

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2020-524917

(P2020-524917A)

(43) 公表日 令和2年8月20日(2020.8.20)

(51) Int.Cl.	F 1		テーマコード (参考)
<b>H01L 21/822</b> (2006.01)	H01L 27/04	C	3C081
<b>H01L 27/04</b> (2006.01)	H01G 4/33	102	5E001
<b>H01G 4/33</b> (2006.01)	H01G 4/30	541	5E082
<b>H01G 4/30</b> (2006.01)	H01G 4/30	544	5F038
<b>B81B 3/00</b> (2006.01)	H01G 4/30	547	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁) 最終頁に続く

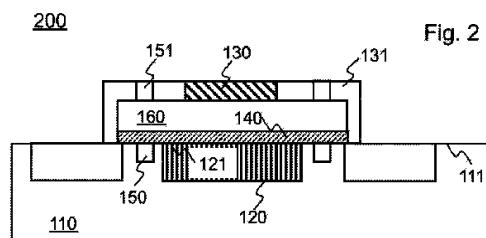
(21) 出願番号	特願2020-519183 (P2020-519183)	(71) 出願人	512068592 テクノロギアン トウトキムスケスクス ヴェーテーター オイ フィンランド国 エフアイ一O2150 エスパー ヴォリミエヘンティエ 3
(86) (22) 出願日	平成30年6月15日 (2018.6.15)	(74) 代理人	100127188 弁理士 川守田 光紀
(85) 翻訳文提出日	令和2年1月30日 (2020.1.30)	(72) 発明者	カッテラス ハンヌ フィンランド共和国 O2044 ヴェー テーター 私書箱1000 ハンヌ カッ テラス ヴェーテーー内
(86) 國際出願番号	PCT/FI2018/050467	(72) 発明者	ヴァハ-ヘイッキラ タウノ フィンランド共和国 O2044 ヴェー テーター 私書箱1000 タウノ ヴア ハ-ヘイッキラ ヴェーテーー内
(87) 國際公開番号	W02018/234629		最終頁に続く
(87) 國際公開日	平成30年12月27日 (2018.12.27)		
(31) 優先権主張番号	20175571		
(32) 優先日	平成29年6月19日 (2017.6.19)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	フィンランド(FI)		

(54) 【発明の名称】容量性微細構造

## (57) 【要約】

上面(111)を有する基板(110)と、前記基板(110)の前記上面(111)と平行に水平配置された第1電極(120)と、前記第1電極(120)の上面(121)上に配置された誘電体層(140)と、前記誘電体層(140)の上方に配置された第2電極(130)と、を備え、前記第1電極(120)は、前記第1電極(120)の前記上面(121)が前記基板(110)の前記上面(111)と一致するように前記基板(110)内に埋め込まれる、微細構造(100、200、300)。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

上面(111)を有する基板(110)と、  
前記基板(110)の前記上面(111)と平行に水平配置された第1電極(120)  
と、  
前記第1電極(120)の上面(121)上に配置された誘電体層(140)と、  
前記誘電体層(140)の上方に配置された第2電極(130)と、  
を備え、前記第1電極(120)は、前記第1電極(120)の前記上面(121)が前  
記基板(110)の前記上面(111)と一致するように前記基板(110)内に埋め込  
まれる、微細構造(100、200、300)。

10

**【請求項 2】**

前記第1電極(120)の前記上面(121)は研磨される、請求項1に記載の微細構  
造(100、200、300)。

**【請求項 3】**

前記第1電極(120)の厚さは5μmより大きい、請求項1または2に記載の微細構  
造(100、200、300)。

**【請求項 4】**

微少電子機械システム(MicroElectroMechanical System: MEMS)スイッチを含む  
前記微細構造(100、200)であって、

両端が前記基板(110)に固定された梁構造を有する構造層(131)をさらに備え  
、前記構造層(131)は、前記基板(110)に対向する前記構造層(131)の表面  
に設けられた前記第2電極(130)を備える、  
請求項1から3のいずれかに記載の微細構造(100、200)。

20

**【請求項 5】**

前記構造層(131)の下方に設けられた下部駆動電極(150)と、前記基板(110)  
に対向する前記構造層(131)の表面に設けられた上部駆動電極(151)とをさ  
らに備え、

前記上部駆動電極(151)と前記下部駆動電極(150)との間に電位差が設定され  
ると、前記構造層(131)が静電引力によって前記基板(110)に引き寄せられるた  
め、上部スイッチ電極として動作する前記第2電極(130)と、下部スイッチ電極と  
して動作する前記第1電極(120)とが互いに接触する、  
請求項4に記載の微細構造(100、200)。

30

**【請求項 6】**

金属-絶縁体-金属(Metal-Insulator-Metal: MIM)キャパシタを含む前記微細構  
造(100、300)であって、

前記第2電極(130)は前記誘電体層(140)の上面に配置される、  
請求項1から3のいずれかに記載の微細構造(100、300)。

**【請求項 7】**

前記第1電極(120)の前記上面(121)における第1水平端は前記誘電体層(140)  
によって覆われず、前記誘電体層(140)は前記第1電極(120)の前記上面  
(121)における第2水平端上に延在する、請求項6に記載の微細構造(100、300)。

40

**【請求項 8】**

前記誘電体層(140)の前記上面における第1水平端は前記第2電極(130)によ  
って覆われず、前記第2電極(130)は前記誘電体層(140)の前記上面における第  
2水平端へと延在する、請求項7に記載の微細構造(100、300)。

**【請求項 9】**

前記基板(110)上に配置される接続要素(310、311)であって、

前記第1電極(120)の前記上面(121)における前記第1水平端への接続を提  
供するように構成される第1接続要素(310)と、

50

前記誘電体層（140）の前記上面における前記第2水平端に隣接する、前記第2電極（130）の第2水平端への接続を提供するように構成される第2接続要素（311）と、

の少なくとも1つを提供するように構成される接続要素（310、311）をさらに備える、

請求項8に記載の微細構造（100、300）。

【請求項10】

微細構造（100、200、300）を形成する方法であって、

上面（111）を有する基板（110）を設けること、

前記基板（110）の前記上面（111）と平行に水平配置された第1電極（120）10を形成すること、

前記第1電極（120）の上面（121）上に誘電体層（140）を形成することと、

前記誘電体層（140）の上方に第2電極（130）を形成することと、

を含み、前記第1電極（120）は、前記第1電極（120）の前記上面（121）が前記基板（110）の前記上面（111）と一致するように前記基板（110）内に埋め込まれる、方法。10

【請求項11】

請求項1から9のいずれかに記載の微細構造（100、200、300）を備える半導体装置。20

【請求項12】

集積受動デバイス（Integrated Passive Device：IPD）をさらに備える、請求項1  
1に記載の半導体装置。

【請求項13】

シリコン基板層と第1金属層との間に配置される不動態化層をさらに備える、請求項1  
1または12に記載の半導体装置。

【請求項14】

少なくとも1つの電極（120、130）における少なくとも1つの金属層の表面上に延在する少なくとも1つのバリア層をさらに備える、請求項11から13のいずれかに記載の半導体装置。30

【請求項15】

前記誘電体層（140）は、原子層堆積（Atomic Layer Deposition：ALD）成長による酸化アルミニウム層、またはプラズマ促進化学蒸着（Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition：PECVD）層を含む、請求項11から14のいずれかに記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、概して微細構造、加工技術、および半導体装置に関する。具体的には、排他的にではないが、本出願は微少電子機械システム（MicroElectroMechanical System：MEMS）構造、集積受動デバイス（Integrated Passive Device：IPD）、スイッチトキャパシタ、金属-絶縁体-金属（Metal-Insulator-Metal：MIM）キャパシタ、および微少電子機械システム（MEMS）スイッチに関する。40

【背景】

【0002】

本項では、ここに記述するいずれの技術も最新技術の代表であると認めるものではないが、有用な背景情報について説明する。

【0003】

微少電子機械システム（MEMS）技術を用いて加工されるコンポーネントは、ますます多くの消費者向け用途に内蔵されつつある。これらの用途には、自動車エレクトロニクス、医療機器、スマートフォン、ハードディスクドライブ、コンピュータ周辺機器、無線

50

デバイスなどがある。MEMS技術は、微細加工技術を用いて微細な電気機械式のデバイスや構造を形成することを目的としている。MEMSデバイスは、一般的になんらかの形式の機械的機能を有し、この機能は一般的に、少なくとも1つの可動構造の形式を取る。構造は、薄膜堆積に関わる一連の加工ステップによって適切な基板上に形成されてもよい。堆積物は、フォトリソグラフィによってマスクされエッチングされる。MEMSの機械要素、センサ、およびアクチュエータは、例えば、相補型金属・酸化物・半導体(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor: CMOS)デバイスと共通の基板上に集積されてもよい。

#### 【0004】

集積受動デバイス(IPD)技術は、低損失の基板において高い品質係数(Q)の受動素子を実現するための方法の1つである。受動素子のほとんどをIPDと組み合わせ、IPDベースのモジュールをサブシステムに統合することで、高性能、高集積度、および低い製造コストが可能になる。特に、高Qインダクタを要する高周波(Radio Frequency: RF)フロントエンドモジュールおよびコンポーネントは、バラン、カプラ、フィルタ、LC共振器、整合回路などのIPDと統合すると有用である。

10

#### 【0005】

既知の解決策において、微少電子機械システム(MEMS)金属被覆などの微細構造は、ウェハの上で成長させる。この場合、底部電極の厚さが一般的に2μm未満に制限される。既知の解決策では、抵抗性損失もある。

20

#### 【0006】

本発明の目的は、例えば前述の最新技術の問題を低減する方法、構造、および装置を提供することである。

#### 【摘要】

#### 【0007】

請求の範囲において、本発明の例における様々な態様を提示する。

#### 【0008】

本発明の第1の例示的態様によると、微細構造が提供される。前記微細構造は、上面を有する基板と、

前記基板の前記上面と平行に水平配置された第1電極と、

前記第1電極の上面に配置された誘電体層と、

30

前記誘電体層の上方に配置された第2電極と、を備え、

前記第1電極は、前記第1電極の前記上面が前記基板の前記上面と一致するように前記基板内に埋め込まれる。

#### 【0009】

一実施形態において、前記第1電極の前記上面は研磨される。

#### 【0010】

一実施形態において、前記第1電極の厚さは5μmより大きい。

#### 【0011】

一実施形態において、前記微細構造は微少電子機械システム(MicroElectroMechanical System: MEMS)スイッチを含み、

40

両端が前記基板に固定された梁構造を有する構造層をさらに備え、前記構造層は、前記基板に対向する前記構造層の表面に設けられた前記第2電極を備える。

#### 【0012】

一実施形態において、前記微細構造は、前記構造層の下方に設けられた下部駆動電極と、前記基板に対向する前記構造層の表面に設けられた上部駆動電極とをさらに備え、前記上部駆動電極と前記下部駆動電極との間に電位差が設定されると、前記構造層が静電引力によって前記基板に引き寄せられるため、上部スイッチ電極として動作する前記第2電極と、下部スイッチ電極として動作する前記第1電極とが互いに接触する。

#### 【0013】

一実施形態において、前記微細構造は金属・絶縁体・金属(Metal-Insulator-Metal:

50

M I M ) キャパシタを含み、

前記第2電極は前記誘電体層の上面に配置される。

【0014】

一実施形態において、前記第1電極の前記上面における第1水平端は前記誘電体層によって覆われず、前記誘電体層は前記第1電極の前記上面における第2水平端上に延在する。

【0015】

一実施形態において、前記誘電体層の前記上面における第1水平端は前記第2電極によって覆われず、前記第2電極は前記誘電体層の前記上面における第2水平端へと延在する。

10

【0016】

一実施形態において、前記微細構造は接続要素をさらに備え、前記接続要素は、前記基板上に配置され、

前記第1電極の前記上面における前記第1水平端への接続を提供するように構成される第1接続要素と、

前記誘電体層の前記上面における前記第2水平端に隣接する、前記第2電極の第2水平端への接続を提供するように構成される第2接続要素と、

の少なくとも1つを提供するように構成される。

【0017】

本発明の第2の例示的態様によると、微細構造を形成する方法が提供される。前記方法は、

20

上面を有する基板を設けることと、

前記基板の前記上面と平行に水平配置された第1電極を形成することと、

前記第1電極の上面上に誘電体層を形成することと、

前記誘電体層の上方に第2電極を形成することと、を含み、

前記第1電極は、前記第1電極の前記上面が前記基板の前記上面と一致するように前記基板内に埋め込まれる。

【0018】

本発明の第3の例示的態様によると、前記第1の態様による微細構造を備える半導体装置が提供される。

30

【0019】

一実施形態において、前記半導体装置は集積受動デバイス (Integrated Passive Device : IPD) を備える。

【0020】

一実施形態において、前記半導体装置は、シリコン基板層と第1金属層との間に配置された不動態化層を備える。

【0021】

一実施形態において、前記半導体装置は、少なくとも1つの電極における少なくとも1つの金属層の表面上に延在する少なくとも1つのバリア層を備える。

40

【0022】

一実施形態において、前記誘電体層は、原子層堆積 (Atomic Layer Deposition : ALD) 成長による酸化アルミニウム層を含む。

【0023】

一実施形態において、前記誘電体層は、プラズマ促進化学蒸着 (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition : PECVD) 層を含む。

【0024】

ここまで、本発明を拘束しない様々な例示的態様および実施形態を例示してきた。上記の各実施形態は、本発明の実装に利用されうる選択された態様またはステップを説明するためにのみ使用される。いくつかの実施形態は、本発明の特定の例示的態様への言及によってのみ提示されている場合もある。対応する実施形態は他の例示的態様にも適用できる

50

ことを理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0025】

本発明の例示的実施形態のより包括的な理解のために、添付の図面と関連付けて以下に説明を行う。

【0026】

【図1】図1は、本発明の一実施形態による微細構造の一部の断面図／側面図である。

【0027】

【図2】図2は、本発明の一実施形態によるMEMSスイッチの微細構造を示す図である。

10

【0028】

【図3】図3は、本発明の一実施形態によるMIMキャパシタの微細構造を示す図である。

【0029】

【図4】図4は、本発明の一実施形態による方法のフローチャートである。

【図面の詳細な説明】

【0030】

実施形態において、微少電子機械システム (MicroElectroMechanical System : MEMS) スイッチ、金属 - 絶縁体 - 金属 (Metal-Insulator-Metal : MIM) キャパシタ、またはインダクタおよびキャパシタを用いて実現した受動素子および回路などの微細構造を開示する。集積受動デバイス (Integrated Passive Device : IPD) 技術は、例えば、ハイブリッド集積能動回路によるマルチチップモジュール技術用の集積プラットフォームとして用いることもできる。

20

【0031】

微細構造技術または集積受動デバイス (IPD) 技術は、クリーンルームにおける薄膜加工に適した任意の基板に製作することができる。溶融シリカ、石英、または高抵抗シリコンは、その良好な高周波 (Radio Frequency : RF) 特性のために一般的にRF用途に用いられる。

【0032】

微細構造または集積受動デバイス (IPD) 層は、高Q受動素子および再配線層 (Re-Distribution Layer : RDL) を設けるために、CMOS、SiGe、またはGaAsなどの能動デバイスウェハに後で加工することもできる。

30

【0033】

本発明およびその潜在的な利点は、図面の図1から図4を参照することによって理解される。本文書において、同じ符号は同じ部分または同じステップを示す。

【0034】

図1は、本発明の一実施形態による微細構造100の一部の断面図／側面図である。

【0035】

一実施形態において、ダイ (図示せず) が微細構造100の上に結合されてもよい。また、回路基板 (図示せず) が微細構造100の上または下に結合されてもよい。結合にははんだボールを用いてもよい。

40

【0036】

微細構造100は、上面111を有する基板110と、基板110の上面111と平行に水平配置された第1電極120と、を備え、第1電極120は、第1電極120の上面121が基板110の上面111と一致するように基板110内に埋め込まれる。

【0037】

一実施形態において、第1電極120の上面121は、平滑な上面になるように研磨または平坦化される。

【0038】

第1電極120の垂直厚さは、5 μmより大きくてよく、さらには10 μmより大き

50

くてもよい。

【0039】

図2は、本発明の一実施形態による微少電子機械システム(MEMS)スイッチの微細構造200を示す図である。

【0040】

一実施形態において、微少電子機械システム(MEMS)スイッチの微細構造200は、上面111を有する基板110と、基板110の上面111と平行に水平配置された第1電極120と、を備え、第1電極120は、第1電極120の上面121が基板110の上面111と一致するように基板110内に埋め込まれる。

【0041】

微細構造200は、第1電極120の上面121に配置された誘電体層140と、誘電体層140の上方に配置された第2電極130とをさらに備える。

【0042】

一実施形態において、微細構造200は、両端が基板110に固定された梁構造を有する構造層131をさらに備え、構造層131は、基板110に対向する構造層131の表面に設けられた第2電極130を備える。

【0043】

一実施形態において、微細構造200は、構造層131の下方に設けられた少なくとも1つの下部駆動電極150と、基板110に対向する構造層131の表面に設けられた少なくとも1つの上部駆動電極151とをさらに備えてよい。したがって、上部駆動電極151と下部駆動電極150との間に電位差が設定されると、構造層131が静電引力によって基板110に引き寄せられるため、上部スイッチ電極として動作する第2電極130と、下部スイッチ電極として動作する第1電極120とが互いに接触する。

【0044】

一実施形態において、駆動電極150、151は第1電極120、第2電極130にそれぞれ統合されてもよく、または、第1電極120、第2電極130を用いて電位差に対するバイアス電圧を供給してもよい。

【0045】

本発明の実施形態により、従来の既知のシステムより厚い底部電極を有する、新しいタイプのMEMSスイッチデバイスが可能になる。これにより、MEMSスイッチ技術における損失が低減され、この技術をスイッチキャパシタ技術として用いる場合の品質係数(Q)が向上する。電極120金属被覆の上面121は、平滑な上面になるように研磨/平坦化されてもよい。これは特にMEMSコンポーネントにおいて重要である。実施形態の構造層131に、従来の既知の方法にあるような段差が生じないからである。従来の既知の方法において、厚い金属(>1 μm)がウェハの表面に堆積された場合、MEMSコンポーネントの構造層に段差が生じ、後で問題が発生する可能性がある。特に底部電極に対する厚い金属被覆のため、RF電力の処理も大幅に改善される。

【0046】

したがって、より高い品質係数(Q)が達成される。すなわち抵抗性損失が低減され、また従来の既知の方法よりも後処理が容易になる。さらに、底部電極120が平滑であるため、誘電体層140における段差被覆性の問題がなく、構造層131における段差もない。これにより、より高い電圧と電力が処理される。

【0047】

一般的に、MEMS RFスイッチは、従来の半導体スイッチよりも性能的に優位である。例えば、MEMS RFスイッチは、オン時の挿入損失が極めて低く、オフ時は高い減衰レベルを示す。半導体スイッチとは対照的に、MEMS RFスイッチは極めて低い消費電力と高い周波数レベル(約70GHz)を特徴とする。

【0048】

一実施形態において、MEMS RFスイッチはMIM(金属/絶縁体/金属)構造を有する。すなわち、絶縁体/誘電体層140が2つの電極120、130に挟まれている

10

20

30

30

40

50

。したがって、バイアス電圧がMEMS RFスイッチに（例えば、駆動電極150、151または電極120、130を介して）印加されると、スイッチはキャパシタとして動作し、AC信号を通過させる。

#### 【0049】

一実施形態において、図2はMEMS RFスイッチ200の断面図である。MEMS RFスイッチ200は、基板110と、第1電極120と、絶縁体（誘電体層）140と、第2電極130とを備える。具体的には、図2のMEMS RFスイッチは、第2電極130が配置された構造層131を備える。また、第2電極130と絶縁体140との間に空隙160が存在する。

#### 【0050】

バイアス電圧が（駆動電極または主電極を介して）印加されると、少なくとも1つの電極が熱膨張して絶縁体140の方向にシフトしてもよく、これによって絶縁体140と接触する。このように、第1電極120、絶縁体140、および第2電極130は共にキャパシタとして動作し、RFスイッチ200がオンにされ、RF信号を所定の周波数帯で通過させる。しかしながら、バイアス電圧が印加されない場合、第2電極130は絶縁体140から離間している。そのため、RFスイッチ200はオフであり、RF信号を通過することはできない。

#### 【0051】

一実施形態において、バイアス電圧が印加されると、第2バイアス電極130、151が正に帯電して正電荷が蓄積され、第1バイアス電極120、150が負に帯電して負電荷が蓄積される。一方、絶縁体140の電荷は、バイアス電圧の印加に関係なく、0に維持されてもよい。しかしながら、実際は、絶縁体140に電荷が蓄積されることがよくある。したがって、絶縁体140で検出される電荷は必ずしも0ではない。

#### 【0052】

図3は、本発明の一実施形態によるMIMキャパシタの微細構造300を示す図である。

#### 【0053】

一実施形態において、MIMキャパシタの微細構造300は、上面111を有する基板110と、基板110の上面111と平行に水平配置された第1電極120と、を備え、第1電極120は、第1電極120の上面121が基板110の上面111と一致するように基板110内に埋め込まれる。

#### 【0054】

微細構造300は、第1電極120の上面121に配置された誘電体層140と、誘電体層140の上面に配置された第2電極130とをさらに備える。

#### 【0055】

図3に示すように、一実施形態において、第1電極120の上面121における第1水平端は誘電体層140によって覆われず、誘電体層140は第1電極120の上面121における第2水平端上に延在する。

#### 【0056】

さらに、誘電体層140の上面における第1水平端は第2電極130によって覆われず、第2電極130は誘電体層140の上面における第2水平端へと延在してもよい。

#### 【0057】

一実施形態において、微細構造300は、基板110上に配置された少なくとも1つの接続要素310、311をさらに備えてよい。

#### 【0058】

第1接続要素310は、例えば、第1電極120の上面121における第1水平端に接続を提供するように構成されてもよい。第1接続要素310は、例えば接続パッドであつてもよい。

#### 【0059】

第2接続要素311は、例えば、誘電体層140の上面における第2水平端に隣接する

10

20

30

40

50

、第2電極130における第2水平端に接続を提供するように構成されてもよい。第2接続要素311も、例えば接続パッドであってもよい。第2接続要素311は第2電極130から成ってもよく、単一の要素130を形成してもよい。

#### 【0060】

第1接続要素310と第2接続要素311とは、誘電体層140の上面における対向する水平端にそれぞれ配置されてもよい。

#### 【0061】

既知のシステムにおいて、MIMキャパシタの底部電極の厚さは、一般的に0、1μmから1μmである。この場合、抵抗性損失のためにMIMキャパシタの品質係数(Q)が制限される。

10

#### 【0062】

MIMキャパシタの実施形態により、より厚い(5~10μm)の底部電極120が可能になる。厚い底部電極120は、基板110内に加工され、その後平坦化される。これにより、次の加工ステップのための平滑な表面121が得られる。第1電極120の金属層を設けた後、誘電体層140を成長させる。誘電体層140は、必要に応じてパターニングされてもよい。誘電体層140の上に、第2電極130の金属層を成長させる。

#### 【0063】

この多目的技術は、複数のRF用途および超高周波(Very High Frequency: VHF)からミリ波までの周波数に適している。半導体装置300は、例えば、薄膜レジスタと、異なる金属層間のIPDコンポーネントとをさらに備えてもよい。

20

#### 【0064】

一実施形態において、電極120、130における少なくとも1つの金属層の表面上に延在する少なくとも1つのバリア層を形成してもよい。

#### 【0065】

このバリア層は、低圧化学蒸着窒化物(Low-Pressure Chemical Vapor Deposition nitride: LPCVD SiN)またはプラズマ促進化学蒸着窒化物(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition nitride: PECD SiN)を含んでもよい。

#### 【0066】

誘電体層140は、例えば、原子層堆積(Atomic Layer Deposition: ALD)成長による酸化アルミニウム層、または、オルトケイ酸テトラエチル(TEOS)などのプラズマ促進化学蒸着(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition: PECD)層を含んでもよい。基板はシリコン基板層110を含んでもよい。

30

#### 【0067】

一実施形態において、接続要素310、311は導電性パッドを含んでもよい。これらのパッドは、少なくとも1つの金属層との相互接続に用いてもよい。半導体装置の集積受動デバイス(IPD)への接続を設けてもよい。半導体装置の金属層パッド310、311は、例えば、集積受動デバイス(IPD)端子に結合されてもよい。

#### 【0068】

誘電体層140により、微細構造300のRF性能に影響を与えてよい。

40

#### 【0069】

一実施形態において、異なる絶縁体堆積方法を用いて、異なるRF性能を得るようしてもよい。RF性能は、例えば、最小限の静電荷を含む薄い酸化物層140によって最適化してもよい。

#### 【0070】

一実施形態において、高抵抗シリコン基板110を用いてもよい。新規な不動態化層を含むそのような高抵抗シリコン基板110は、標準的なシリコンウェハと必ずしも同様に動作しない。

#### 【0071】

微細構造基板110と接触している誘電体層140の厚さおよび材料タイプは、微細構造300の性能に影響を及ぼす。特に、RF性能に影響がある。基板110は、一部の実

50

装においてはガラスまたはシリコン基板を含んでもよい。

【0072】

一実施形態において、例えば、高い品質係数の伝送線および受動素子のために銅金属層を設けてもよい。複数の金属層をポリイミド層140によって分離してもよく、同じ金属層の異なる金属層要素を第2ポリイミド材料によって分離してもよい。さらなるステップとして、コンポーネントをモジュールに組み付けるために、フリップチップバンプを形成してもよい。

【0073】

一実施形態において、誘電体層材料140としてSiO<sub>2</sub>を用いてもよいが、より高い容量密度を要する場合は他の材料を利用することができる。例えば、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、HfO<sub>10</sub>、またはZrO<sub>2</sub>の誘電率は25、16、および20である。

【0074】

IPDデバイスに対し、用途に応じて薄膜レジスタ層の抵抗を選択することができる。例えば、標準プロセスの薄膜レジスタの抵抗は、抵抗性のウィルキンソン電力分配器のマッチングしたRF終端およびレジスタに適している。RF MEMSバイアス回路などの用途には、好ましくは500オームより大きい抵抗値が必要である。

【0075】

本発明の実施形態により、従来の既知のシステムより厚い底部電極を有する、新しいタイプのMIMキャパシタが可能になる。これにより、MIMキャパシタ技術における抵抗損失が低減され、この技術を用いる場合の品質係数が向上する。電極120金属被覆の上面121は、平滑な上面になるように研磨／平坦化されてもよい。これは特にMIMコンポーネントにおいて重要である。そうすることで、誘電体層140に、従来の既知のシステムにあるような段差被覆性の問題が生じないからである。従来の既知の方法において、厚い金属(>1μm)がウェハの表面に堆積された場合、第1電極120を埋め込むと誘電体層140に段差が生じる。実施形態のMIMキャパシタは、研磨された平滑な表面のため、従来のMIMキャパシタよりも降伏電圧が高い。特に底部電極120に対する厚い金属被覆のため、RF電力の処理も大幅に改善される。

【0076】

したがって、より高い品質係数(Q)が達成される。すなわち従来の既知の方法よりも抵抗性損失が低減され、また後処理が容易になる。さらに、底部電極120が平滑であるため、誘電体層140における段差被覆性の問題がない。これにより、より高い電圧と電力が処理される。

【0077】

図4は、本発明の一実施形態による方法のフローチャートである。

【0078】

微細構造100、200、300(例えば、図1～3を参照)を形成する方法は、ステップ410から開始する。ステップ420において、上面111を有するシリコン基板110を設ける。ステップ430において、基板110の上面111と平行に水平配置された第1電極120を形成する。第1電極120は、第1電極120の上面121が基板110の上面111と一致するように基板110内に埋め込まれる。ステップ440において、第1電極120の上面を研磨し、極性を与える。ステップ450において、第1電極120の上面121に誘電体層140を形成する。ステップ460において、誘電体層140の上方に第2電極130を形成する。ステップ470において、方法を終了する。

【0079】

一実施形態において、不動態化層は酸化アルミニウムを含み、シリコン基板の表面に形成され、不動態化層と導電電極との間にバリア層を加工することで、不動態化層と導電電極との間の化学的相互作用によって生じる影響から保護してもよい。

【0080】

チタンと酸素、タンタルと酸素、ジルコニウムと酸素、ハフニウムと酸素、または上記いずれかの組合せ、または上記いずれかとアルミニウムと酸素との組合せを含むバリア層

を不動態化層上に堆積させてもよく、この堆積は、反応空間内で不動態化層を2つ以上の異なる前駆体（少なくとも1つは酸素の前駆体である）に交互に暴露させて表面反応を繰り返すことによって行い、アルミニウムペーストを含む層をバリア層上に形成することによって、不動態化層上に堆積されたバリア層上に導電電極を形成する。

#### 【0081】

その後、反応空間を、酸化アルミニウムを含む不動態化層を形成するのに適切な圧力にポンプダウンしてもよい。反応空間は、例えば機械的真空ポンプを用いて適切な圧力にポンプダウンすることができる。または、大気圧ALDシステムおよび／またはプロセスの場合、大気から堆積ゾーンを保護するようにガスフローを設定することができる。用いた方法によって不動態化層、導電層、または誘電体層を形成するために適した温度に、シリコン基板を加熱してもよい。シリコン基板は、例えば、気密ロードロック方式または単に装填ハッチによって反応空間に導入することができる。シリコン基板は、例えば、反応空間全体も加熱する抵抗加熱要素によって加熱することができる。

10

#### 【0082】

シリコン基板と反応空間が目標温度および堆積に適したその他の条件に達した後、堆積された材料が実質的にシリコン表面に直接堆積するように、シリコン表面を調整することができる。この、層が堆積されるシリコン表面の調整には、シリコン膜表面における不純物および／または酸化の化学的浄化を含めることができる。シリコン表面が酸化環境を介して反応空間に導入された場合、例えば、暴露されたシリコン表面が、ある堆積ツールから別の堆積ツールに搬送される場合、酸化物の除去は特に有益である。シリコン膜の表面から不純物および／または酸化物を除去するプロセスの詳細は、本明細書を参照する当業者には明白であろう。本発明のいくつかの実施形態において、当該調整は、*e x - s i t u*、すなわちALDタイププロセスに適したツールの外部で実施することができる。

20

#### 【0083】

シリコン基板の調整後、シリコン基板上に直接、さらなる層を形成するために、堆積表面を異なる前駆体化学物質に交互に暴露させることを開始してもよい。堆積表面を前駆体に暴露させるたびに、対応する前駆体と堆積表面との吸着反応の結果として、堆積表面上にさらなる堆積物が形成される。

#### 【0084】

ALDタイプ堆積に適した一般的な反応器は、次の前駆体化学物質を反応空間に導入する前に、余分な化学物質や反応副生成物を反応空間からバージできるように、窒素やアルゴンなどのキャリアガスを反応空間に導入するシステムを備える。この機能と、気化した前駆体の制御された供給とにより、反応空間内または反応器の他の部分内で異なる前駆体同士が顕著に混ざり合うことなく、基板表面を前駆体に交互に暴露させることができる。実際は、堆積プロセス全体においてキャリアガスは反応空間内に普遍的に連続して流れおり、キャリアガスによって、様々な前駆体のみが交互に反応空間に導入される。

30

#### 【0085】

シリコン基板上のさらなる任意の層、例えば不動態化層の厚さは、堆積表面を異なる前駆体に暴露させる回数によって制御できる。不動態化層の厚さは、目的の厚さになるまで増加され、その後、少なくとも1つの絶縁層が堆積される。

40

#### 【0086】

本発明の一実施形態における絶縁層、例えば誘電体層の堆積は、同じ堆積ツール内でALDタイププロセスによって実行される。この場合、絶縁層の堆積は、単に、前の層の堆積に用いた前駆体化学物質を、絶縁層の堆積に適した前駆体化学物質へと変更することによって開始できる。

#### 【0087】

一実施形態において、ボンドワイヤパッケージは、ダイに積層された微細構造100、200、300を含む。ダイはリードフレーム上に設けてよい。リードフレームは、ピングリッドアレイ(Pin Grid Array: P G A)パッケージ、クワッドフラットノンリード(Quad Flat Non-leaded: Q F N)パッケージ、またはその他のパッケージであってもよ

50

い。リードフレームは第1パッドを含んでもよく、プリント基板（Printed Circuit Board: P C B）上に実装されてもよい。微細構造100、200、300とダイとの間に中間層を設けて、微細構造100、200、300をダイに接続してもよい。ダイ内に集積受動デバイス（I P D）を配置してもよい。

【0088】

集積受動デバイス（I P D）は、絶縁層または第2基板と、金属被覆層とを含む。絶縁層または第2基板は、金属化層の間に設けられる。絶縁層または第2基板はバイアを含んでもよい。バイアは、貫通ガラスバイア（Through Glass Via: T G V）または貫通シリコンバイア（Through Silicon Via: T S V）であってもよい。バイアは、第1金属被覆層および／または第1金属被覆層上の受動デバイスを、第2金属被覆層および／または第2金属被覆層上の受動デバイスに接続してもよい。各受動デバイスは、集積受動デバイス（I P D）の1つ以上の層上に実装されてもよい。

10

【0089】

微細構造100、200、300上に追加のパッドを設けてもよい。当該パッドはボンドワイヤによって第1パッドに接続されてもよい。当該パッドは、金属化層、および／または金属化層内の受動デバイスに接続されてもよい。

【0090】

以下に記載する請求の範囲、その解釈、または適用をなんら限定することなく、本明細書に開示した例示的実施形態の1つ以上における技術的効果は、特に、底部電極の厚い金属被覆による、R F電力の処理の改善である。本明細書に開示した例示的実施形態の1つ以上における別の技術的効果は、品質係数（Q）の改善である。本明細書に開示した例示的実施形態の1つ以上における別の技術的効果は、既知の方法よりも容易な後処理である。本明細書に開示した例示的実施形態の1つ以上における別の技術的効果は、底部電極が平滑であるため、誘電体層における段差被覆性の問題がなく、構造層における段差もないことである。これにより、より高い電圧と電力が処理される。本明細書に開示した例示的実施形態の1つ以上における別の技術的効果は、微細構造の加工プロセスの改善である。本明細書に開示した例示的実施形態の1つ以上における別の技術的効果は、信頼性が高くコンパクトな半導体装置の提供である。

20

【0091】

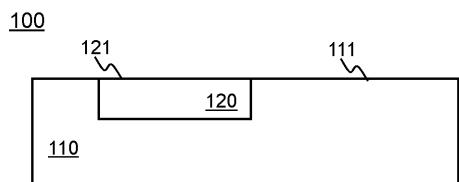
本発明の様々な態様を独立項に記載するが、本発明の他の態様は、記載した実施形態および／または従属項の機能と独立項の機能との他の組合せを含み、請求の範囲に明示的に記載した組合せのみに限られない。

30

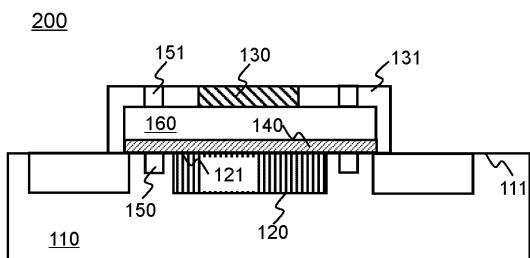
【0092】

本明細書において本発明の例示的実施形態を説明したが、これらの説明は限定的な意味で解釈されるべきではない。むしろ、添付の請求の範囲に定められた本発明の範囲から逸脱することなく、様々な変形および修正を加えうる。

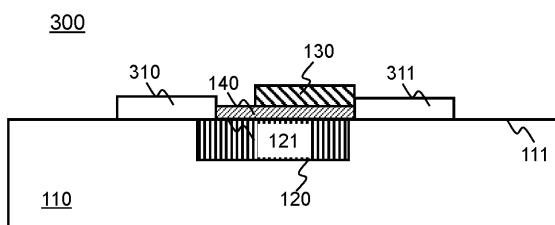
【図1】



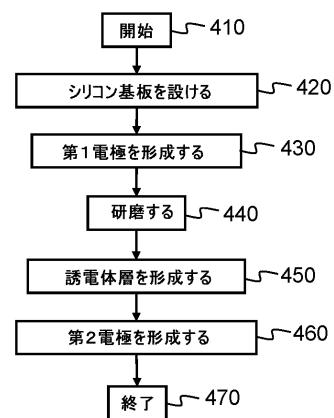
【図2】



【図3】



【図4】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FI2018/050467

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. B81C1/00  
ADD.

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)  
B81B B81C H01L H01G H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 180 976 B1 (ROY ARJUN KAR [US]) 30 January 2001 (2001-01-30) figures 1-12 column 6, line 21 - column 10, line 37 -----	1-3,6-15
X	US 2007/134835 A1 (FUKUDA HIROSHI [JP] ET AL) 14 June 2007 (2007-06-14) figures 1, 31-36 paragraph [0144] - paragraph [0145] -----	1-5



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

Date of mailing of the international search report

16 August 2018

24/08/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meister, Martin

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/FI2018/050467

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6180976 B1	30-01-2001	US 6180976 B1	30-01-2001
		US 2001019144 A1	06-09-2001
		WO 0046844 A1	10-08-2000
US 2007134835 A1	14-06-2007	CN 1979715 A	13-06-2007
		JP 2007157511 A	21-06-2007
		KR 20070060003 A	12-06-2007
		US 2007134835 A1	14-06-2007

---

フロントページの続き

(51) Int.CI.	F I	テーマコード(参考)
<b>B 8 1 C</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>
	B 8 1 B	3/00
	B 8 1 C	1/00

(81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(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,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),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,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT

F ターム(参考) 3C081 AA13 BA03 BA22 BA44 BA48 BA53 CA02 CA20 CA26 CA29  
DA03 DA06 DA11 DA27 DA29 DA30 DA31 EA23 EA24  
5E001 AB01 AC01  
5E082 AB01 BC30 EE04 FF05 FG03 FG27 FG42  
5F038 AC02 AC04 AC10 AC15 AC18 CA10 DF02 EZ02