正面断面図である。図 5 では、図 2 (b) に相当する部分が示されている。すなわち、第 1 のエッジ領域における断面構造が示されている。弾性波装置 3 1 では、誘電体膜 9 は、第 1 のエッジ領域において、第 1 , 第 2 の電極指 6 c , 6 d を覆うように、すなわち、I D T 電極 6 の上面に設けられている。このように、本発明では、第 1 , 第 2 のエッジ領域の音速を低めるための誘電体膜は、I D T 電極や反射器電極の電極指を覆うように設けられていてもよい。

50

【0037】

図6は、第4の実施形態に係る弾性波装置の要部を示す正面断面図である。図6においても、図2(b)に示す、すなわち、第1のエッジ領域における断面構造が示されている。弾性波装置41では、誘電体膜9は、保護膜11の上面に積層されている。このように、誘電体膜9は、第1のエッジ領域において、第1,第2の電極指6c,6d及び保護膜11を覆うように設けられていてもよい。この場合、第2のエッジ領域においても誘電体膜が同様に構成されている。

【0038】

図7は、第5の実施形態に係る弾性波装置の側面断面図である。図7では、弾性波装置51において、弾性波伝搬方向と直交する方向に延びる断面、すなわちIDT電極6の第2の電極指6dが延びる方向に沿う断面が示されている。

10

【0039】

弾性波装置51では、圧電性基板2上に、IDT電極6が設けられている。図7では、第1のバスター6aと、第2の電極指6d及び第2のバスター6bが図示されている。

【0040】

弾性波装置51では、上記IDT電極6を覆うように保護膜52が設けられている。保護膜52は、酸化ケイ素や酸化窒素などの適宜の絶縁体からなる。

【0041】

上記保護膜52は、周波数温度特性を調整するための周波数温度特性調整膜であってもよい。

20

【0042】

上記保護膜52上に、誘電体膜53がさらに積層されている。この誘電体膜53では、第1,第2のエッジ領域E1,E2に相当する部分において、上方に突出する部分が設けられている。この突出している部分が、質量付加膜としての誘電体膜9,10を構成している。

【0043】

それによって、第1,第2のエッジ領域E1,E2に相当する部分において質量が付加され、低音速化が図られている。

【0044】

弾性波装置51では、上記誘電体膜9,10が、第1~第4の実施形態と同様に、第1,第2の反射器電極を越えて、第1,第2の反射器電極の弾性波伝搬方向外側の領域に至るように設けられている。従って、弾性波装置1と同様に、低損失化を図ることができる。

30

【0045】

なお、弾性波装置51では、圧電性基板2は、単一の圧電体からなる。このような圧電体としては、タンタル酸リチウムやニオブ酸リチウムなどの圧電単結晶を用いることができる。本発明においては、このように、単一の圧電体からなる圧電性基板2を用いてもよい。

【0046】

弾性波装置1では、圧電性基板2として、Siからなる支持基板3、低音速膜4及び圧電膜5の積層体を用いたが、支持基板3と低音速膜4との間に高音速材料からなる高音速材料層を設けてもよい。その場合には、支持基板3を、高音速材料以外の絶縁性材料や半導体材料などで構成してもよい。なお、弾性波装置1では、支持基板3がSiからなり、高音速材料層と一体化されている。

40

【0047】

また、本発明においては、図8に示す圧電性基板2Aを用いてもよい。圧電性基板2Aでは、支持基板3と圧電膜5との間に音響反射膜74が積層されている。音響反射膜74は、相対的に音響インピーダンスが低い低音響インピーダンス層74a,74c,74eと、相対的に音響インピーダンスが高い高音響インピーダンス層74b,74d,74fとを交互に積層した構造を有する。これらの積層数については特に限定されない。このような音響反射膜74を用いた圧電性基板2Aを用いた場合においても、圧電膜5内に弾性

50

波のエネルギーを効果的に閉じ込めることができる。

【 0 0 4 8 】

なお、低音響インピーダンス層 7 4 a , 7 4 c , 7 4 e を構成する低音響インピーダンス材料と、高音響インピーダンス層 7 4 b , 7 4 d , 7 4 f を構成する高音響インピーダンス材料は、上記音響インピーダンス関係を満たす適宜の材料の組み合わせを用いることができる。

【符号の説明】

【 0 0 4 9 】

1 , 2 1 , 3 1 , 4 1 , 5 1 ... 弾性波装置	
2 , 2 A ... 圧電性基板	10
2 a , 2 b ... 端縁	
3 ... 支持基板	
4 ... 低音速膜	
5 ... 圧電膜	
6 ... I D T 電極	
6 a , 6 b ... 第 1 , 第 2 のバスバー	
6 c , 6 d ... 第 1 , 第 2 の電極指	
7 , 8 ... 第 1 , 第 2 の反射器電極	
7 a , 8 a ... 電極指	
9 , 1 0 ... 誘電体膜	20
1 1 , 5 2 ... 保護膜	
5 3 ... 誘電体膜	
7 4 ... 音響反射膜	
7 4 a , 7 4 c , 7 4 e ... 低音響インピーダンス層	
7 4 b , 7 4 d , 7 4 f ... 高音響インピーダンス層	

30

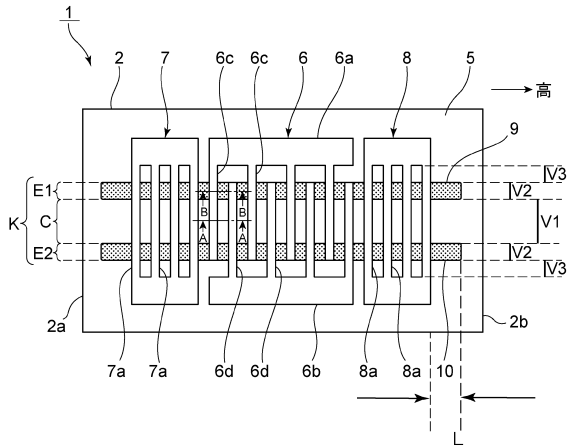
40

50

【図面】

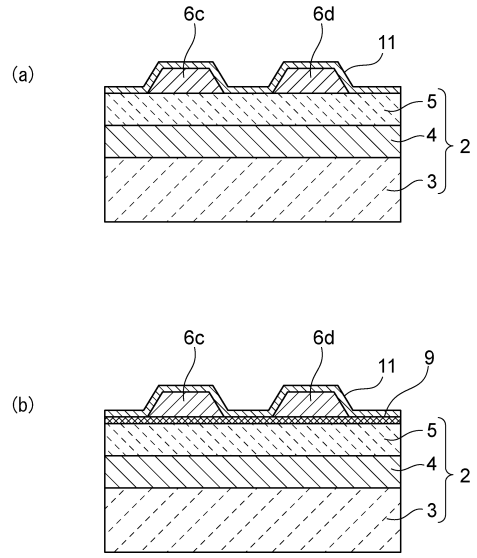
【図 1】

図1



【図 2】

図2

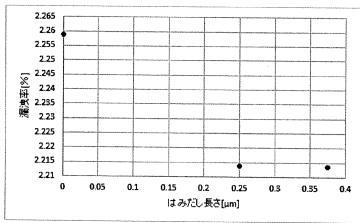


10

20

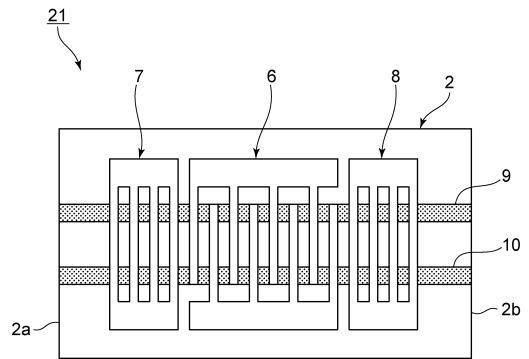
【図 3】

図3



【図 4】

図4



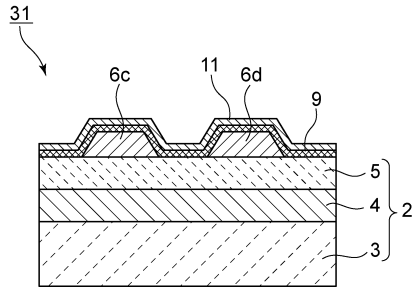
30

40

50

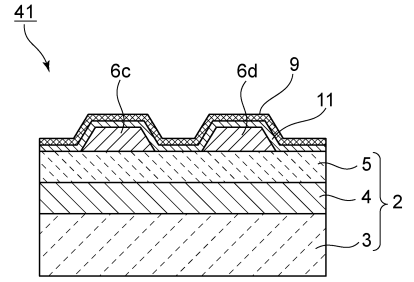
【図5】

図5



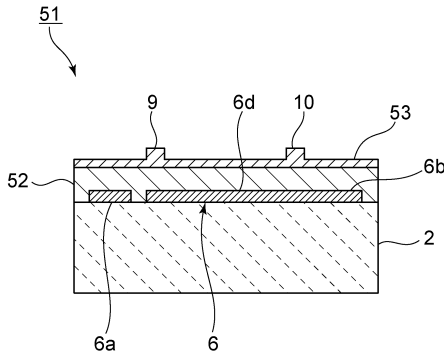
【図6】

図6



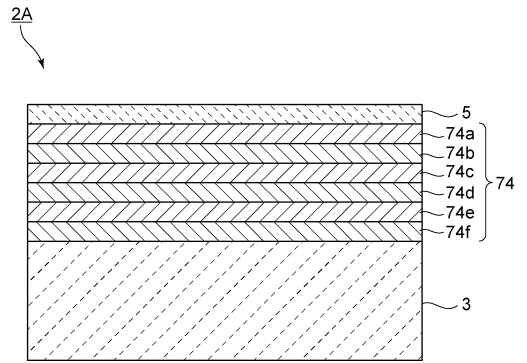
【図7】

図7



【図8】

図8



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2018/057956(WO,A1)
国際公開第2018/123882(WO,A1)
国際公開第2017/187724(WO,A1)
国際公開第2019/004205(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H03H 9/00 - 9/76