(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7426346号
(P7426346)

(45)発行日　令和6年2月1日(2024.2.1)

(24)登録日　令和6年1月24日(2024.1.24)

(51)国際特許分類

		FI		
H01L 21/3065(2006.01)		H01L	21/302	106
H01L 21/304(2006.01)		H01L	21/302	102
		H01L	21/304	645C

請求項の数　16　（全17頁）

(21)出願番号　特願2020-569191(P2020-569191)
(86)(22)出願日　令和1年6月7日(2019.6.7)
(65)公表番号　特表2021-527952(P2021-527952A)
(43)公表日　令和3年10月14日(2021.10.14)
(86)国際出願番号　PCT/US2019/036015
(87)国際公開番号　WO2019/241060
(87)国際公開日　令和1年12月19日(2019.12.19)
審査請求日　令和4年6月7日(2022.6.7)
(31)優先権主張番号　62/684,415
(32)優先日　平成30年6月13日(2018.6.13)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　592010081
ラム リサーチ コーポレーション
LAM RESEARCH CORPORATION
アメリカ合衆国，カリフォルニア 94538，フレモント，クッシング パークウェイ 4650
(74)代理人　110000028
弁理士法人明成国際特許事務所
(72)発明者　ジュ・ジ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州94546 カストロ・バレー，エルロッド・ドライブ，4949
(72)発明者　カワグチ・マーク
アメリカ合衆国 カリフォルニア州94
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　高アスペクト比構造の効率的な洗浄およびエッチング

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

基板を処理するための方法であって、

ａ）処理チャンバ内に前記基板を配置することと、

ｂ）気化溶媒およびハロゲン種を含む反応性ガスを前記処理チャンバに同時に供給し、前記基板の露出面に共形液体層を形成することと、

を含み、

前記共形液体層は、残留物を形成することなく気体副生成物を形成しながら、前記反応性ガスを吸着し、前記基板の前記露出面をエッチングする反応性液体層を形成する、

方法。

【請求項２】

請求項１に記載の方法であって、

前記反応性液体層は、前記基板の前記露出面と反応してガス生成物を生成する、方法。

【請求項３】

請求項１に記載の方法であって、

前記反応性ガスは、フッ化水素ガス、塩化水素ガス、および臭化水素ガスからなる群から選択される、方法。

【請求項４】

請求項１に記載の方法であって、

前記基板は、深さと幅の比が５：１以上である複数の高アスペクト比（ＨＡＲ）フィー

チャを含む、方法。
【請求項５】
請求項１に記載の方法であって、
前記気化溶媒および前記反応性ガスを前記処理チャンバに供給する前に、前記処理チャンバ内の圧力を１トル～１０トルの圧力範囲に設定することをさらに含む、方法。
【請求項６】
請求項１に記載の方法であって、
前記気化溶媒および前記反応性ガスを前記処理チャンバに供給する前に、前記処理チャンバ内の処理温度を０℃～４００℃の温度範囲に設定することをさらに含む、方法。
【請求項７】
請求項１に記載の方法であって、
前記反応性液体層は、１０オングストローム／分～１００オングストローム／分の範囲のエッチング速度で前記露出面をエッチングする、方法。
【請求項８】
請求項１に記載の方法であって、
ａ）およびｂ）を含むサイクルを複数回実施することをさらに含む、方法。
【請求項９】
請求項８に記載の方法であって、
前記反応性液体層は、前記複数回のサイクルの各サイクル中に０．２オングストローム～１オングストロームずつ前記露出面をエッチングする、方法。
【請求項１０】
請求項１に記載の方法であって、
ｂ）の前に、
酸化性ガスを所定の期間にわたって前記処理チャンバに供給することと、
前記酸化性ガスを排出することと
をさらに含む、方法。
【請求項１１】
請求項１０に記載の方法であって、
前記酸化性ガスは、分子状酸素、オゾン、過酸化水素、亜酸化窒素、および二酸化窒素からなる群から選択されるガスを含む、方法。
【請求項１２】
請求項１０に記載の方法であって、
前記酸化性ガスは、リモートプラズマにより供給される、方法。
【請求項１３】
請求項１０に記載の方法であって、
前記酸化性ガスは、１００℃～４００℃の範囲の処理温度で供給される、方法。
【請求項１４】
請求項１０に記載の方法であって、
ｂ）の後に、前記基板のウェット洗浄を実施することをさらに含む、方法。
【請求項１５】
請求項１に記載の方法であって、
ａ）～ｂ）は、誘導結合プラズマ（ＩＣＰ）チャンバ内で実施される、方法。
【請求項１６】
請求項１に記載の方法であって、
前記基板の温度を、前記処理チャンバの他の構成要素と比較して異なる温度で制御することをさらに含む、方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連出願の相互参照

本出願は、２０１８年６月１３日に出願された米国仮出願第６２／６８４，４１５号の利益を主張する。上記で参照された出願の全体の開示は、参照により本明細書に組み込まれる。

【０００２】

本開示は、基板を処理するための方法、より具体的には、高アスペクト比（ＨＡＲ）構造を含む基板を効率的に洗浄およびエッチングするための方法に関する。

【背景技術】

【０００３】

ここで提供される背景の説明は、本開示の内容を概ね提示することを目的とする。この背景技術のセクションで説明されている範囲内における、現時点で名前を挙げられている発明者らによる研究、ならびに出願の時点で先行技術として別途みなされ得ない説明の態様は、明示または暗示を問わず、本開示に対抗する先行技術として認められない。

【０００４】

一般的に、半導体ウエハなどの基板の製作には複数の処理ステップが必要であり、そのような処理ステップは、材料の堆積、平坦化、フィーチャのパターニング、フィーチャのエッチング、および／またはフィーチャの洗浄を含むことがある。これらの処理ステップは、典型的には、基板の処理中に１回以上繰り返される。半導体デバイスのフィーチャサイズの縮小が続いていることから、所望のデバイス性能目標を達成するため、ビアやトレンチなどの高アスペクト比（ＨＡＲ）構造の必要性が増している。ＨＡＲ構造は、幾何学的閉鎖空間における拡散の減少および表面電荷層のオーバーラップにより、ウェット洗浄およびウェットエッチングの効率に課題を呈する。

【発明の概要】

【０００５】

基板を処理するための方法は、ａ）処理チャンバ内に基板を配置することと、ｂ）気化溶媒およびガス混合物の少なくとも１つを処理チャンバに供給し、基板の露出面に溶媒の共形液体層を形成することと、ｃ）処理チャンバから気化溶媒およびガス混合物の少なくとも１つを除去することと、ｄ）ハロゲン種を含む反応性ガスを処理チャンバに供給することとを含む。共形液体層は、反応性ガスを吸着し、基板の露出面をエッチングする反応性液体層を形成する。

【０００６】

他の特徴において、反応性液体層は、基板の露出面と反応してガス生成物を生成する。基板の露出面は、残留物を形成することなくエッチングされる。気化溶媒およびガス混合物の少なくとも１つは、極性溶媒、水、過酸化物、イソプロピルアルコール、アセトン、四塩化炭素、ヘキサン、メタノール、およびエタノールからなる群から選択される。

【０００７】

他の特徴において、反応性ガスは、フッ化水素ガス、塩化水素ガス、および臭化水素ガスからなる群から選択される。基板は、深さと幅の比が５：１以上である複数の高アスペクト比（ＨＡＲ）フィーチャを含む。

【０００８】

他の特徴において、気化溶媒およびガス混合物の少なくとも１つを処理チャンバに供給する前に、処理チャンバ内の圧力を１トル～１０トルの圧力範囲に設定する。気化溶媒およびガス混合物の少なくとも１つを処理チャンバに供給する前に、処理チャンバ内の処理温度を０℃～４００℃の温度範囲に設定する。気化溶媒およびガス混合物の少なくとも１つを処理チャンバに供給する前に、処理チャンバ内の処理温度を１５０℃～４００℃の温度範囲に設定する。

【０００９】

他の特徴において、反応性液体層は、１０オングストローム／分～１００オングストローム／分の範囲のエッチング速度で露出面をエッチングする。他の特徴において、この方法は、ａ）～ｄ）を含むサイクルを複数回実施することを含む。

【００１０】

他の特徴において、反応性液体層は、複数回のサイクルの各サイクル中に０．２オングストローム～１オングストロームずつ露出面をエッチングする。他の特徴において、この方法は、ｂ）の前に、酸化性ガスを所定の期間にわたって処理チャンバに供給することと、酸化性ガスを排出することとを含む。

【００１１】

他の特徴において、酸化性ガスは、分子状酸素、オゾン、過酸化水素、亜酸化窒素、および二酸化窒素からなる群から選択されるガスを含む。酸化性ガスは、リモートプラズマにより供給される。酸化性ガスは、１００℃～４００℃の範囲の処理温度で供給される。

【００１２】

他の特徴において、この方法は、ｄ）の後に、基板のウェット洗浄を実施することを含む。反応性液体層は、基板の露出面と反応してガス生成物を生成する。基板の露出面は、残留物を形成することなくエッチングされる。他の特徴において、ａ）～ｄ）は、誘導結合プラズマ（ＩＣＰ）チャンバ内で実施される。

【００１３】

本開示を適用可能な他の分野は、詳細な説明、特許請求の範囲および図面から明らかになるであろう。詳細な説明および特定の例は、例示のみを目的としており、本開示の範囲を限定することを意図するものではない。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

本開示は、詳細な説明および添付の図面からより完全に理解されるであろう。

【００１５】

【図１】図１は、高アスペクト比（ＨＡＲ）構造を含む基板の例の側面断面図である。

【００１６】

【図２Ａ】図２Ａは、本開示による基板の洗浄またはエッチング中の基板の例の側面断面図である。

【図２Ｂ】図２Ｂは、本開示による基板の洗浄またはエッチング中の基板の例の側面断面図である。

【００１７】

【図３】図３は、本開示による基板の洗浄またはエッチング方法の例のフローチャートである。

【００１８】

【図４Ａ】図４Ａは、本開示による基板の洗浄またはエッチング中の基板の側面断面図である。

【図４Ｂ】図４Ｂは、本開示による基板の洗浄またはエッチング中の基板の側面断面図である。

【図４Ｃ】図４Ｃは、本開示による基板の洗浄またはエッチング中の基板の側面断面図である。

【００１９】

【図５】図５は、本開示による基板の洗浄またはエッチング方法の例のフローチャートである。

【００２０】

【図６Ａ】図６Ａは、本開示による処理チャンバの機能ブロック図である。

【図６Ｂ】図６Ｂは、本開示による処理チャンバの機能ブロック図である。

【００２１】

【図７】図７は、本開示による洗浄およびエッチングのための少なくとも１つの処理チャンバを含む基板処理ツールの機能ブロック図である。

【００２２】

これらの図面において、参照番号は、類似の要素および／または同一の要素を指すために再度利用されることがある。

【発明を実施するための形態】

【００２３】
高度なプロセスノードにおけるフィーチャサイズの縮小に伴い、高アスペクト比（ＨＡＲ）構造がより一般的になりつつある。本明細書で使用する場合、ＨＡＲ構造は、アスペクト比が５：１、１０：１、または２０：１を超えるフィーチャを指す。ＨＡＲ構造は、幾何学的閉鎖空間における拡散の減少および表面電荷層のオーバーラップにより、ウェット洗浄およびウェットエッチングの効率に課題を呈する。本開示による方法は、ガス相または蒸気相の前処理を用いて、ＨＡＲ構造を共形的にコーティングすることで後続の洗浄および除去の効率を改善する吸着液体層を生成することによって、この課題を克服する。
【００２４】
ガス相または蒸気相における材料の拡散は、液体相の場合と比較してはるかに速い（10^4倍程度速い）。本明細書に記載の方法は、ガス相または蒸気相から、吸着反応性種の液体層をＨＡＲ構造上に形成する。この吸着液体層のおかげで、化学反応によって、基板表面に存在する下層の残留物または膜を修飾し、残留物に対する洗浄効率または膜のエッチング効率を改善することができる。
【００２５】
いくつかの例では、プロセスは、真空チャンバ内において、真空で、蒸気曝露を制御し、所定の温度で実施される。いくつかの例では、圧力は、１Ｔ～１０Ｔの範囲にある。いくつかの例では、基板温度は、エッチングまたは洗浄中に０℃～４００℃の範囲に維持される。いくつかの例では、基板温度は、エッチングまたは洗浄中に１５０℃～４００℃の範囲に維持される。他の例では、プロセスは、処理チャンバ内において大気圧で実施される。真空チャンバを使用するかどうかは、洗浄ステップまたはエッチングステップ中に使用される様々なプロセス温度および／または圧力での溶媒の揮発性によって決定することができる。溶媒が大気圧において揮発性でない場合、真空チャンバを使用することができる。
【００２６】
本開示による方法は、反応物がガス相または蒸気相で導入される点で原子層エッチング（ＡＬＥ）に類似している。しかし、ＡＬＥでは、吸着層は大部分が単分子層であり、エッチングは単分子層反応で停止する。その結果、エッチング速度が遅く、例えば、１サイクルあたり材料の０．２オングストローム～１オングストローム程度である。加えて、ＡＬＥプロセスは、洗浄効率に対応していない。本開示による方法は、より高いエッチング速度を提供する。いくつかの例では、エッチング速度は、約１０Ａ／分～１００Ａ／分程度である。本開示による方法の別の利点は、ウェット洗浄化学反応と比較して本質的に選択性が高いことである。凝縮した液体層は、ウェット洗浄化学反応における液体のように効果的に作用する。
【００２７】
ここで図１を参照すると、基板１００は、第１の層１１０と、第１の層１１０上に堆積された第２の層１１４とを含む。基板１００は、第１の層１１０および第２の層１１４に画定される複数の高アスペクト比（ＨＡＲ）構造１０８を含む。例えば、粒子または残留物１２０が、前の処理ステップの後にＨＡＲ構造１０８の底部に存在する場合があり、除去が必要になる場合がある。ＨＡＲ構造の深さのため、洗浄中に粒子または残留物１２０を除去するのが困難な場合がある。
【００２８】
次に図２Ａおよび図２Ｂを参照すると、洗浄および／またはエッチングプロセス中、基板１００は、ガス混合物または気化溶媒Ａ（ｇ）に曝露される（Ａは、溶媒である）。例えば、基板１００を、処理チャンバ内の他の構成要素と比較して異なる温度に制御してもよい（例えば、基板１００をより低い温度に維持する）。溶媒は、基板１００上で液体として凝縮するガス混合物として処理チャンバ内に導入することができる。あるいは、ガス蒸気を処理チャンバに供給することができる。
【００２９】
図２Ａでは、ガスまたは蒸気は、第２の層１１４上で凝縮し、共形液体層２１０を形成

する（この共形液体層は、図示したように第２の層１１４の露出面に吸着される）。いくつかの例では、溶媒は、極性溶媒、水（H_2O）、過酸化物（H_2O_2）、イソプロピルアルコール（C_3H_8OまたはＩＰＡ）、アセトン（$(CH_3)_2CO$）、四塩化炭素（CCl_4）、ヘキサン（C_6H_{14}）、メタノール（CH_3OHまたはＭｅＯＨ）、エタノール（C_2H_6OまたはＥｔＯＨ）、および／または他の適切な溶媒からなる群から選択される。いくつかの例では、使用する溶媒は、洗浄またはエッチングされる第２の層１１４の膜材料に基づいて選択される。

【００３０】

続いて、図２Ｂに示すように、基板１００は、反応性ガスＢ（ｇ）に曝露される（Ｂは、フッ素（Ｆ）、塩素（Ｃｌ）、または臭素（Ｂｒ）などのハロゲン種を含む）。いくつかの例では、反応性ガスは、フッ化水素ガス（ＨＦ）、塩化水素ガス（ＨＣｌ）、または臭化水素（ＨＢｒ）ガスを含む。反応性種は、液体層２１０によって吸着され、反応性種を含む反応性液体層２２０を形成する。反応性液体層２２０は、エッチング期間または洗浄期間中に第２の層１１４を洗浄またはエッチングする。形成された生成物による反応は、ガス相中の反応であり、ガスＣ（ｇ）によって示すように、残留物を形成することなくＨＡＲ構造を離れる。

【００３１】

洗浄中などのいくつかの例では、反応性液体層２２０内の反応性種への曝露後に、ウェット洗浄ステップを実施してもよい。いくつかの例では、ウェット洗浄ステップは、穏やかな化学反応を使用する。いくつかの例では、ウェット洗浄ステップは、脱イオン水（ＤＩＷ）またはオゾン化脱イオン水（DIO_3）で基板をすすぐことを含む。

【００３２】

次に図３に、基板の洗浄またはエッチング方法３００を示す。３１０において、基板を処理チャンバ内に配置する。３１４において、基板温度および／またはチャンバ圧力を制御する。３１８において、ガス混合物および／または気化溶媒を、第１の所定の期間にわたって処理チャンバに供給する。ガス混合物および／または気化溶媒は、液体層として第２の層１１４の露出面に吸着される。３２２において、反応性ガスを、第２の所定の期間にわたって処理チャンバに供給する。いくつかの例では、反応性ガスはハロゲン種を含む。そして、洗浄および／またはエッチングに十分な第３の所定の期間にわたって、反応性種を含む液体層に基板を曝露する。洗浄またはエッチングステップの後、３２６において、ウェット洗浄ステップを任意で実施してもよい。このプロセスは、１回以上繰り返すことができる。

【００３３】

次に図４Ａ～図４Ｃを参照すると、図１の基板１００は、別のプロセスを使用して洗浄またはエッチングすることができる。図４Ａにおいて、基板１００は酸化性ガス混合物に曝露され、これにより４１０に示すように第２の層１１４の露出面が酸化される。図４Ｂにおいて、基板１００は、反応性ガスＢ（ｇ）に曝露される前に、任意でガス混合物または気化溶媒Ａ（ｇ）に曝露される。ガス混合物または気化溶媒は、第２の層１１４上で凝縮し、共形液体層４２０を形成する。いくつかの例では、溶媒は、極性溶媒、水（H_2O）、過酸化物（H_2O_2）、イソプロピルアルコール（C_3H_8OまたはＩＰＡ）、アセトン（$(CH_3)_2CO$）、四塩化炭素（CCl_4）、ヘキサン（C_6H_{14}）、メタノール（CH_3OHまたはＭｅＯＨ）、および／またはエタノール（C_2H_6OまたはＥｔＯＨ）からなる群から選択される。

【００３４】

続いて、図４Ｃに示すように、基板１００は、反応性ガスＢ（ｇ）に曝露される（Ｂは、フッ素（Ｆ）、塩素（Ｃｌ）、または臭素（Ｂｒ）などのハロゲン種を含む）。反応性種は、液体層４２０によって吸着され、反応性種を含む液体層４３０を形成する。液体層４３０は、洗浄期間またはエッチング期間中に第２の層１１４をそれぞれ洗浄またはエッチングする。形成された生成物による反応は、ガス相中の反応であり、ガスＣ（ｇ）によって示すように、残留物を形成することなくＨＡＲ構造を離れる。

【００３５】
洗浄中などのいくつかの例では、（硫酸過酸化物混合物（ＳＰＭ）などの他の洗浄ステップと比較して）穏やかな化学反応を使用して、（液体層４３０内の）反応性種への曝露後に、単純ウェット洗浄ステップを実施してもよい。いくつかの例では、単純ウェット洗浄は、脱イオン水（ＤＩＷ）またはオゾン化脱イオン水（DIO_3）で基板をすすぐことを含んでよい。
【００３６】
次に図５に、基板の洗浄またはエッチング方法５００を示す。５１０において、基板を処理チャンバ内に配置する。５１４において、基板温度および／またはチャンバ圧力を制御する。５１８において、酸化性ガスを、第１の所定の期間中に処理チャンバに供給する。いくつかの例では、酸化性ガスは、分子状酸素（O_2）、オゾン（O_3）、過酸化物（H_2O_2）、亜酸化窒素（N_2O）、二酸化窒素（NO_2）を含むが、他の酸化性ガスを使用してもよい。酸化性ガスは、リモートプラズマ源（ＲＰＳ）を使用してリモートプラズマにより供給することができ、または高温の処理チャンバ温度での熱反応を使用して供給することができる。いくつかの例において、高温の処理チャンバ温度とは、１００℃～４００℃の範囲である。いくつかの例において、O_2、O_3、およびH_2O_2の場合の高温とは、５０℃～２５０℃の範囲である。いくつかの例において、N_2OおよびNO_2の場合の高温とは、２００℃～４００℃の範囲である。
【００３７】
任意のステップ５２２において、ガスおよび／または気化溶媒を、第２の所定の期間にわたって処理チャンバに供給する。ガスおよび／または気化溶媒は、液体層として第２の層１１４の露出面に吸着される。５２６において、反応性ガスを、第３の所定の期間にわたって処理チャンバに供給する。反応性ガスはハロゲン種を含む。そして、洗浄および／またはエッチングに十分な第４の所定の期間にわたって、反応性種を含む液体層に基板を曝露する。５３０において、任意でウェット洗浄ステップを実施してもよい。このプロセスは、必要に応じて１回以上繰り返すことができる。
【００３８】
一例では、図５の方法は、ＴｉＮ／ＴｉＳｉＮ膜の選択的エッチングに使用される。この例では、熱酸化（O_3またはO_2／N_2）またはリモート誘導結合プラズマ（ＩＣＰ）（O_2またはO_2／N_2）を使用して、酸化ガスを供給する。酸化ステップにより、TiO_2層が形成される。溶媒は、ＩＰＡ、ＭｅＯＨ、またはＥｔＯＨなどのアルコールを含む。反応性ガスは、ＨＣｌ、ＨＦ、またはＨＢｒを含む。TiO_2は、揮発性である$TiCl_x$、TiF_y、または$TiBr_z$（ｘ、ｙ、およびｚは、整数である）に変換される。
【００３９】
図５に記載の方法には、洗浄効率がより高いという利点がある。ガスの拡散は、液体の拡散よりも約10^4倍程度高く、デバイ長の制約はない。プロセスは酸化の厚さによって限定され、これにより均一性を制御する。このプロセスを１回以上繰り返すことによって、さらに厚さを除去することができる。
【００４０】
次に図６Ａに、真空でエッチングまたは洗浄を実施するための基板処理チャンバ６００の例を示す。ここでは特定の基板処理チャンバを図示して説明するが、他のタイプの基板処理システムを使用して方法を実施してもよい。例えば、大気圧で動作する基板処理システムを使用することができる。基板処理チャンバ６００は、下部チャンバ領域６０２と上部チャンバ領域６０４を含む。下部チャンバ領域６０２は、チャンバ側壁面６０８、チャンバ底面６１０、およびガス分配装置６１４の下面によって画定される。
【００４１】
上部チャンバ領域６０４は、ガス分配装置６１４の上面およびドーム６１８の内面によって画定される。いくつかの例では、ドーム６１８は、第１の環状支持体６２１上に配置される。いくつかの例では、第１の環状支持体６２１は、プロセスガスを上部チャンバ領域６０４に供給するための１つの穴または間隔を空けた複数の穴６２３を含む。いくつか

の例では、プロセスガスは、１つの穴または間隔を空けた複数の穴６２３によって、ガス分配装置６１４を含む平面に対して鋭角で上方向に供給されるが、他の角度／方向を使用してもよい。いくつかの例では、第１の環状支持体６２１内のガス流路６３４が、１つの穴または間隔を空けた複数の穴６２３にガスを供給する。

【００４２】

第１の環状支持体６２１は、プロセスガスをガス流路６２９から下部チャンバ領域６０２に供給するための１つの穴または間隔を空けた複数の穴６２７を画定する第２の環状支持体６２５上に配置することができる。いくつかの例では、ガス分配装置６１４内の穴６３１は、穴６２７と整列している。他の例では、ガス分配装置６１４の直径がより小さく、穴６３１は必要ない。いくつかの例では、プロセスガスは、１つの穴または間隔を空けた複数の穴６２７によって、ガス分配装置６１４を含む平面に対して鋭角で基板に向けて下方向に供給されるが、他の角度／方向を使用してもよい。

【００４３】

他の例では、上部チャンバ領域６０４は、平坦な上面を有する円筒形であり、１つまたは複数のフラット誘導コイルを使用することができる。さらに他の例では、シャワーヘッドと基板支持体の間にスペーサを配置した単一チャンバを使用してもよい。

【００４４】

基板支持体６２２は、下部チャンバ領域６０２内に配置される。いくつかの例では、基板支持体６２２は静電チャック（ＥＳＣ）を含むが、他のタイプの基板支持体を使用してもよい。エッチングの際、基板支持体６２２の上面に基板６２６を配置する。いくつかの例では、基板６２６の温度は、加熱プレート６１７、流体流路を有する任意の冷却プレート、および１つまたは複数のセンサ（図示せず）によって制御することができるが、任意の他の適切な基板支持体温度制御システムを使用してもよい。

【００４５】

いくつかの例では、ガス分配装置６１４は、シャワーヘッド（例えば、間隔を空けた複数の穴６３５を有するプレート６３３）を含む。間隔を空けた複数の穴６３５は、プレート６３３の上面からプレート６３３の下面に延びる。いくつかの例では、間隔を空けた穴６３５の直径は、０．１”（インチ）～０．７５”の範囲である。いくつかの例では、シャワーヘッドは、アルミニウムなどの導電性材料、またはセラミックなどの非導電性材料で作製され、導電性材料製の埋め込み電極を備える。

【００４６】

ドーム６１８の外側部分の周囲には、１つまたは複数の誘導コイル６４０が配置される。通電時、１つまたは複数の誘導コイル６４０は、ドーム６１８の内部に電磁場を発生させる。いくつかの例では、上部コイルと下部コイルを使用する。ガスインジェクタ６４２は、ガス供給システム６５０－１から１つまたは複数のガス混合物を注入する。

【００４７】

いくつかの例では、ガス供給システム６５０－１は、１つまたは複数のガス源６５２と、１つまたは複数の弁６５４と、１つまたは複数のマスフローコントローラ（ＭＦＣ）６５６と、混合マニホールド６５８とを含むが、他のタイプのガス供給システムを使用してもよい。蒸気供給システム６５９は、キャリアガスおよび別のガスを含む蒸気を処理チャンバに供給する。

【００４８】

ガススプリッタ（図示せず）を使用して、ガス混合物の流量を変化させてもよい。また、別のガス供給システム６５０－２を使用して、（ガスインジェクタ６４２からのエッチングガスに加えて、またはその代わりに）エッチングガスまたはエッチングガス混合物をガス流路６２９および／または６３４に供給してもよい。

【００４９】

適切なガス供給システムは、本発明の譲受人に譲渡された２０１５年１２月４日出願の米国特許出願第１４／９４５，６８０号、発明の名称「Ｇａｓ　Ｄｅｌｉｖｅｒｙ　Ｓｙｓｔｅｍ」に図示および説明されており、上記出願の全体が参照により本明細書に組み込ま

れる。適切なシングルまたはデュアルガスインジェクタおよび他のガス注入位置は、本発明の譲受人に譲渡された２０１６年１月７日出願の米国仮特許出願第６２／２７５，８３７号、発明の名称「Ｓｕｂｓｔｒａｔｅ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ　ｗｉｔｈ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ｉｎｊｅｃｔｉｏｎ　Ｐｏｉｎｔｓ　ａｎｄ　Ｄｕａｌ　Ｉｎｊｅｃｔｏｒ」に図示および説明されており、上記出願の全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【００５０】

いくつかの例では、ガスインジェクタ６４２は、ガスを下方向に向ける中央注入位置と、下方向に対して斜めにガスを注入する１つまたは複数の側方注入位置とを含む。いくつかの例では、ガス供給システム６５０－１は、ガス混合物のうち第１の割合を第１の流量で中央注入位置に供給し、ガス混合物のうち第２の割合を第２の流量でガスインジェクタ６４２の側方注入位置に供給する。他の例では、異なるガス混合物をガスインジェクタ６４２によって供給する。いくつかの例では、ガス供給システム６５０－１は、以下に説明するように、調節ガスを、ガス流路６２９および６３４に、ならびに／または処理チャンバ内の他の場所に供給する。

【００５１】

１つまたは複数の誘導コイル６４０に出力されるＲＦ電力の生成には、プラズマ発生器６７０を使用することができる。プラズマ６９０は、上部チャンバ領域６０４内で生成される。いくつかの例では、プラズマ発生器６７０は、ＲＦ源６７２と整合ネットワーク６７４を含む。整合ネットワーク６７４は、ＲＦ源６７２のインピーダンスを１つまたは複数の誘導コイル６４０のインピーダンスに整合させる。いくつかの例では、ガス分配装置６１４は、接地などの基準電位に接続される。弁６７８およびポンプ６８０を使用して、下部チャンバ領域６０２および上部チャンバ領域６０４の内部の圧力を制御し、反応物を排出することができる。

【００５２】

コントローラ６７６は、ガス供給システム６５０－１および６５０－２、弁６７８、ポンプ６８０、および／またはプラズマ発生器６７０と通信し、プロセスガス流、パージガス流、ＲＦプラズマ流、およびチャンバ圧力を制御する。いくつかの例では、プラズマは、１つまたは複数の誘導コイル６４０によってドーム６１８の内部に維持される。ガスインジェクタ６４２（および／または穴６２３）を使用して、１つまたは複数のガス混合物をチャンバの最上部から導入し、ガス分配装置６１４を使用してプラズマをドーム６１８内に閉じ込める。

【００５３】

いくつかの例では、ＲＦ源６８６と任意の整合ネットワーク６８８を含むＲＦバイアス６８４が供給される。ＲＦバイアス電力を使用して、ガス分配装置６１４と基板支持体との間にプラズマを生成するか、または基板６２６上に自己バイアスを生成し、イオンを引き付けることができる。コントローラ６７６は、ＲＦバイアス電力の制御に使用することができる。

【００５４】

次に図６Ｂを参照すると、蒸気供給システム６５９は、バブラまたはアンプルを含むことができる。蒸気供給システム６５９は、弁Ｖ１によってマスフローコントローラ６９４に接続されたキャリアガス源６９２を含む。蒸気供給システム６５９は、キャリアガスの流れまたはキャリアガスと溶媒の混合物の流れを遮断または制御するように構成された弁Ｖ２、Ｖ３、Ｖ４、Ｖ５、およびＶ６をさらに含む。温度センサ６９７およびヒータ６９８は、アンプル６９６内の溶媒の温度を制御するために使用される。キャリアガスは、弁Ｖ１、Ｖ２、Ｖ４、Ｖ５、およびＶ６を開くことによって供給できる。キャリアガスおよび溶媒は、弁Ｖ１、Ｖ２、Ｖ３、Ｖ５、およびＶ６を開き、弁Ｖ４を閉じることによって供給できる。

【００５５】

次に図７に、本開示による基板処理ツール７１０を示す。基板処理ツール７１０は、中

央位置に配置されたロボット７１２を含む。ロボット７１２は、真空または大気圧で動作することができる。基板処理ツール７１０は、ロボット７１２の周りに配置された複数のステーション７１６－１、７１６－２、…、および７１６－Ｓ（集合的にステーション７１６）（Ｓは、１よりも大きい整数である）を含む。ステーション７１６は、等しいまたは不規則な角度オフセットで、基板処理ツール７１０の中央の周りに配置することができる。ステーション７１６の例としては、堆積、エッチング、前洗浄、後洗浄、スピン洗浄などを挙げることができる。初めに、基板はカセット７３４内に置くことができる。全体を７３８で示すロボットおよびロードロックを使用して、基板をカセット７３４から基板処理ツール７１０に移動させることができる。処理が完了すると、ロボットおよびロードロック７３８は、基板をカセット７３４および／または別のカセット７３９に戻すことができる。

【００５６】

いくつかの例では、複数のステーション７１６の１つは、堆積またはエッチングを実施する。複数のステーション７１６の別の１つは、上述の洗浄またはエッチングを実施する。複数のステーションの別の１つ（スピン洗浄チャンバなど）は、上述の単純ウェット洗浄ステップを実施する。いくつかの例では、基板は、ロボット７１２によって堆積またはエッチングステーションから洗浄またはエッチングステーションに移動され、その後、単純ウェット洗浄ステーションに移動される。

【００５７】

前述の説明は、本質的に単に例示的であり、本開示、その適用、または使用を限定する意図は全くない。本開示の広範な教示は、様々な形態で実施することができる。したがって、本開示は具体的な例を含むが、図面、明細書、および以下の特許請求の範囲を検討すると他の変更態様が明白となるので、本開示の真の範囲はそのような例に限定されるべきでない。方法における１つまたは複数の工程は、本開示の原理を変更することなく、異なる順序で（または同時に）実行してもよいことを理解されたい。さらに、各実施形態は特定の特徴を有するものとして上記に説明されているが、本開示のいずれかの実施形態に関して説明したこれらの特徴のいずれか１つまたは複数を、他の実施形態において実施すること、および／または、他の実施形態のいずれかの特徴と組み合わせることが（たとえそのような組み合わせが明示的に説明されていないとしても）可能である。言い換えれば、説明された実施形態は相互に排他的ではなく、１つまたは複数の実施形態を互いに入れ替えることは本開示の範囲に含まれる。

【００５８】

要素同士（例えば、モジュール同士、回路要素同士、半導体層同士など）の空間的および機能的関係は、「接続された」、「係合された」、「結合された」、「隣接した」、「隣に」、「上に」、「上方に」、「下方に」、および「配置された」などの様々な用語を使用して説明される。また、上記開示において第１の要素と第２の要素との間の関係が説明されるとき、「直接」であると明示的に説明されない限り、その関係は、第１の要素と第２の要素との間に他の介在要素が存在しない直接的な関係の可能性があるが、第１の要素と第２の要素との間に１つまたは複数の介在要素が（空間的または機能的に）存在する間接的な関係の可能性もある。本明細書で使用する場合、Ａ、Ｂ、およびＣの少なくとも１つという表現は、非排他的論理ＯＲを使用した論理（ＡまたはＢまたはＣ）の意味で解釈されるべきであり、「Ａの少なくとも１つ、Ｂの少なくとも１つ、およびＣの少なくとも１つ」の意味で解釈されるべきではない。

【００５９】

いくつかの実施態様では、コントローラはシステムの一部であり、そのようなシステムは上述した例の一部であってもよい。そのようなシステムは、１つまたは複数の処理ツール、１つまたは複数のチャンバ、１つまたは複数の処理用プラットフォーム、および／または特定の処理構成要素（ウエハ台座、ガス流システムなど）を含む半導体処理装置を備えることができる。これらのシステムは、半導体ウエハまたは基板の処理前、処理中、および処理後のシステム動作を制御するための電子機器と一体化されてもよい。そのような

電子機器は「コントローラ」と呼ばれることがあり、１つまたは複数のシステムの様々な構成要素または副部品を制御してもよい。コントローラは、処理要件および／またはシステムのタイプに応じて、本明細書に開示されるプロセスのいずれかを制御するようにプログラムされてもよい。そのようなプロセスとしては、処理ガスの供給、温度設定（例えば、加熱および／または冷却）、圧力設定、真空設定、電力設定、無線周波数（ＲＦ）発生器設定、ＲＦ整合回路設定、周波数設定、流量設定、流体供給設定、位置および動作設定、ツールに対するウエハの搬入と搬出、ならびに、特定のシステムに接続または連動する他の搬送ツールおよび／またはロードロックに対するウエハの搬入と搬出が含まれる。

【００６０】

広義には、コントローラは、命令を受信し、命令を発行し、動作を制御し、洗浄動作を可能にし、エンドポイント測定を可能にするなどの様々な集積回路、ロジック、メモリ、および／またはソフトウェアを有する電子機器として定義されてもよい。集積回路は、プログラム命令を記憶するファームウェアの形式のチップ、デジタル信号プロセッサ（ＤＳＰ）、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）として定義されたチップ、および／または、１つまたは複数のマイクロプロセッサ、すなわちプログラム命令（例えば、ソフトウェア）を実行するマイクロコントローラを含んでもよい。プログラム命令は、様々な個々の設定（またはプログラムファイル）の形式でコントローラに通信される命令であって、特定のプロセスを半導体ウエハ上で、または半導体ウエハ用に、またはシステムに対して実行するための動作パラメータを定義してもよい。動作パラメータは、いくつかの実施形態では、１つまたは複数の層、材料、金属、酸化物、ケイ素、二酸化ケイ素、表面、回路、および／またはウエハダイの製作における１つまたは複数の処理ステップを実現するためプロセスエンジニアによって定義されるレシピの一部であってもよい。

【００６１】

コントローラは、いくつかの実施態様では、システムと統合されるか、システムに結合されるか、他の方法でシステムにネットワーク接続されるコンピュータの一部であってもよく、またはそのようなコンピュータに結合されてもよく、またはそれらの組み合わせであってもよい。例えば、コントローラは、「クラウド」内にあってもよいし、ファブホストコンピュータシステムのすべてもしくは一部であってもよい。これにより、ウエハ処理のリモートアクセスが可能となる。コンピュータは、システムへのリモートアクセスを可能にして、製作動作の現在の進捗状況を監視し、過去の製作動作の履歴を検討し、複数の製作動作から傾向または性能基準を検討し、現在の処理のパラメータを変更し、現在の処理に続く処理ステップを設定するか、または新しいプロセスを開始してもよい。いくつかの例では、リモートコンピュータ（例えば、サーバ）は、ネットワークを通じてプロセスレシピをシステムに提供することができる。そのようなネットワークは、ローカルネットワークまたはインターネットを含んでいてもよい。リモートコンピュータは、パラメータおよび／または設定のエントリまたはプログラミングを可能にするユーザインターフェースを含んでもよく、そのようなパラメータおよび／または設定は、その後リモートコンピュータからシステムに通信される。いくつかの例では、コントローラは命令をデータの形式で受信する。そのようなデータは、１つまたは複数の動作中に実施される各処理ステップのためのパラメータを特定するものである。パラメータは、実施されるプロセスのタイプ、およびコントローラが連動または制御するように構成されるツールのタイプに特有のものであってもよいことを理解されたい。したがって、上述したように、コントローラは、例えば、互いにネットワーク接続され共通の目的（本明細書に記載のプロセスおよび制御など）に向けて協働する１つまたは複数の個別のコントローラを備えることによって分散されてもよい。このような目的のための分散型コントローラの例として、チャンバ上の１つまたは複数の集積回路であって、（例えば、プラットフォームレベルで、またはリモートコンピュータの一部として）遠隔配置されておりチャンバにおけるプロセスを制御するよう組み合わせられる１つまたは複数の集積回路と通信するものが挙げられるであろう。

【００６２】

例示的なシステムは、プラズマエッチングチャンバまたはモジュール、堆積チャンバま

たはモジュール、スピンリンスチャンバまたはモジュール、金属めっきチャンバまたはモジュール、洗浄チャンバまたはモジュール、ベベルエッジエッチングチャンバまたはモジュール、物理気相堆積（ＰＶＤ）チャンバまたはモジュール、化学気相堆積（ＣＶＤ）チャンバまたはモジュール、原子層堆積（ＡＬＤ）チャンバまたはモジュール、原子層エッチング（ＡＬＥ）チャンバまたはモジュール、イオン注入チャンバまたはモジュール、追跡チャンバまたはモジュール、ならびに半導体ウエハの製作および／または製造に関連するか使用されてもよい任意の他の半導体処理システムを含むことができるが、これらに限定されない。

【００６３】

上述のように、ツールによって実施される１つまたは複数のプロセスステップに応じて、コントローラは、１つまたは複数の他のツール回路もしくはモジュール、他のツール構成要素、クラスタツール、他のツールインターフェース、隣接するツール、近接するツール、工場全体に位置するツール、メインコンピュータ、別のコントローラ、または半導体製造工場内のツール場所および／もしくはロードポートに対してウエハの容器を搬入および搬出する材料搬送に使用されるツールと通信してもよい。本開示は、以下の形態によって実現されてもよい。

［形態１］

基板を処理するための方法であって、

ａ）処理チャンバ内に基板を配置することと、

ｂ）気化溶媒およびガス混合物の少なくとも１つを前記処理チャンバに供給し、前記基板の露出面に共形液体層を形成することと、

ｃ）前記処理チャンバから前記気化溶媒および前記ガス混合物の前記少なくとも１つを除去することと、

ｄ）ハロゲン種を含む反応性ガスを前記処理チャンバに供給することと

を含み、

前記共形液体層は、前記反応性ガスを吸着し、前記基板の前記露出面をエッチングする反応性液体層を形成する、

方法。

［形態２］

形態１に記載の方法であって、

前記反応性液体層は、前記基板の前記露出面と反応してガス生成物を生成する、方法。

［形態３］

形態１に記載の方法であって、

前記基板の前記露出面は、残留物を形成することなくエッチングされる、方法。

［形態４］

形態１に記載の方法であって、

気化溶媒およびガス混合物の前記少なくとも１つは、極性溶媒、水、過酸化物、イソプロピルアルコール、アセトン、四塩化炭素、ヘキサン、メタノール、およびエタノールからなる群から選択される、方法。

［形態５］

形態４に記載の方法であって、

前記反応性ガスは、フッ化水素ガス、塩化水素ガス、および臭化水素ガスからなる群から選択される、方法。

［形態６］

形態１に記載の方法であって、

前記基板は、深さと幅の比が５：１以上である複数の高アスペクト比（ＨＡＲ）フィーチャを含む、方法。

［形態７］

形態１に記載の方法であって、

前記気化溶媒および前記ガス混合物の前記少なくとも１つを前記処理チャンバに供給す

る前に、前記処理チャンバ内の圧力を１トル～１０トルの圧力範囲に設定することをさらに含む、方法。

［形態８］

形態１に記載の方法であって、

前記気化溶媒および前記ガス混合物の前記少なくとも１つを前記処理チャンバに供給する前に、前記処理チャンバ内の処理温度を０℃～４００℃の温度範囲に設定することをさらに含む、方法。

［形態９］

形態１に記載の方法であって、

前記反応性液体層は、１０オングストローム／分～１００オングストローム／分の範囲のエッチング速度で前記露出面をエッチングする、方法。

［形態１０］

形態１に記載の方法であって、

ａ）～ｄ）を含むサイクルを複数回実施することをさらに含む、方法。

［形態１１］

形態１０に記載の方法であって、

前記反応性液体層は、前記複数回のサイクルの各サイクル中に０．２オングストローム～１オングストロームずつ前記露出面をエッチングする、方法。

［形態１２］

形態１に記載の方法であって、

ｂ）の前に、

酸化性ガスを所定の期間にわたって前記処理チャンバに供給することと、

前記酸化性ガスを排出することと

をさらに含む、方法。

［形態１３］

形態１２に記載の方法であって、

前記酸化性ガスは、分子状酸素、オゾン、過酸化水素、亜酸化窒素、および二酸化窒素からなる群から選択されるガスを含む、方法。

［形態１４］

形態１２に記載の方法であって、

前記酸化性ガスは、リモートプラズマにより供給される、方法。

［形態１５］

形態１２に記載の方法であって、

前記酸化性ガスは、１００℃～４００℃の範囲の処理温度で供給される、方法。

［形態１６］

形態１２に記載の方法であって、

ｄ）の後に、前記基板のウェット洗浄を実施することをさらに含む、方法。

［形態１７］

形態１２に記載の方法であって、

前記反応性液体層は、前記基板の前記露出面と反応してガス生成物を生成する、方法。

［形態１８］

形態１に記載の方法であって、

前記基板の前記露出面は、残留物を形成することなくエッチングされる、方法。

［形態１９］

形態１に記載の方法であって、

ａ）～ｄ）は、誘導結合プラズマ（ＩＣＰ）チャンバ内で実施される、方法。

【図面】

【図１】

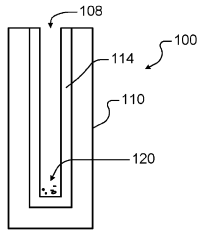

FIG. 1

【図２Ａ】

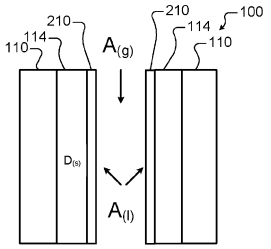

FIG. 2A

【図２Ｂ】

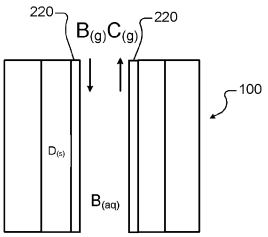

FIG. 2B

【図３】

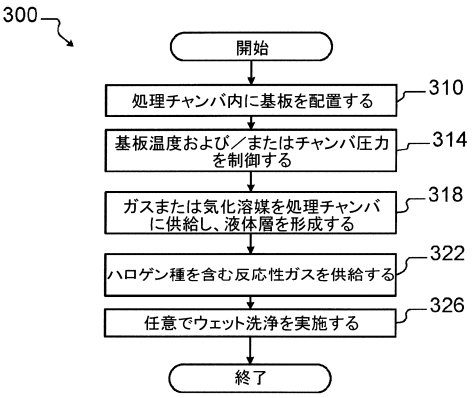

FIG. 3

【図４Ａ】

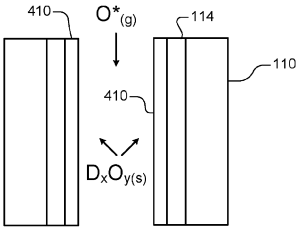

FIG. 4A

【図４Ｂ】

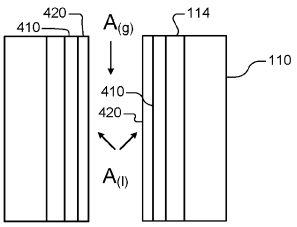

FIG. 4B

【図４Ｃ】

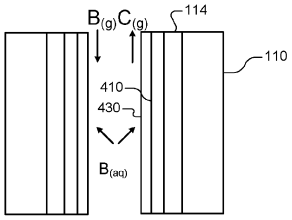

FIG. 4C

【図５】

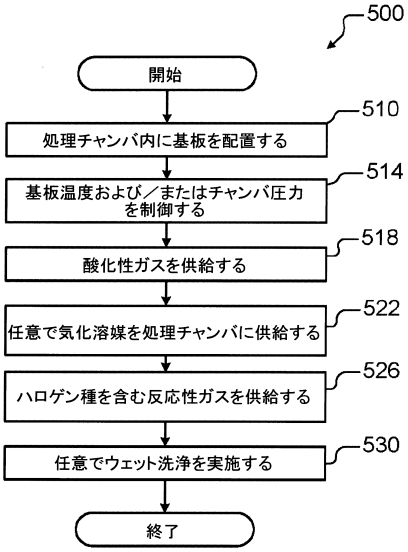

FIG. 5

【図６Ａ】

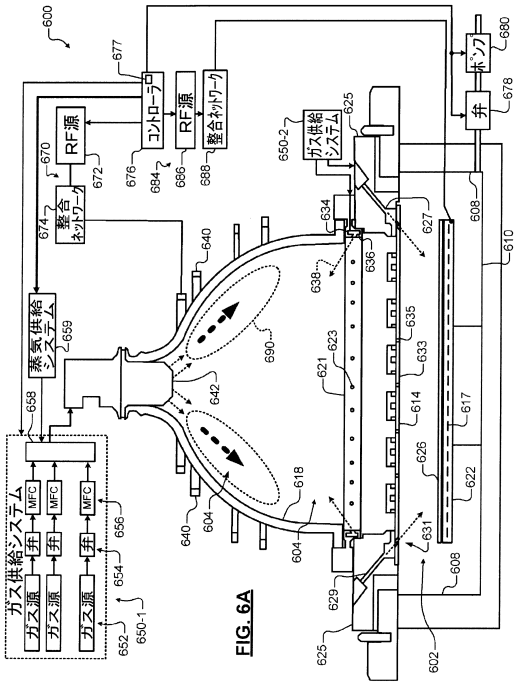

FIG. 6A

【図６Ｂ】

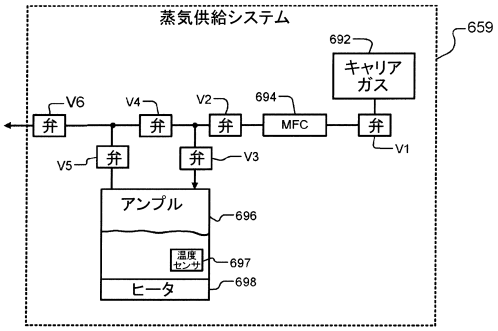

FIG. 6B

【図７】

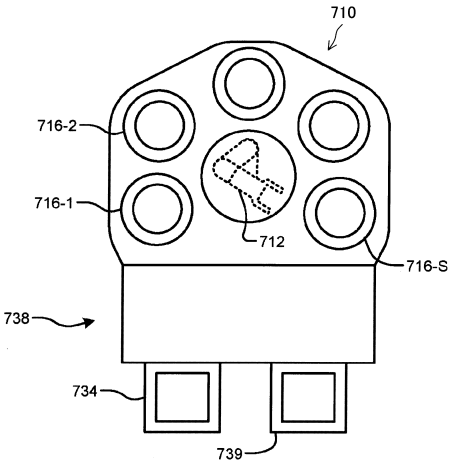

FIG. 7

フロントページの続き

０７０ サン・カルロス，マデラ・アベニュー，７７
(72)発明者 ミュッセルホワイト・ネイサン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４６０５ オークランド，キャニオン・オークス・ドライブ，５５０

審査官 小▲高▼ 孔頌

(56)参考文献
特開昭６１－１４８８２０（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－０６０１４５（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２８９１０１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－２３８７１１（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０８０５３８（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－０９７５２６（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０５０７８８３２（ＵＳ，Ａ）
国際公開第２００４／００１８０８（WO，Ａ２）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ ２１／３０６５
Ｈ０１Ｌ ２１／３０４