

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5238717号
(P5238717)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月5日(2013.4.5)

(51) Int.Cl.		F I		
H O 1 L 21/02	(2006.01)	H O 1 L 21/02		B
C 2 3 C 16/50	(2006.01)	C 2 3 C 16/50		

請求項の数 31 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2009-543204 (P2009-543204)	(73) 特許権者	592010081
(86) (22) 出願日	平成19年12月20日(2007.12.20)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2010-515244 (P2010-515244A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公表日	平成22年5月6日(2010.5.6)		ATION
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/088256		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(87) 国際公開番号	W02008/079913		38, フレモント, クッシング パークウ
(87) 国際公開日	平成20年7月3日(2008.7.3)		エイ 4650
審査請求日	平成21年8月17日(2009.8.17)	(74) 代理人	110000028
(31) 優先権主張番号	60/876,407		特許業務法人明成国際特許事務所
(32) 優先日	平成18年12月20日(2006.12.20)	(72) 発明者	リー・シジャン
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州951
(31) 優先権主張番号	11/958,025		29 サン・ホセ, ドニントン・ドライブ
(32) 優先日	平成19年12月17日(2007.12.17)		, 1202
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元集積回路を製造するための方法、装置、および、システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スルーホールを有する三次元集積回路のためのウエハを処理するシステムであって、
 大気圧未満の圧力下で前記ウエハを処理するよう構成された処理チャンバと、
 前記処理チャンバ内に配置されたウエハホルダであって、前記ウエハの背面と接触する
 ための平面を提供するよう構成された剛体を備えると共に、前記平面と流体をやり取り可
 能に連通する流体流路を有する、ウエハホルダと、

前記流体流路と接続される真空ポンプであって、スルーホールを有する前記ウエハが前
 記ウエハホルダ上に配されたときに、前記ウエハの前面と背面の間に圧力差を生じさせる
 よう構成された真空ポンプと、

を備え、

前記剛体は、空洞と、前記空洞内に配置された少なくとも1つの構造体と、を有し、
 前記少なくとも1つの構造体は、前記平面を形成するように前記空洞の基部から伸びて
 おり、

前記少なくとも1つの構造体は、前記ウエハの背面に先端が接触するためのナイフエッ
 ジ状の形状を有する、システム。

【請求項2】

請求項1に記載のシステムであって、

前記ウエハホルダは、前記平面に前記ウエハを静電的に保持するよう構成されている、
 システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のシステムであって、
前記ウエハホルダは、前記平面に前記ウエハを保持するためのクランプをさらに備える、システム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のシステムであって、
前記剛体は、前記ウエハの背面に接触する前記平面のために多孔質材料をさらに備える、システム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のシステムであって、
前記真空ポンプは、前記スルーホール内の前記ガスの移動を促進するよう構成されている、システム。

10

【請求項 6】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記ウエハホルダは、前記ウエハの背面外周において密閉を形成するための表面を備える、システム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のシステムであって、
前記ウエハホルダは、前記ウエハを支持するよう構成されたポンププレートを用意、
前記ポンププレートは、集積回路デバイスが形成される前記ウエハの領域を露出させるよう配置された少なくとも 1 つの穴を有する、システム。

20

【請求項 8】

請求項 1 に記載のシステムであって、
前記ウエハホルダは、前記ウエハを支持するよう構成されたポンププレートを用意、
前記ポンププレートは、集積回路デバイスが形成される前記ウエハの領域を露出させるよう配置された少なくとも 1 つの穴を有しており、前記ウエハホルダに対して着脱可能に取り付けられる、システム。

【請求項 9】

請求項 1 に記載のシステムであって、
前記ウエハホルダは、前記ウエハの背面外周において密閉を形成するための表面を備える、
前記少なくとも 1 つの構造体は、前記空洞の基部から前記平面に至るまで伸びている、システム。

30

【請求項 10】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記処理チャンバは、化学蒸着チャンバ、低圧化学蒸着チャンバ、プラズマ化学蒸着チャンバ、または、原子層堆積チャンバを含む、システム。

【請求項 11】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記処理チャンバは、プラズマ処理チャンバを含む、システム。

【請求項 12】

三次元集積回路を製造する方法であって、
複数のスルーホールを有するウエハを提供する工程と、
処理チャンバ内に取り付けられたウエハホルダで前記ウエハを支持する工程であって、
前記ウエハホルダは、前記ウエハの背面と接触するための平面を提供するよう構成された剛体を備えると共に、前記平面と流体をやり取り可能に連通する流体流路を有し、
前記剛体は、空洞と、前記空洞内に配置された少なくとも 1 つの構造体と、を有し

40

前記少なくとも 1 つの構造体は、前記平面を形成するように前記空洞の基部から伸びており、

前記少なくとも 1 つの構造体は、前記ウエハの背面に先端が接触するためのナイフ

50

エッジ状の形状を有する、工程と、

前記ウエ八が前記ウエ八ホルダ上に支持されている間に、前記ウエ八の前面と前記ウエ八の背面との間で圧力差を生じさせて、前記圧力差により、前記流体流路および前記スルーホールを通る流体の流れを引き起こす工程と、

集積回路を製造するための少なくとも1つの処理について前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程と、
を含む方法。

【請求項13】

請求項12に記載の方法であって、前記スルーホールは、前記ウエ八を貫通する座ぐり穴付ホールであり、大直径を有する前記座ぐり穴は前記ウエ八の背面側にある、方法。

10

【請求項14】

請求項12に記載の方法であって、前記ウエ八ホルダで前記ウエ八を支持する工程は、前記ウエ八ホルダに前記ウエ八を静電的に保持する工程を含む、方法。

【請求項15】

請求項12に記載の方法であって、前記ウエ八ホルダで前記ウエ八を支持する工程は、前記ウエ八ホルダに前記ウエ八を機械的にクランプする工程を含む、方法。

【請求項16】

請求項12に記載の方法であって、前記圧力差を生じさせる工程は、前記ウエ八ホルダを用いて前記ウエ八の背面において減圧を引き起こす、方法。

【請求項17】

20

請求項12に記載の方法であって、前記圧力差を生じさせる工程は、前記ウエ八の背面外周における密閉の形成を含み、前記ウエ八ホルダを用いて前記ウエ八の背面において減圧を引き起こす、方法。

【請求項18】

請求項12に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、大気圧未満の圧力の処理条件を含む、方法。

【請求項19】

請求項12に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、湿式化学処理条件または乾式化学処理条件を含む、方法。

【請求項20】

30

請求項12に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、堆積処理条件またはエッチング処理条件を含む、方法。

【請求項21】

請求項12に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、電気絶縁層を堆積するための処理条件を含む、方法。

【請求項22】

請求項12に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、導電層を堆積するための処理条件を含む、方法。

【請求項23】

請求項12に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、

40

化学蒸着、

低圧化学蒸着、または、
原子層堆積を実現するための処理条件を含む、方法。

【請求項24】

請求項12に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、無電解堆積または電気化学めっきを実現するための処理条件を含む、方法。

【請求項25】

請求項12に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、物理蒸着を実現するための処理条件を含む、方法。

【請求項26】

50

請求項 1 2 に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、銅を堆積するための処理条件を含む、方法。

【請求項 2 7】

請求項 1 2 に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、タンタルまたは窒化タンタルを堆積するための処理条件を含む、方法。

【請求項 2 8】

請求項 1 2 に記載の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、二酸化ケイ素または低誘電体を堆積するための処理条件を含む、方法。

【請求項 2 9】

三次元集積回路を製造する処理を実行するための処理チャンバ内で半導体ウエハを支持するためのウエハホルダであって、

前記ウエハは、前記ウエハの背面から前記ウエハの前面に至る複数の座ぐり穴付スルーホールを有し、

前記ウエハホルダは、前記半導体ウエハの背面に接触するための平面を提供するよう構成された剛体を備え、

前記ウエハホルダは、前記平面と流体をやり取り可能に連通する流体流路を有し、

前記ウエハホルダは、前記流体流路を減圧状態として前記半導体ウエハの前面と背面との間に圧力差を生じさせるためのポンプと接続されるよう構成されており、

前記ウエハホルダは、前記ウエハホルダに前記ウエハを静電的にクランプするよう構成されており、

前記剛体は、空洞と、前記空洞内に配置され前記平面を形成するように前記空洞の基部から伸びる少なくとも 1 つの構造体と、を有し、

前記構造体は、前記ウエハの背面に先端が接触するためのナイフエッジ状の部分を有し、

前記ウエハホルダは、前記ウエハの背面外周において密閉を形成するための表面を有する、ウエハホルダ。

【請求項 3 0】

三次元集積回路を製造する処理のためのウエハホルダであって、

ウエハを静電的に保持するよう構成され、

前記ウエハの背面と接触するための平面を提供するよう構成された剛体を備え、

前記平面と流体をやり取り可能に連通する流体流路を有し、

前記剛体は、空洞と、前記空洞内に配置された少なくとも 1 つの構造体と、を有し、

前記少なくとも 1 つの構造体は、

前記平面を形成するように前記空洞の基部から伸びており、

前記ウエハの背面に先端が接触するためのナイフエッジ状の形状を有し、

前記ウエハホルダは、前記処理中に、スルーホールを有する前記ウエハの前面と前記ウエハの背面との間で圧力差を生じさせるように、前記ウエハの背面に減圧状態を生じさせるよう構成されている、ウエハホルダ。

【請求項 3 1】

請求項 1 2 に記載の方法であって、前記スルーホールは、円錐形皿穴付スルーホール、変形された座ぐり穴付スルーホール、または、半球形座ぐり穴付スルーホールであり、前記スルーホールの大直径は前記ウエハの背面側にある、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、三次元集積回路と、三次元集積回路を製造するための装置、方法、および、システムに関し、特に、三次元集積回路の相互接続メタライゼーションのための装置、方法、および、システムに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

10

20

30

40

50

三次元集積回路は、集積回路を備えた2以上の半導体チップ、または、集積回路を備えた2以上の半導体ウエハを備える。複数の半導体チップまたは半導体ウエハは、共に積層、接着され、三次元的に電気相互接続されており、すなわち、半導体チップまたは半導体ウエハ内で集積化されると共に半導体チップまたは半導体ウエハ間で集積化されている。チップ間またはウエハ間の相互接続は、1以上のチップまたは1以上の半導体ウエハの背面から前面に至るスルーホールによって実現される。換言すると、スタック内のチップ間またはスタック内のウエハ間の電氣的接続は、スルーホールによってなされる。三次元集積回路は、半導体チップ間または半導体ウエハ間の相互接続メタライゼーションのためのスルーホールを多数有している。

【0003】

一部の設計によると、三次元集積回路は、直径1マイクロメートル未満のスルーホールを用いる。一部のスルーホールの長さは、数マイクロメートルから20マイクロメートル以上の範囲の長さになる。結果として、スルーホールを処理するためのアスペクト比は、二次元集積回路を製造するための標準的な技術に比べて極度に高い。二次元集積回路を製造するための典型的な処理では、三次元集積回路を製造するのに必要とされる極度に高いアスペクト比を容易に扱うことができない。また、二次元集積回路を製造するための典型的な処理は、ブラインドホールを処理するために設計されている。スルーホールをうまく形成するためには、さらなる処理工程が必要である。

【0004】

銅メタライゼーションの具体的な例について、三次元集積回路の要件は、スルーホールの側壁上への誘電体層の堆積、誘電体層上へのバリア層の堆積、および、スタック内の異なるチップまたはウエハ上の回路の電気相互接続を可能にするのに十分な銅の充填を含みうる。これらの要件と、三次元集積回路の極度に高いアスペクト比とが重なることで、標準的な二次元集積回路処理技術を用いた三次元集積回路製造の成功の見込みは極めて低くなる。

【0005】

明らかに、三次元集積回路を製造するための要件すべてを、標準的な二次元集積回路製造技術を用いて満たすことはできない。三次元集積回路の実際的な製造では、三次元集積回路のメタライゼーションの要件を満たすことができる新たな処理、装置、および、システムが必要になる。より具体的には、三次元集積回路のための極端なアスペクト比の要件を満たしつつ、高性能デバイスの品質に十分な材料（絶縁体、バリア層、および、金属など）の堆積を実現できる新たな処理、装置、および、システムが必要である。

【発明の概要】

【0006】

本発明は、三次元集積回路を製造するための方法、装置、および、システムに関する。本発明は、集積回路を備えた半導体チップまたは半導体ウエハの集積スタックなどの三次元集積回路を製造するための標準的な技術の欠点のうちの1以上を克服することを目的とする。

【0007】

本発明の一態様は、三次元集積回路を製造する方法である。一実施形態において、本方法は、複数のスルーホールを有する半導体ウエハを提供する工程を含む。さらに、本方法は、処理チャンバ内に取り付けられたウエハホルダでウエハを支持する工程を含む。本方法は、ウエハがウエハホルダ上に支持されている間に、ウエハの前面とウエハの背面との間で圧力差を生じさせて、その圧力差により、スルーホールを通る流体の流れを引き起こす工程をさらに含む。また、本方法は、集積回路を製造するための少なくとも1つの処理について処理チャンバ内の処理条件を確立する工程を含む。

【0008】

本発明の別の態様は、三次元集積回路のための半導体ウエハを処理するよう構成されたシステムである。一実施形態によると、システムは、大気圧未満の圧力下でウエハを処理するよう構成された処理チャンバを備える。システムは、半導体ウエハの背面に接するた

10

20

30

40

50

めの実質的な平面を提供するよう構成されたウエハホルダをさらに備える。ウエハホルダは、平面と流体をやり取り可能に連通した流体流路を有する。ウエハホルダは、処理チャンバ内に配置されて、ウエハを保持する。システムは、流体流路と接続された真空ポンプをさらに備える。真空ポンプは、半導体ウエハの前面と背面の間で圧力差を生じさせるよう構成されている。

【0009】

本発明は、その出願において、以下の説明または図面に記載された構造の詳細および要素の構成に限定されないことを理解されたい。本発明は、他の実施形態も可能であり、様々な形態で実施および実行されることが可能である。さらに、本明細書で用いられている表現および用語は、説明を目的としたものであり、限定と見なされるべきではない。

10

【0010】

このように、当業者は、本開示の基礎となる概念が、本発明の態様を実施するための他の構造、方法、および、システムの設計の基礎として容易に利用可能であることを理解すべきである。したがって、特許請求の範囲は、本発明の主旨および範囲から逸脱しない限りにおいて、等価の構成を含むと見なされることが重要である。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の一実施形態を示す図。

【図1A】本発明の一実施形態を示す図。

【図1B】本発明の一実施形態を示す図。

20

【図2】本発明の一実施形態を示す図。

【図2A】本発明の一実施形態を示す図。

【図2B】本発明の一実施形態を示す図。

【図2C】本発明の一実施形態を示す図。

【図2D】本発明の一実施形態を示す図。

【図3】本発明の一実施形態を示す図。

【図4】本発明の一実施形態を示す図。

【図4A】本発明の一実施形態を示す図。

【図5】本発明の一実施形態を示す図。

【図5A】本発明の一実施形態を示す図。

30

【図5B】本発明の一実施形態を示す図。

【図6】本発明の一実施形態を示す図。

【0012】

図面における要素は、簡単かつ明確に図示されており、必ずしも正確な縮尺で図示されていないことを、当業者は理解すべきである。例えば、本発明の実施形態を理解しやすいように、図面内の一部の要素の寸法が、他の要素に比べて拡大されている場合がある。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明は、三次元集積回路のための相互接続メタライゼーションに関する。より具体的には、本発明は、半導体ウエハの前面から背面にまで半導体ウエハを貫通するメタライゼーションラインのためのメタライゼーションを形成することに関する。メタライゼーションは、三次元集積回路で用いられる上層の半導体ウエハに対して用いられる。

40

【0014】

以下では、本発明の実施形態の動作について、主に、積層されたウエハ三次元集積回路で用いられる半導体ウエハの処理との関連で説明する。より具体的には、以下では、本発明の実施形態の動作について、三次元シリコン集積回路のためのシリコンウエハの処理との関連で説明する。しかしながら、本発明に従った実施形態は、他の半導体デバイスおよび他の半導体ウエハに対して用いられてもよいことを理解されたい。

【0015】

以下の図の説明では、図の間で共通の実質的に同一の要素または工程を指定する際には

50

、同一の符号を用いている。

【0016】

ここで、三次元集積回路の製造に用いられるウエハ24を処理するよう構成されたシステム20の側断面図を示す図1、図1A、および、図1Bを参照する。システム20は、処理チャンバ30、ウエハホルダ35、および、真空ポンプ40を備える。

【0017】

処理チャンバ30は、集積回路のメタライゼーションのために半導体ウエハを処理するのに通例用いられる実質的に任意のタイプの処理チャンバであってよい。処理チャンバ30に適したタイプの処理チャンバの例は、化学蒸着チャンバ、低圧化学蒸着チャンバ、大気圧化学蒸着チャンバ、原子層堆積チャンバ、プラズマ化学蒸着チャンバ、無電解堆積チャンバ、電気化学堆積チャンバである。

10

【0018】

換言すると、処理チャンバ30は、三次元集積回路で用いられるウエハのメタライゼーションに必要な処理を実現するよう構成されている。処理チャンバ30で実現できる処理の一部の例としては以下が挙げられる：二酸化ケイ素、窒化ケイ素、炭化ケイ素、および、低誘電体などの誘電材料の堆積；タンタル、窒化タンタル、および、窒化タングステンなどの金属バリア層の堆積；銅などの金属の堆積；表面洗浄および表面金属濃縮などの表面処理。

【0019】

ウエハ24は、三次元集積回路で用いられるよう構成される。典型的な三次元集積回路は、集積回路を備えた2以上の半導体チップまたは集積回路を備えた2以上の半導体ウエハを備えており、それらの半導体チップまたは半導体ウエハは、共に集積されて三次元的に電気相互接続されており、すなわち、半導体チップまたは半導体ウエハ内で集積化されると共に、半導体チップまたは半導体ウエハ間で集積化されている。チップ間またはウエハ間の相互接続は、1以上のチップまたは1以上の半導体ウエハの背面から前面に至るスルーホールによって実現される。ウエハ24は、メタライゼーション相互接続のための少なくとも1つのスルーホール27を有する。集積回路の実際の処理に用いられるウエハは、多数のスルーホールを有する場合がある。しかしながら、図の簡単のため、図1、図1A、および、図1Bでは、1つのスルーホールのみを図示している。

20

【0020】

本発明のいくつかの実施形態に対する1つの選択肢として、ウエハ24は、シリコンウエハなどの半導体ウエハを含む。あるいは、本発明の別の実施形態は、標準的な半導体ウエハ以外のウエハを処理するよう構成される。本発明の実施形態のためのウエハまたは他の基板の例としては、通常のウエハ、薄型ウエハ、部分的なウエハ、薄型の部分的なウエハ、ガラス基板、酸化アルミニウム基板、絶縁体基板上の半導体、シリコンおよび/または他の材料の2以上の層の集合体、および、集積回路製造に用いられるその他の基板、が挙げられるが、これらには限定されない。

30

【0021】

ウエハホルダ35は、処理チャンバ30内でウエハ24の処理を行う間、ウエハ24を保持するよう構成される。ウエハホルダ35は、半導体ウエハ24の背面に接するための実質的な平面36を提供するよう構成された実質的な剛体を備える。ウエハホルダ35は、平面36と流体をやり取り可能に連通した流体流路38を有する。ウエハホルダ35は、平面36において減圧を引き起こすことができるように真空ポンプ40と連結しており、減圧は、真空ポンプ40によって流体流路38を介して引き起こされる。平面36に印加された減圧は、半導体ウエハ24の前面と背面の間に圧力差を生じさせる。圧力差により、処理チャンバ30に供給された処理流体の少なくとも一部が、スルーホール27を通じてウエハ24の前面からウエハ24の背面に引き込まれ、次いで、流体流路38を通じて真空ポンプ40へ引き込まれる。図1に示したウエハホルダ35は、可能な設計の一例に過ぎず、表面36から真空ポンプ40への流体の流れをさらに円滑にするウエハホルダ35の他の構成も可能である。

40

50

【 0 0 2 2 】

ウエハホルダ 3 5 は、集積回路の製造処理に適合した材料を含むことが好ましい。ウエハホルダ 3 5 は、処理チャンバで用いられる他のタイプの半導体ウエハホルダに用いられる材料で構成されることが好ましい。ウエハホルダ 3 5 の構成に用いられる適切な材料の例は、アルミニウム、陽極酸化アルミニウム、ステンレス鋼、プラスチック、および、セラミック（アルミナおよび窒化アルミニウムなど）である。また、ウエハホルダ 3 5 は、処理チャンバ 3 0 内で実行される半導体処理に適合したポリアミドおよびその他のポリマなどの材料を含んでもよい。

【 0 0 2 3 】

真空ポンプ 4 0 は、処理チャンバ 3 0 内の処理圧力に対する減圧を生じるよう構成される。真空ポンプ 4 0 に用いることができる真空ポンプのタイプのいくつかの例としては、機械的ポンプ、拡散ポンプ、ターボ分子ポンプ、クライオポンプ、および、圧力差を生成することができる他のタイプのポンプが挙げられる。真空ポンプ 4 0 は、処理チャンバ 3 0 内で実行される処理に適合するよう選択されることが好ましい。随意的に、真空ポンプ 4 0 は、処理チャンバに対して減圧条件を引き起こすために用いられる真空システムを備えてもよい。真空ポンプ 4 0 によって引き起こされる減圧は、スルーホール 2 7 を通るウエハ前面からウエハ背面への流体の流れを促進するよう、処理チャンバ内の圧力に対して十分に低くなるように制御される必要がある。

【 0 0 2 4 】

スルーホール 2 7 を通るウエハ前面からウエハ背面への処理流体の促進された流れによって、スルーホール 2 7 の側壁をより効果的に処理することができる。具体的には、スルーホール 2 7 に流入して流出する処理流体の流れは、互いに接続されたウエハホルダ 3 5 および真空ポンプ 4 0 によって引き起こされる圧力差によって促進される。促進された流体の流れは、より多くの処理ガスをスルーホール 2 7 の壁にさらすことを可能にすることにより、スルーホール 2 7 内で実行される処理の効果を高める。スルーホール 2 7 で起きるホールを通り抜ける流体の流れは、同じ寸法のブラインドホールに対して行われる同様の処理について典型的に可能な物質移動、または、スルーホールに対して実質的な流れの促進を提供しないウエハホルダのスルーホールについて典型的に可能な物質移動よりも良好な物質移動を実現することができる。

【 0 0 2 5 】

上で示唆したように、処理チャンバ 3 0 内で用いられる処理流体は、誘電材料の堆積に用いられる反応ガス、導電性バリア層の堆積に用いられる反応ガス、金属の堆積に用いられる反応ガス、表面洗浄のための反応ガス、および、表面処理のための反応ガスなど、1 または複数の反応ガスまたはガス混合物を含んでもよい。本発明のいくつかの実施形態については、処理流体は、ウエハ 2 4 を処理するために大気圧未満の圧力に維持されたガスを含む。選択肢の 1 つとして、処理チャンバ 3 0 内で用いられる処理流体は、半導体ウエハ 2 4 の真空処理のために 1 トール未満の圧力に維持されたガスを含んでもよい。あるいは、処理ガスは、ウエハ 2 4 の処理のために、大気圧または大気圧より高い圧力に維持されてもよい。処理チャンバ 3 0 内で用いられる処理流体は、無電解堆積または電気化学めっきによる金属の堆積に用いられる液体など、1 または複数の液体または液体混合物を含んでもよい。選択肢の 1 つとして、処理流体は、半導体ウエハ 2 4 を洗浄するために用いられる 1 または複数の液体を含んでもよい。

【 0 0 2 6 】

1 または複数の反応ガスを用いるよう構成された処理チャンバ 3 0 を備える本発明の実施形態は、図 1 A に示したように、ウエハホルダ 3 5 に組み込まれた電極 4 2 をさらに備えてよい。電極 4 2 は、電極 4 2 への静電電荷の印加がウエハホルダ 3 5 上に置かれたウエハ 2 4 を静電的にクランプするのに十分な静電力を生じるように備えられている。半導体ウエハ処理のためのウエハの静電気クランプは、しばしば利用される。図 1 A に示した電極 4 2 の構成は、一例に過ぎず、ウエハホルダ 3 5 の詳細な設計に対してより適した他の構成を用いることもできる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

本発明の実施形態の別の選択肢として、ウエハホルダ 3 5 は、図 1 B に示したように、機械的クランプ 4 4 をさらに備えてもよい。機械的クランプ 4 4 は、ウエハホルダ 3 5 上に置かれたウエハ 2 4 を物理的にクランプするよう構成される。半導体ウエハ処理のためのウエハの機械的クランプは、しばしば利用される。図 1 B に示したクランプ 4 4 の構成は、一例に過ぎず、ウエハホルダ 3 5 の詳細な設計に対してより適した他の構成を用いることもできる。

【 0 0 2 8 】

ここで、三次元集積回路の製造に用いられる半導体ウエハを処理するよう構成された本発明の一実施形態によるシステム 2 0 の側断面図を示す図 2 を参照する。システム 2 0 は、処理チャンバ 3 0、ウエハホルダ 3 5、および、真空ポンプ 4 0 を備える。

10

【 0 0 2 9 】

処理チャンバ 3 0 は、集積回路のメタライゼーションのために半導体ウエハを処理するのに通例用いられる実質的に任意のタイプの処理チャンバであってもよい。処理チャンバ 3 0 に適したタイプの処理チャンバの例は、化学蒸着チャンバ、低圧化学蒸着チャンバ、大気圧化学蒸着チャンバ、原子層堆積チャンバ、プラズマ化学蒸着チャンバ、無電解堆積チャンバ、電気化学堆積チャンバである。

【 0 0 3 0 】

換言すると、処理チャンバ 3 0 は、三次元集積回路で用いられるウエハのメタライゼーションに必要な処理を実現するよう構成されている。処理チャンバ 3 0 で実現できる処理の一部の例としては以下が挙げられる：二酸化ケイ素、窒化ケイ素、炭化ケイ素、および、低誘電体などの誘電材料の堆積；タンタル、窒化タンタル、および、窒化タングステンなどの金属バリア層の堆積；銅などの金属の堆積；表面洗浄および表面金属濃縮などの表面処理。

20

【 0 0 3 1 】

ウエハ 2 5 は、三次元集積回路で用いられるよう構成される。三次元集積回路は、集積回路を備えた 2 以上の半導体チップまたは集積回路を備えた 2 以上の半導体ウエハが積層されて互いに接着されたものを含む。集積回路は、三次元的に電気相互接続されている。チップ間またはウエハ間の相互接続は、1 以上のチップまたは 1 以上の半導体ウエハの背面から前面に至るスルーホールによって実現される。ウエハ 2 5 は、メタライゼーション相互接続のための少なくとも 1 つの座ぐり穴付スルーホール 2 8 を有する。座ぐり穴付スルーホール 2 8 は、ホール的一端が或る直径を有しホールの他端がより大きな直径を有する標準的な座ぐり穴である。ウエハ 2 5 は、ウエハの前面（すなわち、集積回路が形成される側）に直径の小さい端部を備え、ウエハの背面に座ぐり穴付ホール 2 8 の直径の大きい端部を備えた座ぐり穴付ホール 2 8 を有するよう構成される。

30

【 0 0 3 2 】

ウエハ 2 5 について図示された座ぐり穴付ホールの構成は、さらに、座ぐり穴付ホール 2 8 の小直径部分に対する流体の流れを促進することができる。促進された流体の流れは、スルーホールメタライゼーション相互接続に必要なアスペクト比を維持しつつ実現される。より具体的には、本発明のいくつかの実施形態について、座ぐり穴付ホール 2 8 は、座ぐり穴付ホール 2 8 の小直径部分に対して、処理条件の改善を実現することができる。座ぐり穴付ホール 2 8 の直径の大きい端部は、ウエハの背面に位置し、背面におけるより大きなホールが、ウエハの背面で、より良好な流体の流れを提供する。また、ウエハの背面に大直径のホールを配置することによって、より大きい直径のホールを、容易に除去することができ、最終的な三次元集積回路に存在しないようにすることができる。大直径のホールは、ウエハを薄くするためにウエハの背面が部分的に取り除かれる時に除去される。薄くなったウエハは、三次元集積回路に用いられる。集積回路の実際の処理に用いられるウエハは、多数のスルーホールを有する場合がある。しかしながら、図の簡単のため、図 2 では、3 つのスルーホールのみを図示している。

40

【 0 0 3 3 】

50

ウエハ 25 は、さらに、本発明の好ましい実施形態に従ってウエハ 25 の前面の上面図を示す図 2 A に図示されている。図 2 A は、複数の座ぐり穴付ホール 28 を有するウエハ 25 を示している。より具体的には、ウエハ 25 は、複数の座ぐり穴付ホール 28 を形成するために、複数の大直径ホール 28 B と直線的に接続された複数の小直径ホール 28 A を有する。図 2 A では、大直径ホール 28 B を点線で示しており、大直径ホール 28 B は、ウエハの背面にあるため、上面図では隠れている。ウエハ 25 のいくつかの構成によると、小直径ホール 28 A は、サブミクロンの直径を有してよい。大直径ホール 28 B の直径は、小直径ホール 28 A を通る促進された流体の流れを提供するのに十分な大きさに選択されることが好ましい。

【 0 0 3 4 】

本発明のいくつかの好ましい実施形態に対する 1 つの選択肢として、ウエハのスルーホールは、3 つ以上の直径を有することで、2 つ以上の段を有する座ぐり穴付ホールを形成してもよい。任意の実際的な数のホール直径が、本発明のいくつかの実施形態で利用可能である。図 2 B は、変形例の座ぐり穴付スルーホール 29 B を有するウエハ 25 B の側断面図である。変形例の座ぐり穴付スルーホール 29 B は、標準的な座ぐり穴付ホールの 1 つの段の代わりに、ホールの直径が段階的に変化するよう形成された 2 つの段を有するように、ホールの長さに沿った 3 つの異なる部分に対して 3 つの直径を有する。本発明のいくつかの実施形態に対する別の選択肢として、スルーホールは、ホールの長さの少なくとも一部について、ウエハまたはその他の基板の背面に大きい方の開口部を有する円錐形を形成するようなテーパ状の側壁を有してもよい。より具体的には、本発明の実施形態は、ウエハまたはその他の基板を貫通する円錐形皿穴付ホールを有してよい。図 2 C は、皿穴付スルーホール 29 C を有するウエハ 25 C の側断面図である。本発明の他の実施形態において、湾曲した側壁など、他の形状を有するスルーホールが用いられてもよい。1 つの選択肢として、円筒形のホール部分と接続した半球形のホール部分によってスルーホールを構成する半球形座ぐり穴付スルーホールを用いてもよい。図 2 D は、本発明のいくつかの実施形態に適した半球形座ぐり穴付スルーホール 29 D を有するウエハ 25 D の側断面図である。

【 0 0 3 5 】

図 2 に示したように、ウエハホルダ 35 は、処理チャンバ 30 内でウエハ 25 の処理を行う間、ウエハ 25 を保持するよう構成されている。ウエハホルダ 35 は、略多孔質材料 45 を含む実質的な剛体を備える。多孔質材料 45 は、流体の流れを通すことができるように構成される。ウエハホルダ 35 は、多孔質材料 45 が半導体ウエハ 25 の背面に接触するための実質的な平面 36 を提供するように構成される。ウエハホルダ 35 は、多孔質材料 45 と流体をやり取り可能に連通し、ひいては平面 36 と流体をやり取り可能に連通する流体流路 38 を有する。ウエハホルダ 35 は、平面 36 において減圧を生じさせることができるように、真空ポンプ 40 と接続されている。減圧は、真空ポンプ 40 によって流体流路 38 を介して引き起こされる。平面 36 に印加された減圧は、半導体ウエハ 25 の前面と背面の間に圧力差を生じさせる。圧力差により、処理チャンバ 30 に供給された処理流体の少なくとも一部が、座ぐり穴付スルーホール 28 を通じてウエハ 25 の前面からウエハ 25 の背面に引き込まれ、次いで、多孔質材料 45 および流体流路 38 を通じて真空ポンプ 40 へ引き込まれる。図 2 に示したウエハホルダ 35 は、1 つの可能な設計に過ぎず、別の流体の流れの特性を提供するウエハホルダ 35 の他の構成も可能である。

【 0 0 3 6 】

ウエハホルダ 35 は、集積回路の製造処理に適合した材料を含むことが好ましい。ウエハホルダ 35 は、処理チャンバで用いられる他のタイプの半導体ウエハホルダに用いられる材料で構成されることが好ましい。ウエハホルダ 35 の構成に用いられる適切な材料の例は、アルミニウム、陽極酸化アルミニウム、ステンレス鋼、および、セラミック（アルミナおよび窒化アルミニウムなど）である。また、ウエハホルダ 35 は、処理チャンバ 30 内で実行される半導体処理に適合したポリアミドおよびその他のポリマなどの材料を含んでもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

真空ポンプ 40 は、処理チャンバ 30 内の処理圧力に対する減圧を生じるよう構成される。真空ポンプ 40 に用いることができる真空ポンプのタイプのいくつかの例としては、機械的ポンプ、拡散ポンプ、ターボ分子ポンプ、クライオポンプ、および、圧力差を生成することができる他のタイプのポンプが挙げられる。真空ポンプ 40 は、処理チャンバ 30 内で実行される処理に適合するよう選択されることが好ましい。随意的に、真空ポンプ 40 は、処理チャンバに対して減圧条件を生成するために用いられる真空システムを備えてもよい。真空ポンプ 40 によって引き起こされる減圧は、スルーホール 28 を通るウエハ前面からウエハ背面への流体の流れを促進するために、処理チャンバ内の圧力に対して十分に低くなるように制御される必要がある。

10

【 0 0 3 8 】

ここで、三次元集積回路の製造のために用いられる半導体ウエハを処理するよう構成された本発明の一実施形態によるシステム 20 の側断面図を示す図 3 を参照する。システム 20 は、処理チャンバ 30、ウエハホルダ 35、および、真空ポンプ 40 を備える。

【 0 0 3 9 】

処理チャンバ 30 は、集積回路のメタライゼーションのために半導体ウエハを処理するのに通例用いられる実質的に任意のタイプの処理チャンバであってもよい。処理チャンバ 30 に適したタイプの処理チャンバの例は、化学蒸着チャンバ、低圧化学蒸着チャンバ、大気圧化学蒸着チャンバ、原子層堆積チャンバ、プラズマ化学蒸着チャンバ、無電解堆積チャンバ、電気化学堆積チャンバである。

20

【 0 0 4 0 】

換言すると、処理チャンバ 30 は、三次元集積回路で用いられるウエハのメタライゼーションに必要な処理を実現するよう構成されている。処理チャンバ 30 で実現できる処理の一部の例としては以下が挙げられる：二酸化ケイ素、窒化ケイ素、炭化ケイ素、および、低誘電体などの誘電材料の堆積；タンタル、窒化タンタル、および、窒化タングステンなどの金属バリア層の堆積；銅などの金属の堆積；表面洗浄および表面金属濃縮などの表面処理。

【 0 0 4 1 】

ウエハ 25 は、三次元集積回路で用いられるよう構成される。三次元集積回路は、集積回路を備えた 2 以上の半導体チップまたは集積回路を備えた 2 以上の半導体ウエハが積層されて互いに接着され三次元的に電気相互接続されたものを含む。チップ間またはウエハ間の相互接続は、1 以上のチップまたは 1 以上の半導体ウエハの背面から前面に至るスルーホールによって実現される。ウエハ 25 は、メタライゼーション相互接続のための少なくとも 1 つの座ぐり穴付スルーホール 28 を有する。座ぐり穴付スルーホール 28 は、ホール的一端が或る直径を有しホールの他端がより大きな直径を有する標準的な座ぐり穴である。ウエハ 25 は、ウエハの前面（集積回路が形成される側）に直径の小さい端部を備え、ウエハの背面に座ぐり穴付スルーホール 28 の直径の大きい端部を備えた座ぐり穴付スルーホール 28 を有するよう構成される。

30

【 0 0 4 2 】

ウエハ 25 について図 3 に示された座ぐり穴付ホールの構成は、さらに、座ぐり穴付ホール 28 の小直径部分に対する流体の流れを促進しつつ、スルーホールメタライゼーション相互接続に必要なアスペクト比を維持することができる。より具体的には、本発明のいくつかの実施形態について、座ぐり穴付スルーホール 28 は、座ぐり穴付スルーホール 28 の小直径部分に対して、処理条件の改善を実現することができる。座ぐり穴付ホール 28 の大直径部分は、ウエハの背面に位置しており、ウエハの背面に大直径部分を有することで、流体の流れを改善する。また、ウエハの背面に大直径部分を配置することによって、上述のように、最終的な三次元集積回路から大直径部分を容易に除去することができる。集積回路の実際の処理に用いられるウエハは、多数のスルーホールを有する場合がある。しかしながら、図の簡単のため、図 3 では、1 つのスルーホールのみを図示している。

40

【 0 0 4 3 】

50

本発明のいくつかの実施形態に対する1つの選択肢として、座ぐり穴構造が完全には除去されない。具体的には、座ぐり穴付スルーホール28の大直径部分の一部が、実質的に金属で満たされて、完成したメタライゼーションの一部として組み込まれる。座ぐり穴付スルーホール28の大直径部分が、金属で満たされると、スルーホールメタライゼーションへの電氣的接触を形成するための標的となる面積が広がる。面積が大きくなることで、三次元集積回路のスタック内で近接するウエハとの電氣的接触についての許容誤差が大きくなる。許容誤差が大きくなることで、デバイスの歩留まりの向上と、三次元集積回路の信頼性の改善が期待される。

【0044】

ウエハホルダ35は、処理チャンバ30内でウエハ25の処理を行う間、ウエハ25を保持するよう構成される。ウエハホルダ35は、半導体ウエハ25の背面に接するための実質的な平面36を提供するよう構成された実質的な剛体を備える。ウエハホルダ35は、平面36と流体をやり取り可能に連通した流体流路38を有する。ウエハホルダ35は、平面36と隣接した空洞46を有する。ウエハホルダ35は、空洞46内に配置された少なくとも1つの構造体48を備えている。構造体48は、平面36を形成するように、空洞46の基部から伸びている。流体流路38は、空洞46によって平面36と流体をやり取り可能に連通している。ウエハホルダ35は、ウエハ25の背面の外周に接触する表面50をさらに備える。表面50も、平面36を規定している。表面50は、スルーホール28を迂回する真空ポンプ40への流体の流れの量を減少させるために、ウエハ25の背面の外周を実質的に密閉するよう構成されることが好ましい。

【0045】

ウエハホルダ35は、平面36において減圧を生じさせることができるように真空ポンプ40と連結しており、減圧は、真空ポンプ40によって流体流路38を介して引き起こされる。平面36に印加された減圧は、半導体ウエハ25の前面と背面の間に圧力差を生じさせる。圧力差により、処理チャンバ30に供給された処理流体の少なくとも一部が、スルーホール28を通じてウエハ25の前面からウエハ25の背面に引き込まれ、次いで、流体流路38を通じて真空ポンプ40へ引き込まれる。図3に示したウエハホルダ35は、可能な設計の一例に過ぎず、平面36から真空ポンプ40への流体の流れをさらに円滑にするウエハホルダ35の他の構成も可能である。

【0046】

ウエハホルダ35は、集積回路の製造処理に適合した材料を含むことが好ましい。ウエハホルダ35は、処理チャンバで用いられる他のタイプの半導体ウエハホルダに用いられる材料で構成されることが好ましい。ウエハホルダ35の構成に用いられる適切な材料の例は、アルミニウム、陽極酸化アルミニウム、ステンレス鋼、および、セラミック（アルミナおよび窒化アルミニウムなど）である。また、ウエハホルダ35は、処理チャンバ30内で実行される半導体処理に適合したポリアミドおよびその他のポリマなどの材料を含んでもよい。

【0047】

真空ポンプ40は、処理チャンバ30内の処理圧力に対する減圧を生じるよう構成される。真空ポンプ40に用いることができる真空ポンプのタイプのいくつかの例としては、機械的ポンプ、拡散ポンプ、ターボ分子ポンプ、クライオポンプ、および、圧力差を生成することができる他のタイプのポンプが挙げられる。真空ポンプ40は、処理チャンバ30内で実行される処理に適合するよう選択されることが好ましい。随意的に、真空ポンプ40は、処理チャンバに対して減圧条件を生成するために用いられる真空システムを備えてもよい。真空ポンプ40によって引き起こされる減圧は、スルーホール28を通るウエハ前面からウエハ背面への流体の流れを促進するために、処理チャンバ内の圧力に対して十分に低くなるように制御される必要がある。

【0048】

上で示唆したように、処理チャンバ30内で用いられる処理流体は、誘電材料の堆積に用いられる反応ガス、導電性バリア層の堆積に用いられる反応ガス、金属の堆積に用いら

10

20

30

40

50

れる反応ガス、表面洗浄のための反応ガス、および、表面処理のための反応ガスなど、1または複数の反応ガスまたはガス混合物を含んでよい。本発明の一部の実施形態については、処理流体は、ウエハ25を処理するために大気圧未満の圧力に維持されたガスを含む。選択肢のひとつとして、処理チャンバ38内で用いられる処理流体は、半導体ウエハ25の真空処理のために1トール未満の圧力に維持されたガスを含んでよい。あるいは、処理ガスは、ウエハ25の処理のために、大気圧または大気圧より高い圧力に維持されてもよい。処理チャンバ30内で用いられる処理流体は、無電解堆積または電気化学めっきによる金属の堆積に用いられる液体など、1または複数の液体または液体混合物を含んでもよい。選択肢のひとつとして、処理流体は、半導体ウエハ25を洗浄するために用いられる1または複数の液体を含んでよい。

10

【0049】

ここで、図3に示した実施形態と基本的に同一であるシステム20の側断面図を示した図4、および、図3に示した実施形態と基本的に同一であるウエハホルダ35の上面図80を示した図4Aを参照する。図4および図4Aに示した実施形態は、図3に示した実施形態の構造体48の代わりにナイフエッジ構造体52を用いる。システム20の側面図と上面図80は、ウエハホルダ35、流体流路38、空洞46、表面50、および、ナイフエッジ構造体52を示している。図4Aに示したナイフエッジ構造体52の構成は、一例に過ぎず、他の構成のナイフエッジ52を用いることもできることを理解されたい。ナイフエッジ52の構成は、ウエハの支持を提供しつつ、ウエハ内のホールを通る流体の流れに対する障害を最小化するように設計されることが好ましい。

20

【0050】

ウエハ処理の標準的な技術では、各ウエハから複数の集積回路デバイスを製造する。集積回路デバイスを含むウエハの領域は、区分されてチップに切り分けられる。本発明の一実施形態によると、ナイフエッジは、ウエハ内にホールがない場所でのみウエハの背面に接触するように設計される。これは、一構成によると、チップに用いられる領域の間でウエハの背面に接するようにナイフエッジを構成することによって実現することができる。

【0051】

ここで、システム60の側断面図を示す図5、さらに、システム60が備えるウエハホルダ62の上面図を示す図5Aを参照する。図5および図5Aに示した実施形態では、ウエハホルダ62は、図3に示した実施形態の構造体48の代わりにウエハを支持するポンププレート64を備える。システム60の側面図およびウエハホルダ62の上面図は、ウエハホルダ62が空洞46および流体流路38を有することを示している。図5は、また、システム60で処理するウエハ66の側断面図を示している。ウエハ66は、集積回路デバイス68および座ぐり穴付スルーホール70の配置と共に図示されている。ポンププレート64は、また、基本的に図3で述べたように、ウエハ66の背面外周に接して実質的に密閉するための表面50を有するよう構成される。

30

【0052】

ポンププレート64は、アルミニウム、陽極酸化アルミニウム、ステンレス鋼、セラミック、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、炭化ケイ素、および、窒化ケイ素など（これらに限定されない）の材料を含む略剛性のプレートのような構造体である。ポンププレート64は、ウエハ内のホール70を通るガス流を実質的に妨げないように、ウエハにおける集積回路デバイスのための領域の位置に対応した位置に1または複数の穴を有する。選択肢の1つとして、ポンププレート64は、中実部分と穴または開口部分とを有し中実部分との接触によってウエハ66の支持が提供されるように構成された構造（グリル、格子、または、フレームなど）を含んでよい。開口部分は、ウエハ66を通るガス流を実質的に妨げないように配置される。一般に、ポンププレート64は、ウエハ66における集積回路デバイス68のための領域を露出させるように配置された少なくとも1つの穴を有する。ポンププレート64は、ウエハ66から製造される各集積回路デバイス68（チップ）に対して1つのホールを有することがさらに好ましい。ポンププレート64の構成は一例に過ぎず、ポンププレート64の他の構成も利用可能であることを理解されたい。

40

50

【 0 0 5 3 】

選択肢の1つとして、ポンププレート64は、ウエ八ホルダ62の実質的に固定された一部分であってよい。あるいは、ポンププレート64は、異なる構成のポンププレート64をシステム60で交換可能に利用できるように、ウエ八ホルダ62の着脱可能な一部分であってもよく、そうすれば、ウエ八に適合した穴の構成を備えたポンププレート64を提供することによって、異なるサイズを有するチップのためのウエ八処理を可能にすることができる。好ましい実施形態について、より具体的には、ポンププレート64は、ポンププレート64の交換を容易にするために、ウエ八ホルダ62に対して着脱可能に取り付けられる。着脱可能なポンププレート64を用いた構成の図として、図5Bに、ウエ八66およびウエ八ホルダ60の分解側断面図を示す。

10

【 0 0 5 4 】

本発明の別の態様は、実質的に上述のようなウエ八ホルダである。一実施形態によると、ウエ八ホルダは、三次元集積回路を製造する処理を実行するための処理チャンバ内で半導体ウエ八を支持するよう構成される。ウエ八は、ウエ八の背面からウエ八の前面に至る複数の座ぐり穴付スルーホールを有する。ウエ八ホルダは、半導体ウエ八の背面に接するための実質的な平面を提供するよう構成された実質的な剛体を備える。ウエ八ホルダは、平面と流体をやり取り可能に連通した流体流路を有する。ウエ八ホルダは、流体流路を減圧状態として半導体ウエ八の前面と背面の間の圧力差を引き起こすために、真空ポンプと接続するよう構成される。ウエ八ホルダは、ウエ八をウエ八ホルダに静電的にクランプするよう構成される。実質的な剛体は、空洞と、空洞内に配置された少なくとも1つの構造体とを有する。少なくとも1つの構造体は、平面を形成するように空洞の基部から伸びている。少なくとも1つの構造体は、ウエ八を通るガスの流れの抵抗 (impedance) を低減または最小化するように、ウエ八の背面に接するためのナイフエッジを有する。ウエ八ホルダは、ウエ八の背面外周において密閉を形成するための表面を有する。

20

【 0 0 5 5 】

本発明のさらに別の態様は、三次元集積回路を製造する方法を含む。特に、その方法は、三次元集積回路を形成するよう積層された1または複数のチップもしくは1または複数のウエ八の製造に関する。ここで、方法の一実施形態について、本発明の一実施形態に従って処理フロー110を示した図6を参照しつつ説明する。処理フロー110は、工程120、工程130、工程140、および、工程150を含む。

30

【 0 0 5 6 】

処理フロー110は、工程120において、複数のスルーホールを有する半導体ウエ八を提供する。スルーホールは、チップまたはウエ八の1つを下層のチップまたはウエ八と接続するメタライゼーションラインの通路を提供する。高度な集積回路の製造の要件では、通例、チップまたはウエ八を相互接続するために用いられるスルーホールの直径が小さいことが求められる。上述のように、一部のデバイスは、1マイクロメートル未満の直径を有するスルーホールを必要とする。一部のスルーホールの長さは、数マイクロメートルから20マイクロメートル以上の範囲の長さになる。結果として、スルーホールを処理するためのアスペクト比は、二次元集積回路を製造するための標準的な技術に比べて極度に高い。一部の三次元集積回路で必要とされうるさらに極端に高いアスペクト比は、処理フロー110のさらに好ましい実施形態で扱う必要がありうる。このさらに好ましい実施形態では、ウエ八内の複数のスルーホールは、座ぐり穴付スルーホールを含む。ウエ八は、ウエ八の前面 (集積回路が形成される側) に直径の小さい端部を備え、ウエ八の背面に座ぐり穴付ホールの直径の大きい端部を備えた座ぐり穴付ホールを有するよう構成される。

40

【 0 0 5 7 】

ウエ八のための座ぐり穴付ホールの構成は、さらに、座ぐり穴付ホールの小直径部分に対する流体の流れを促進することができる。促進された流体の流れは、スルーホールメタライゼーション相互接続に必要なアスペクト比を維持しつつ実現される。より具体的には、座ぐり穴付ホールは、座ぐり穴付ホールの小直径部分に対して、処理条件の改善を実現

50

することができる。座ぐり穴付ホルルの直径の大きい端部は、ウエハの背面に位置し、背面のより大きなホールが、ウエハの背面で、より良好な流体の流れを提供する。また、ウエハの背面に大直径のホールを配置することによって、最終的な三次元集積回路から大直径のホールを容易に除去することができる。大直径のホールは、ウエハを薄くするためにウエハの背面が部分的に取り除かれる時に除去される。薄くなったウエハは、三次元集積回路に用いられる。

【0058】

処理フロー110は、工程130において、処理チャンパ内に取り付けられたウエハホルダでウエハを支持する。ウエハがウエハホルダ上に支持された状態で、処理フロー110は、工程140において、スルーホールを通る流体の流れを引き起こすようにウエハの前面と背面の間の圧力差を生じさせる。減圧は、ウエハホルダを用いてウエハの背面に印加される。減圧は、ウエハホルダと接続された真空ポンプによって引き起こされる。ウエハの背面に印加される減圧は、スルーホールを通る流体の流れが実質的に一樣になるように、実質的に一樣であることが好ましい。ウエハ背面に印加される減圧をさらに改善する選択肢の一つとして、処理フロー110は、ウエハホルダとウエハの背面外周との間の密閉の形成をさらに含んでもよい。密閉の形成は、ウエハの縁部周辺でのガス漏れの量を減少させ、スルーホールを通るガスの流れを増加させることができる。

【0059】

処理フロー110は、工程150において、集積回路を製造するための少なくとも1つの処理について処理チャンパ内の処理条件を確立する。換言すると、かかる処理条件での処理流体が、強制的にスルーホールを通される。スルーホールを通る流体の流れは、スルーホールの側壁のより効果的な処理を可能にする。換言すると、確立された処理条件でスルーホールを通る処理流体の流れは、ホールを通る流体の流れが無い場合よりも、スルーホールの側壁を効果的に処理する。ブラインドホールすなわち貫通していないホールは、本発明の実施形態よりも物質移動特性が劣っている。

【0060】

上述のように、本発明の実施形態は、半導体デバイスのメタライゼーションのための極めて多様な処理に用いることができる。したがって、処理フロー110は、スルーホールにおけるメタライゼーションのための極めて多様な処理条件の利用を含んでいてよい。一例として、処理フロー110で用いられる処理条件は、1トール未満の圧力を用いる真空処理条件など、大気圧未満の圧力下での処理条件を含む。随意的に、処理条件は、堆積処理条件またはエッチング処理条件であってもよい。処理フロー110の堆積処理条件のいくつかの例として、化学蒸着、低圧化学蒸着、原子層堆積が挙げられる。別の選択肢として、本発明のいくつかの実施形態は、物理蒸着の処理条件を含んでよい。

【0061】

処理フロー110は、上述のような乾式化学処理条件を用いてもよいし、処理条件は、湿式化学処理のための湿式化学処理条件であってもよい。処理フロー110の一部として利用可能な湿式化学処理のいくつかの例として、無電解堆積を実現するための処理条件および電気化学的めっきを実現するための処理条件が挙げられる。

【0062】

確立された処理条件および処理フロー110を用いて堆積される材料の種類の一つの具体的な例としては、二酸化ケイ素、炭化ケイ素、窒化ケイ素、および、低誘電体など、集積回路製造のための電気絶縁層が挙げられる。あるいは、処理フロー110で用いられる処理条件は、銅、タンタル、窒化タンタル、および、集積回路のメタライゼーションに用いられるその他の材料など、集積回路製造のための導電材料を堆積するよう選択されてもよい。

【0063】

処理フロー110は、ウエハホルダ上の所定の位置にウエハを保持する動作をさらに含んでもよい。本発明のいくつかの実施形態についての選択肢の一つとして、処理フロー110は、静電力を用いて、ウエハホルダ上の所定の位置にウエハを静電的に保持する。静

10

20

30

40

50

電力は、ウエハホルダで生成される。所定の位置にウエハを支持するために静電力を利用することは、周知の技術であり、二次元集積回路の処理で一般的に用いられている。本発明の実施形態についての別の選択肢は、ウエハホルダにウエハを物理的に保持するために機械的クランプを利用することを含む。

【0064】

本明細書では、具体的な実施形態を参照しつつ、本発明を説明している。しかしながら、当業者は、以下の特許請求の範囲に記載の本発明の範囲から逸脱することなく、様々な変形例および変更例が可能であることを理解すべきである。したがって、本明細書および図面は、例示を目的としたものであり、限定を意図したものではないと見なされるべきであり、かかる変形例すべてが、本発明の範囲に含まれるよう意図されている。

10

【0065】

利益、その他の利点、および、課題の解決法について、具体的な実施形態に関連して上述した。しかしながら、それらの利益、利点、課題の解決法、ならびに、任意の利益、利点、または、解決法を生じさせるもしくはより顕著にさせよう任意の要素は、任意またはすべての請求項の重要、必要、または必須の特徴または要素として解釈されない。

【0066】

本明細書では、「備える」、「備えた」、「含む」、「含んだ」、「有する」、「有した」、「のうちの少なくとも1つ」のような用語、または、それらのあらゆる変化形は、非排他的な包含を網羅するよう意図されている。例えば、要素のリストを備える処理、方法、物品、または装置は、それらの要素だけに限定されず、リストに明示されていないかまたはかかる処理、方法、物品、または装置に固有の他の要素をも含むうる。さらに、特に明示しない限り、「または(or)」という語は、排他的な「または」ではなく、包括的な「または」を表す。例えば、条件AまたはBは、以下のいずれによっても満たされる。Aが真(または存在する)かつBが偽(または存在しない)；Aが偽(または存在しない)かつBが真(または存在する)；AとBの両方が真(または存在する)。

20

【0067】

さらに、特に明示しない限り、「のうちの少なくとも1つ」は、「1または複数」を意味するよう解釈される。例えば、リスト中の要素のうちの1または複数を用意する処理、方法、物品、または装置について、それらの要素のうちの1または複数が下位要素の下位リストを用意する場合、それらの下位要素は、同様に要素として見なされる。例えば、AおよびBの少なくとも1つは、以下のいずれによっても満たされる。Aが真(または存在する)かつBが偽(または存在しない)；Aが偽(または存在しない)かつBが真(または存在する)；AとBの両方が真(または存在する)。

30

なお、本発明は、以下のような態様で実現することもできる。

適用例 1

三次元集積回路のためのウエハを処理するシステムであって、
大気圧未満の圧力下で前記ウエハを処理するよう構成された処理チャンバと、
前記処理チャンバ内に配置されたウエハホルダであって、半導体ウエハの背面と接触するための実質的な平面を提供するよう構成された実質的な剛体を備えると共に、前記平面と流体をやり取り可能に連通する流体流路を有する、ウエハホルダと、
前記流体流路と接続され、前記半導体ウエハの前面と背面の間に圧力差を生じさせるよう構成された真空ポンプと、
を備える、システム。

40

適用例 2

適用例 1 のシステムであって、
前記ウエハホルダは、前記平面に前記ウエハを静電的に保持するよう構成されている、
システム。

50

適用例 3

適用例 1 のシステムであって、
前記ウエハホルダは、前記平面に前記ウエハを保持するためのクランプをさらに備える、システム。

適用例 4

適用例 1 のシステムであって、
前記実質的な剛体は、前記ウエハの背面に接触する前記平面のために多孔質材料をさらに備える、システム。

10

適用例 5

適用例 1 のシステムであって、
前記実質的な剛体は、空洞と、前記空洞内に配置された少なくとも 1 つの構造体と、を有し、
前記少なくとも 1 つの構造体は、前記平面を形成するように前記空洞の基部から伸びている、システム。

適用例 6

適用例 1 のシステムであって、
前記ウエハは、少なくとも 1 つのホールを有し、
前記実質的な剛体は、空洞と、前記空洞内に配置された少なくとも 1 つの構造体と、を有し、
前記少なくとも 1 つの構造体は、前記平面を形成するように前記空洞の基部から伸びており、
前記少なくとも 1 つの構造体は、ウエハを通るガスの流れの抵抗を最小化するような形状を有する、システム。

20

適用例 7

適用例 1 のシステムであって、
前記実質的な剛体は、空洞と、前記空洞内に配置された少なくとも 1 つの構造体と、を有し、
前記少なくとも 1 つの構造体は、前記平面を形成するように前記空洞の基部から伸びており、
前記少なくとも 1 つの構造体は、前記ウエハと接触するためのナイフエッジを有する、システム。

30

適用例 8

適用例 1 のシステムであって、
前記ウエハは、前記ウエハの前面から前記ウエハの背面にガスが移動するよう構成された少なくとも 1 つのスルーホールを有し、
前記真空ポンプは、前記ガスの移動を促進するよう構成されている、システム。

40

適用例 9

適用例 1 のシステムであって、前記ウエハホルダは、前記ウエハの背面外周において密閉を形成するための表面を備える、システム。

適用例 10

適用例 1 のシステムであって、
前記ウエハホルダは、前記ウエハを支持するよう構成されたポンププレートを備え、
前記ポンププレートは、集積回路デバイスが形成される前記ウエハの領域を露出させる

50

よう配置された少なくとも1つの穴を有する、システム。

適用例 1 1

適用例 1 のシステムであって、

前記ウエハホルダは、前記ウエハを支持するよう構成されたポンププレートを備え、

前記ポンププレートは、集積回路デバイスが形成される前記ウエハの領域を露出させるよう配置された少なくとも1つの穴を有しており、前記ウエハホルダに対して着脱可能に取り付けられる、システム。

適用例 1 2

適用例 1 のシステムであって、

前記ウエハホルダは、前記ウエハの背面外周において密閉を形成するための表面を備え

、前記実質的な剛体は、空洞と、前記空洞内に配置される少なくとも1つの構造体と、を有し、

前記少なくとも1つの構造体は、前記空洞の基部から前記平面に至るまで伸びている、システム。

10

適用例 1 3

適用例 1 のシステムであって、

前記ウエハホルダは、前記ウエハの背面外周において密閉を形成するための表面を備え

、前記実質的な剛体は、空洞と、前記空洞内に配置される少なくとも1つの構造体と、を有し、

前記少なくとも1つの構造体は、前記空洞の基部から前記平面に至るまで伸びており、

前記少なくとも1つの構造体は、前記ウエハと接触するためのナイフエッジを有する、システム。

20

適用例 1 4

適用例 1 のシステムであって、前記処理チャンバは、化学蒸着チャンバ、低圧化学蒸着チャンバ、プラズマ化学蒸着チャンバ、または、原子層堆積チャンバを含む、システム。

30

適用例 1 5

適用例 1 のシステムであって、前記処理チャンバは、プラズマ処理チャンバを含む、システム。

適用例 1 6

三次元集積回路を製造する方法であって、

複数のスルーホールを有するウエハを提供する工程と、

処理チャンバ内に取り付けられたウエハホルダで前記ウエハを支持する工程と、

前記ウエハが前記ウエハホルダ上に支持されている間に、前記ウエハの前面と前記ウエハの背面との間で圧力差を生じさせて、前記圧力差により、前記スルーホールを通る流体の流れを引き起こす工程と、

集積回路を製造するための少なくとも1つの処理について前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程と、を含む方法。

40

適用例 1 7

適用例 1 6 の方法であって、前記スルーホールは、前記ウエハを貫通する座ぐり穴付ホールであり、大直径を有する前記座ぐり穴は前記ウエハの背面側にある、方法。

50

適用例 1 8

適用例 1 6 の方法であって、前記ウエハホルダで前記ウエハを支持する工程は、前記ウエハホルダに前記ウエハを静電的に保持する工程を含む、方法。

適用例 1 9

適用例 1 6 の方法であって、前記ウエハホルダで前記ウエハを支持する工程は、前記ウエハホルダに前記ウエハを機械的にクランプする工程を含む、方法。

適用例 2 0

適用例 1 6 の方法であって、前記圧力差を生じさせる工程は、前記ウエハホルダを用いて前記ウエハの背面において減圧を引き起こす、方法。

10

適用例 2 1

適用例 1 6 の方法であって、前記圧力差を生じさせる工程は、前記ウエハの背面外周における密閉の形成を含み、前記ウエハホルダを用いて前記ウエハの背面において減圧を引き起こす、方法。

適用例 2 2

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、大気圧未満の圧力の処理条件を含む、方法。

20

適用例 2 3

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、湿式化学処理条件または乾式化学処理条件を含む、方法。

適用例 2 4

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、堆積処理条件またはエッチング処理条件を含む、方法。

30

適用例 2 5

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、電気絶縁層を堆積するための処理条件を含む、方法。

適用例 2 6

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、導電層を堆積するための処理条件を含む、方法。

適用例 2 7

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、
化学蒸着、
低圧化学蒸着、または、
原子層堆積を実現するための処理条件を含む、方法。

40

適用例 2 8

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、無電解堆積または電気化学めっきを実現するための処理条件を含む、方法。

適用例 2 9

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンバ内の処理条件を確立する工程は、物理蒸

50

着を実現するための処理条件を含む、方法。

適用例 3 0

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンパ内の処理条件を確立する工程は、銅を堆積するための処理条件を含む、方法。

適用例 3 1

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンパ内の処理条件を確立する工程は、タンタルまたは窒化タンタルを堆積するための処理条件を含む、方法。

10

適用例 3 2

適用例 1 6 の方法であって、前記処理チャンパ内の処理条件を確立する工程は、二酸化ケイ素または低誘電体を堆積するための処理条件を含む、方法。

適用例 3 3

三次元集積回路を製造する処理を実行するための処理チャンパ内で半導体ウエハを支持するためのウエハホルダであって、

前記ウエハは、前記ウエハの背面から前記ウエハの前面に至る複数の座ぐり穴付スルーホールを有し、

前記ウエハホルダは、前記半導体ウエハの背面に接触するための実質的な平面を提供するよう構成された実質的な剛体を備え、

20

前記ウエハホルダは、前記平面と流体をやり取り可能に連通する流体流路を有し、

前記ウエハホルダは、前記流体流路を減圧状態として前記半導体ウエハの前面と背面との間に圧力差を生じさせるためのポンプと接続されるよう構成されており、

前記ウエハホルダは、前記ウエハホルダに前記ウエハを静電的にクランプするよう構成されており、

前記実質的な剛体は、空洞と、前記空洞内に配置され前記平面を形成するように前記空洞の基部から伸びる少なくとも1つの構造体と、を有し、

前記構造体は、前記ウエハを通るガスの流れの抵抗を最小化するように前記ウエハの背面に接触するためのナイフエッジを有し、

30

前記ウエハホルダは、前記ウエハの背面外周において密閉を形成するための表面を有する、ウエハホルダ。

適用例 3 4

三次元集積回路を製造する処理のためのウエハホルダであって、ウエハを静電的に保持するよう構成されると共に、前記処理中に、前記ウエハの前面と前記ウエハの背面との間で圧力差を生じさせるように、前記ウエハの背面に減圧状態を生じさせるよう構成されている、ウエハホルダ。

適用例 3 5

40

適用例 1 6 の方法であって、前記スルーホールは、円錐形皿穴付スルーホール、変形された座ぐり穴付スルーホール、または、半球形座ぐり穴付スルーホールであり、前記スルーホールの大直径は前記ウエハの背面側にある、方法。

【図 1】

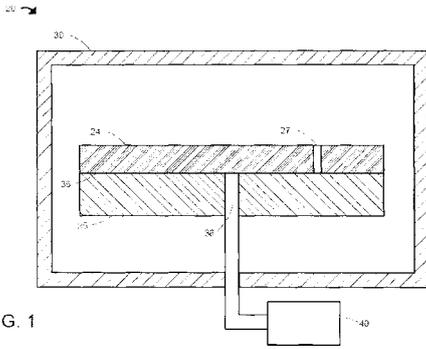


FIG. 1

【図 1 B】

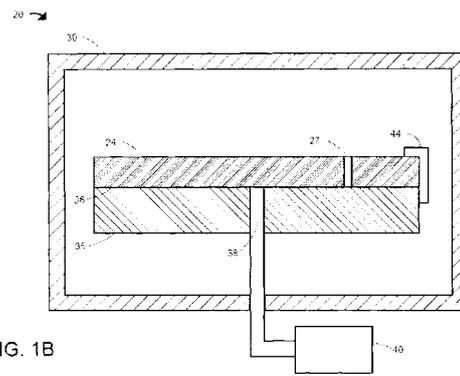


FIG. 1B

【図 1 A】

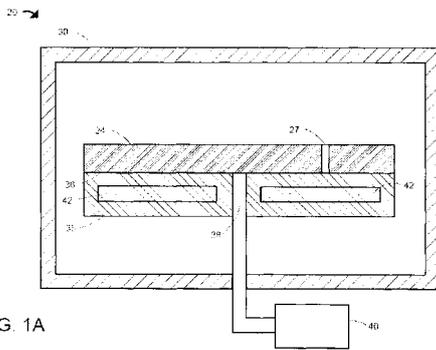


FIG. 1A

【図 2】

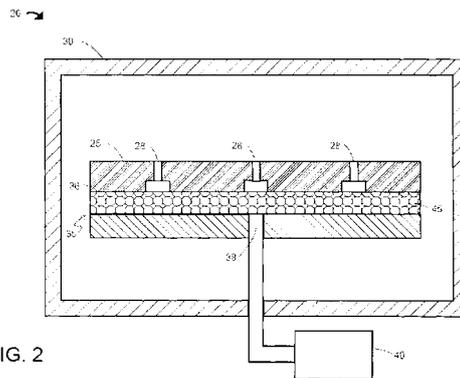


FIG. 2

【図 2 A】

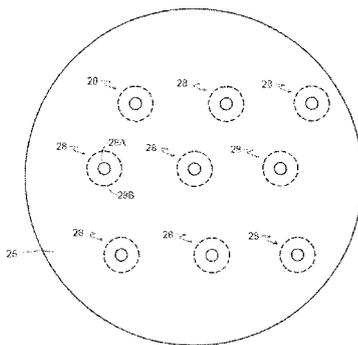


FIG. 2A

【図 2 D】

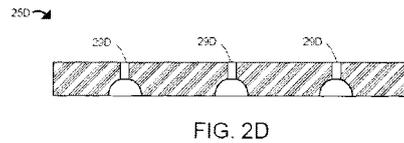


FIG. 2D

【図 2 B】

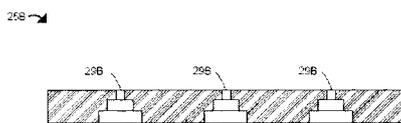


FIG. 2B

【図 3】

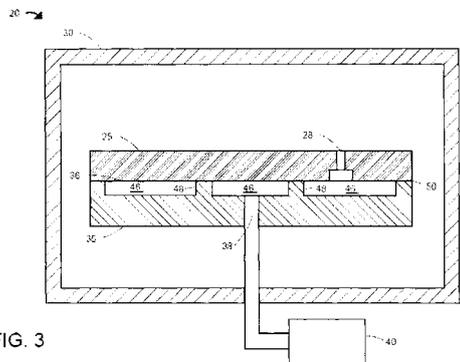


FIG. 3

【図 2 C】

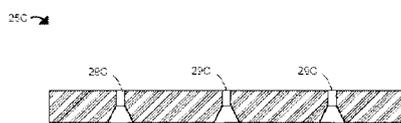


FIG. 2C

【図4】

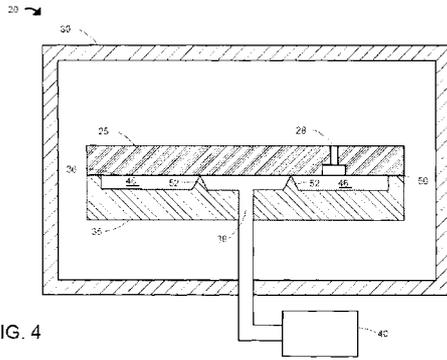


FIG. 4

【図5】

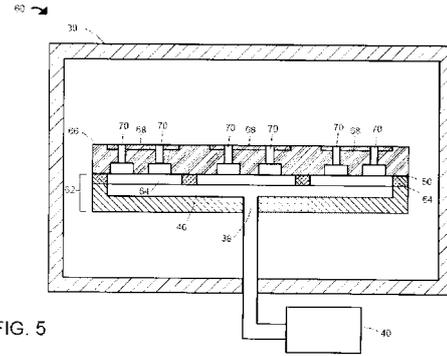


FIG. 5

【図4A】

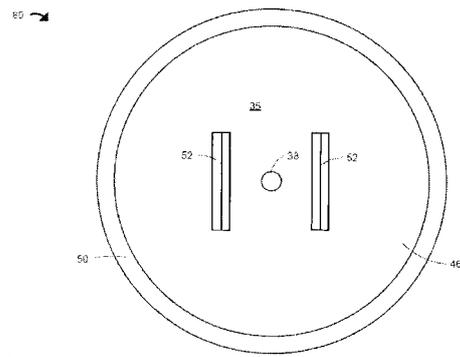


FIG. 4A

【図5A】

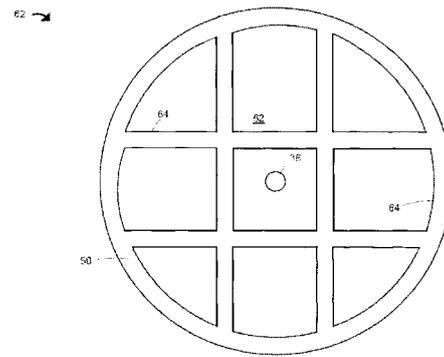


FIG. 5A

【図5B】

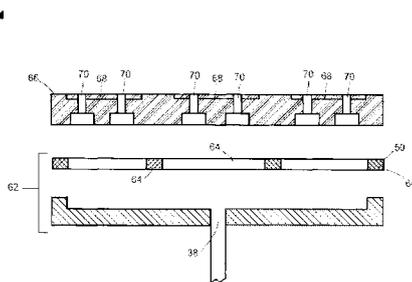


Fig. 5B

【図6】

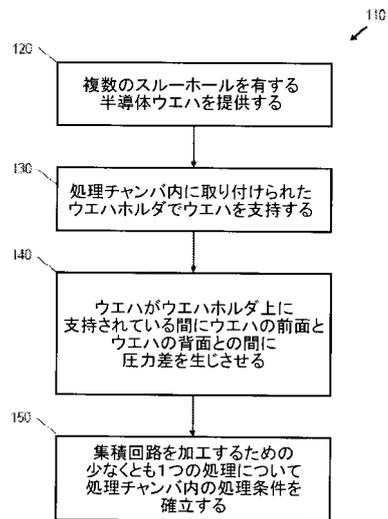


FIG. 6

フロントページの続き

(72)発明者 レデカー・フリッツ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 9 フレモント, スー・ドライブ, 1 8 0 1

(72)発明者 ドルディ・イエッディ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 3 0 3 パロ・アルト, ウォルター・ヘイズ・ドライブ,
1 0 4

審査官 大嶋 洋一

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 5 8 3 2 5 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 2 0 9 0 3 9 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 0 3 5 4 7 6 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 2 1 / 0 2

C 2 3 C 1 6 / 5 0