

(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2020-502803

(P2020-502803A)

(43) 公表日 令和2年1月23日(2020.1.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H01L 21/31 (2006.01)</b>	H01L 21/31 C	4K030
<b>H01L 21/316 (2006.01)</b>	H01L 21/316 X	5F004
<b>H01L 21/318 (2006.01)</b>	H01L 21/318 B	5F045
<b>H01L 21/3065 (2006.01)</b>	H01L 21/318 C	5F058
<b>C23C 16/44 (2006.01)</b>	H01L 21/302 101H	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2019-532725 (P2019-532725)  
 (86) (22) 出願日 平成29年12月18日 (2017.12.18)  
 (85) 翻訳文提出日 令和1年8月5日 (2019.8.5)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2017/067040  
 (87) 国際公開番号 W02018/112463  
 (87) 国際公開日 平成30年6月21日 (2018.6.21)  
 (31) 優先権主張番号 62/435,525  
 (32) 優先日 平成28年12月16日 (2016.12.16)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 米国 (US)

(71) 出願人 390040660  
 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド  
 APPLIED MATERIALS, INCORPORATED  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054,  
 サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050  
 (74) 代理人 110002077  
 園田・小林特許業務法人  
 (72) 発明者 ツィアン, マイケル ウェンヤン  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 94539,  
 フリーモント, サン セバスティアン プレイス 40314

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 チャンバドリフティングなしで高温処理を可能にする方法

## (57) 【要約】

本開示の実装は、処理チャンバ内で基板を処理するための方法を提供する。一実装では、方法は、(a) 第1の高周波数RF電力を使用して、第1のチャンバ圧力で第1の基板の上に誘電体層を堆積することと、(b) 第2のチャンバ圧力で、第1の基板の後にN個の基板の上に誘電体層を順次堆積することであって、ここでNは5~10の整数で、N個の基板の各基板に堆積することは、第1の高周波数RF電力の電力密度よりも、約0.21W/cm<sup>2</sup>から約0.35W/cm<sup>2</sup>だけ低い電力密度を有する第2の高周波数RF電力を用いることを含む、堆積することと、(c) 基板がない状態でチャンバ洗浄処理を実施することと、(d) (a) から(c) までを反復することを含む。

【選択図】 図1

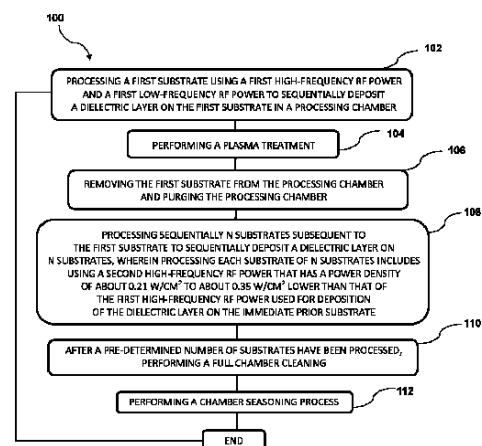


FIG. 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

処理チャンバ内で基板を処理するための方法であって、

(a) 第 1 の RF 電力を使用して、第 1 のチャンバ圧力で第 1 の基板上に誘電体層を堆積することと、

(b) 第 2 のチャンバ圧力で、前記第 1 の基板の後に N 個の基板上に誘電体層を順次堆積することであって、ここで N は 5 ~ 10 の整数で、N 個の基板の各基板に堆積することは、前記第 1 の RF 電力の電力密度よりも、約  $0.21 \text{ W/cm}^2$  から約  $0.35 \text{ W/cm}^2$  だけ低い電力密度を有する第 2 の RF 電力を使用することを含む、堆積することと、

(c) 基板がない状態でチャンバ洗浄処理を実施することと、

(d) (a) から (c) までを反復することと、  
を含む方法。

10

**【請求項 2】**

前記第 2 のチャンバ圧力は前記第 1 のチャンバ圧力よりも低い、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記チャンバ洗浄処理は、フッ素及び / 又はフッ素ラジカル ( $\text{F}^*$ ) を含む洗浄ガスを使用する、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 4】**

(c) の後に、前記処理チャンバの処理領域に配置されたチャンバ構成要素の表面上にシーズニング層を堆積することを更に含み、前記シーズニング層は約 8,000 オングストロームから約 20,000 オングストロームまでの厚みを有する、請求項 3 に記載の方法。

20

**【請求項 5】**

前記シーズニング層が二酸化ケイ素又はアモルファスシリコンである、請求項 4 に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記チャンバ洗浄処理は、約 200 ミルから約 800 ミルまでの第 1 の電極間隔で実行される第 1 の洗浄段階、及び、約 900 ミルから約 1200 ミルまでの第 2 の電極間隔で実行される第 2 の洗浄段階を含む、請求項 1 に記載の方法。

30

**【請求項 7】**

基板支持体の温度は、(a) 及び (b) の間において約  $400^\circ\text{C}$  から約  $650^\circ\text{C}$  までの温度で維持される、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記処理チャンバが、(c) の間において約  $400^\circ\text{C}$  から約  $550^\circ\text{C}$  までの温度で維持される、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 9】**

処理チャンバ内で基板を処理するための方法であって、

(a) 第 1 の高周波数 RF 電力と第 1 の低周波数 RF 電力を使用して、第 1 のチャンバ圧力で第 1 の基板を処理して、第 1 の基板上に誘電体層を堆積することと、

40

(b) 第 2 のチャンバ圧力で、第 1 の基板の後に N 個の基板を順次処理して、N 個の基板上に誘電体を堆積することであって、ここで N は 5 ~ 10 の整数で、N 個の基板の各基板を処理することは、第 2 の高周波数 RF 電力と第 2 の低周波数 RF 電力を使用することを含み、第 2 の高周波数 RF 電力は、直前の基板上での前記誘電体層の堆積に使用された第 1 の高周波数 RF 電力の電力密度よりも、約  $0.21 \text{ W/cm}^2$  から約  $0.35 \text{ W/cm}^2$  だけ低い電力密度を有する、堆積することと、

(c) 基板がない状態でチャンバ洗浄処理を実施することと、

(d) 基板の束のすべての基板が処理されるまで、(a) から (c) までを反復することと、  
を含む方法。

50

## 【請求項 10】

前記第2の低周波数RF電力は、前記第1の低周波数RF電力と同一である、請求項9に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記第2のチャンバ圧力は前記第1のチャンバ圧力よりも低い、請求項9に記載の方法。

## 【請求項 12】

前記チャンバ洗浄処理は、約200ミルから約800ミルまでの第1の電極間隔で約10秒間継続して実行される第1の洗浄段階、及び、約900ミルから約1200ミルまでの第2の電極間隔で約20秒間継続して実行される第2の洗浄段階を含む、請求項9に記載の方法。

10

## 【請求項 13】

チャンバ洗浄処理の後に、前記処理チャンバの処理領域に配置されたチャンバ構成要素の表面上にシーズニング層を堆積することを更に含み、前記シーズニング層は約8,000オングストロームから約20,000オングストロームの厚みを有する、請求項12に記載の方法。

## 【請求項 14】

前記シーズニング層が二酸化ケイ素又はアモルファスシリコンである、請求項13に記載の方法。

## 【請求項 15】

20

前記誘電体層は、シリコン、酸化ケイ素、窒化ケイ素、又は酸窒化ケイ素前駆体混合物から形成されたプラズマを使用して堆積される、請求項9に記載の方法。

## 【請求項 16】

基板支持体の温度は、(a)及び(b)の間において約400°Cから約650°Cまでの温度で維持される、請求項9に記載の方法。

## 【請求項 17】

前記処理チャンバが、(c)の間において約400°Cから約550°Cまでの温度で維持される、請求項9に記載の方法。

## 【請求項 18】

30

処理チャンバ内で基板を処理するための方法であって、前記方法は、

N番目の基板を処理することであって、ここでNは1よりも大きい整数であり、

第1のチャンバ圧力で、第1の高周波数RF電力と第1の低周波数RF電力を使用して、N番目の基板上に誘電体層の第1の部分を堆積することと、

第2のチャンバ圧力で、第2の高周波数RF電力と第2の低周波数RF電力を使用して、N番目の基板上に前記誘電体層の第2の部分を堆積することであって、ここで第2の高周波数RF電力は、前記第1の高周波数RF電力の電力密度よりも、約0.21W/cm<sup>2</sup>から約0.35W/cm<sup>2</sup>だけ低い電力密度を有し、前記第2のチャンバ圧力は前記第1のチャンバ圧力よりも低い、堆積することと、

前記処理チャンバから前記N番目の基板を取り除くことと、

を含む、N番目の基板を処理することと、

40

(N+1)番目の基板を処理することであって、

第2のチャンバ圧力で、第2の高周波数RF電力と第2の低周波数RF電力を使用し、前記(N+1)番目の基板上に誘電体層を堆積することであって、ここで第2の高周波数RF電力は、前記N番目の基板上の前記誘電体層の前記第1の部分の堆積に使用される前記第1の高周波数RF電力の電力密度よりも、約0.21W/cm<sup>2</sup>から約0.35W/cm<sup>2</sup>だけ低い電力密度を有する、堆積することと、

前記(N+1)番目の基板を前記処理チャンバから取り除くことと、

を含む、(N+1)番目の基板を処理することと、

前記処理チャンバの温度を約550°Cの第1の温度に維持し、その後、洗浄ガスが前記処理チャンバに導入される前に、前記処理チャンバを約60秒間冷却することによって

50

チャンバ洗浄処理を実行することと、  
を含む、基板を処理するための方法。

【請求項 19】

前記洗浄ガスは、フッ素及び / 又はフッ素ラジカル ( $F^*$ ) を含む、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記チャンバ洗浄処理の実行後に、前記処理チャンバの処理領域に配置されたチャンバ構成要素の表面上にシーズニング層を堆積することを更に含み、前記シーズニング層は約 8,000 オングストロームから約 20,000 オングストロームまでの厚みを有する、請求項 19 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本開示の実装は概して、堆積の均一性を改善するための、処理チャンバの取り扱い方法の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

[0002] 半導体業界のプラズマリアクタは多くの場合、アルミニウム含有材料から作られる。特に、ポリシリコン、金属又は酸化物堆積チャンバでは、 $NF_3$  又は  $CF_4$  などのフッ素含有ガスが化学物質として使用される場合に、アルミニウムの表面にフッ化アルミニウム層が形成されることがある。フッ化アルミニウムの形成は、 $480^\circ C$  を超えると大きな蒸気圧を有し、この温度で昇華し始めることが観測された。フッ化アルミニウムは次に、処理チャンバの面板などのチャンバ部品に運ばれる。フッ化アルミニウムは凝結して、面板上に層を形成するが、これはその後の処理中に剥がれ落ち、粒子で基板表面を汚染することがある。フッ化アルミニウムは除去が難しく、面板が汚染されると、面板及び / 又は真空チャンバのインシトゥ (その場での) 洗浄の方法は知られていない。その結果、真空チャンバ内での堆積速度がドリフトし、チャンバは不安定になる。

20

【0003】

[0003] したがって、当該技術分野では、堆積速度ドリフティング及び処理中の基板表面上でのフッ化アルミニウム汚染の可能性を最小限に抑える又はなくすため、処理チャンバを洗浄する改良された工程が求められている。

30

【発明の概要】

【0004】

[0004] 本開示の実装は、処理チャンバ内で基板を処理する方法をもたらす。一実装では、方法は、(a) 第 1 の高周波数 RF 電力を使用して、第 1 のチャンバ圧力で第 1 の基板上に誘電体層を堆積することと、(b) 第 2 のチャンバ圧力で、第 1 の基板の後に N 個の基板上に誘電体層を順次堆積することであって、ここで N は 5 ~ 10 の整数で、N 個の基板の各基板に堆積することは、第 1 の高周波数 RF 電力の電力密度よりも、約  $0.21 W/cm^2$  から約  $0.35 W/cm^2$  だけ低い電力密度を有する第 2 の高周波数 RF 電力を使用することを含む、堆積することと、(c) 基板がない状態でチャンバ洗浄処理を実施することと、(d) (a) から (c) までを反復することを含む。

40

【0005】

[0005] 別の実装では、方法は、(a) 第 1 の高周波数 RF 電力と第 1 の低周波数 RF 電力を使用して、第 1 のチャンバ圧力で第 1 の基板を処理して、第 1 の基板上に誘電体層を堆積することと、(b) 第 2 のチャンバ圧力で、第 1 の基板の後に N 個の基板を順次処理して、N 個の基板上に誘電体を堆積することであって、ここで N は 5 ~ 10 の整数で、N 個の基板の各基板を処理することは、第 2 の高周波数 RF 電力と第 2 の低周波数 RF 電力を使用することを含み、第 2 の高周波数 RF 電力は、直前の基板上での誘電体層の堆積に使用された第 1 の高周波数 RF 電力の電力密度よりも、約  $0.21 W/cm^2$  から約  $0.35 W/cm^2$  だけ低い電力密度を有する、堆積することと、(c) 基板がない状

50

態でチャンバ洗浄処理を実施することと、(d)(a)から(c)までを反復することとを含む。

【0006】

[0006] 更に別の実装では、方法は、N番目の基板を処理することを含み、ここでNは1よりも大きい整数で、N番目の基板を処理することは、第1のチャンバ圧力で、第1の高周波数RF電力と第1低周波数RF電力を使用して、N番目の基板上に誘電体層の第1の部分を堆積することと、第2のチャンバ圧力で、第2の高周波数RF電力と第2の低周波数RF電力を使用して、N番目の基板上に誘電体層の第2の部分を堆積することとを含み、ここで第2の高周波数RF電力は、第1の高周波数RF電力の電力密度よりも、約 $0.21\text{ W/cm}^2$ から約 $0.35\text{ W/cm}^2$ だけ低い電力密度を有し、第2のチャンバ圧力は第1のチャンバ圧力よりも低く、また、処理チャンバからN番目の基板を取り除くことを含む。N番目の基板を処理した後、(N+1)番目の基板を処理することは、第2のチャンバ圧力で、第2の高周波数RF電力と第2の低周波数RF電力を使用して、(N+1)番目の基板上に誘電体層を堆積することであって、ここで、第2の高周波数RF電力は、N番目の基板上の誘電体層の第1の部分の堆積に使用された第1の高周波数RF電力の電力密度よりも、約 $0.21\text{ W/cm}^2$ から約 $0.35\text{ W/cm}^2$ だけ低い電力密度を有する、堆積することと、(N+1)番目の基板を処理チャンバから取り除くことと、処理チャンバの温度を約 $550^\circ\text{C}$ の第1の温度に維持することによって、チャンバ洗浄処理を実施することと、次に、処理チャンバに洗浄ガスを導入する前に約60秒間処理チャンバを冷却することとを含む。

10

20

【0007】

[0007] 上記で簡潔に要約し、下記でより詳細に述べる本開示の実装は、添付する図面に示す本開示の例示的な実装を参照することにより、理解することができる。しかし、本開示は他の等しく有効な実装も許容しうることから、添付する図面は本開示の典型的な実装を示しているにすぎず、したがって、本開示の範囲を限定すると見なすべきではないことに、留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本開示の実装に従って、基板上に誘電体層を堆積するための例示的な方法のフロー図を示す。

30

【発明を実施するための形態】

【0009】

[0009] 理解を容易にするために、可能な場合には、図に共通する同一の要素を指し示すのに同一の参照番号を使用した。図は縮尺どおりには描かれておらず、明確性のために簡略化されていることがある。一実装の要素及び特徴は、更なる記述がなくとも、他の実装に有益に組み込まれることがあると想定される。

【0010】

[0010] 図1は、本開示の一実装による、基板を処理するための方法100のフロー図である。方法100は、ブロック102で、処理チャンバ内で第1の基板を処理することにより開始される。処理チャンバは、処理能力を高めるために熱及び/又はプラズマを使用する任意の適切な基板処理チャンバ、例えば、化学気相堆積(CVD)チャンバ又はプラズマ化学気相堆積(PECVD)チャンバなどであってよい。処理チャンバは、1つの処理チャンバ又は2つの反応空間を有するデュアルチャンバリアクタであってよく、デュアルチャンバリアクタは、同一のガス注入口とRFシステムを共有するか、異なるガス注入口と異なるRFシステムを備えた、2つの反応空間を有する。1つの例示的な実装では、処理チャンバは、RF電力が供給された各処理チャンバが少なくとも1つの面板、基板支持体、及び真空ポンプシステムを有するデュアルチャンバリアクタである。面板は、処理環境に露出されるチャンバリッドの表面で、基板支持体に面している。本開示の実施形態に有利となりうる1つの適切な処理チャンバはPrecision(登録商標)チャンバで、カリフォルニア州サンタクララのApplied Materials, Inc.

40

50

c. から市販されている。

【0011】

[0011] 第1の基板の処理は概して、一又は複数の下記の手続きを含む。最初に、基板上での誘電体層の堆積に適したプロセス条件を確立するため、処理チャンバは安定化される。安定化は、堆積を実行するように処理チャンバを動作させるために必要な処理パラメータを調整することを含みうる。処理パラメータは、限定するものではないが、チャンバ圧力、電極間隔、面板温度、基板支持体温度などのプロセス条件を設定することを含みうる。例えば、処理チャンバは、所定の圧力まで処理チャンバを排気して維持すること、面板と基板との間の電極間隔を第1の電極間隔まで調整すること、基板支持体の温度を約400°Cから約650°Cまでの温度、例えば、約550°Cに維持することによって安定化されうる。面板温度は約100°Cから約300°Cの間に維持されうる。

10

【0012】

[0012] 次に、前駆体混合ガスが、温度制御された面板を経由して処理チャンバに供給される。混合ガスは、シリコン(多結晶シリコン、ポリシリコン又はアモルファスシリコン)、酸化ケイ素、窒化ケイ素、又は酸窒化ケイ素の堆積に使用される任意の適切な前駆体混合物になりうる。ホウ素化合物、リン化合物、及び/又はヒ素化合物などのドーパント前駆体は、必要に応じて含まれる。以下の流量範囲は、300mm基板用にサイズ調節したチャンバに適合する。他の基板用にサイズ調節したチャンバに対しては適切なスケールリングが使用できる。オルトケイ酸テトラエチル(TEOS)は、約20mgmから約5,000mgmの間の流量で供給されうる。N<sub>2</sub>O、O<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O、CO、又はCO<sub>2</sub>などの酸素前駆体は、約1,000sccmから約20,000sccmの流量で供給されうる。シリコン前駆体(シランなど)はオプションにより、約20sccmから約2,000sccmの流量で処理チャンバ内へ供給されうる。N<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、NH<sub>3</sub>、又はH<sub>2</sub>N<sub>2</sub>、又はこれらの置換された変種(substituted variant)などの窒素前駆体、或いは前述の窒素種の任意の混合物などの窒素前駆体は、約200sccmから約50,000sccmの流量で供給されうる。層に炭素を加えるため、炭素前駆体(炭化水素、例えばメタンなど)が含まれてもよい。オプションにより、トリメチルボラン(TMB)、ジボラン(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)、ホスフィン(PH<sub>3</sub>)、アルシン(AsH<sub>3</sub>)、及び置換されたホスフィン及びアルシン、又はこれらの混合物などのドーパント前駆体は、約20sccmから約3,000sccmの流量で供給されうる。これらの前駆体はキャリアガスによって運ばれ、或いは、例えば、ヘリウム、アルゴン、窒素、又は水素、或いはこれらの混合物などの希釈ガスで希釈され、約500sccmから約30,000sccmの流量で流れる。

20

30

【0013】

[0013] 誘電体層が二酸化ケイ素である1つの例示的な実装では、前駆体混合ガスはTEOS、N<sub>2</sub>O、及びアルゴンを含む。処理チャンバに前駆体ガスを供給する間、処理チャンバは、約5Torrから約10Torrの間、例えば、約8Torrの初期動作圧力に維持される。面板と基板との間の電極間隔は、約200ミルから2,000ミルの間で確立される。基板支持体の温度は約400°Cから約650°Cまで、例えば、約550°Cで維持される。

40

【0014】

[0014] したがって、堆積処理を実行するため、プラズマは処理チャンバ内で前駆体混合ガスから形成される。プラズマは容量性又は誘導性的手段によって形成され、RF電力を前駆体混合ガスに結合することによって印加されうる。RF電力は、単一周波数RF電力、又は、高周波数成分と低周波数成分を有するデュアル周波数RF電力であってよい。RF電力は一般的に約50Wから約1500Wの間の電力レベルで印加されるが、これは、すべてが(例えば約13.56MHzの周波数の)高周波数RF電力であってよく、或いは、約13.56MHzの高周波数電力と約350kHzの低周波数電力の混合であってよい。1つの例示的な実装では、RF電力は、約130Wから約200Wまでのレベル、例えば、約170Wの電力レベルで印加される高周波数電力と、約80Wから約

50

120 Wまでのレベル、例えば、約100 Wの電力レベルで印加される低周波数電力との混合である。処理チャンバは、約5 Torrから約10 Torrまで、例えば、約8 Torrの初期動作圧力で維持される。基板支持体の温度は約400 °Cから約650 °Cまで、例えば、約550 °Cで維持される。場合によっては、所定の厚さ（約1,500オングストロームから10,000オングストローム、例えば、約2,500オングストロームから約5,000オングストローム）を有する誘電体層の第1の部分を堆積するため、これらの条件は所定の時間（例えば、約90秒間から約125秒間までの間、例えば、110秒間）だけ継続しうる。本書で説明される処理パラメータは誘電体層の第1の部分を堆積するためのものであるが、これらの処理パラメータはまた、誘電体層全体を堆積するためにも使用されうる。

10

#### 【0015】

[0015] 誘電体層の第1の部分が堆積された後、第1の基板上に誘電体層の第2の部分を堆積するために構成された第1のRF補償レシビを使用するように切り替えることによって、堆積処理は継続される。第1のRF補償レシビは、初期動作圧力よりも低い第1の動作圧力、並びに、約180 Wから約220 Wまでの、例えば、約203 Wの電力レベルで印加される周波数13.56 MHzの高周波数RF電力と、約180 Wから約220 Wまでの、例えば、約200 Wの電力レベルで印加される周波数300 kHzの低周波数RF電力との混合を使用する。第1の動作圧力は、初期動作圧力よりも少なくとも約3 Torr低くなりうる。一実装では、第1の動作圧力は、約3 Torrから約8 Torrまで、例えば、約4.8 Torrに維持される。基板支持体の温度は、約400 °Cから約650 °Cまで、例えば、約550 °Cに維持される。処理チャンバ内のプラズマを維持するため、前駆体混合ガスの流入は継続される。誘電体層の第1の部分の堆積と第2の部分の堆積との間の移行を滑らかにするため、所望であれば、前駆体混合ガスの任意の前駆体は、所定の傾斜率で導入されうる。この条件は、誘電体層の第2の部分が所定の厚さ、約1,000オングストロームから8,000オングストローム、例えば、約1,200オングストロームから約3,000オングストロームに達するまで、所定の時間（例えば、約35秒間から約90秒間、例えば、60秒間）だけ継続される。本書に記載の第1のRF補償レシビは、誘電体層の第2の部分を堆積するためのものであるが、これらの処理パラメータはまた、誘電体層全体を堆積するためにも使用されうる。

20

#### 【0016】

[0016] ブロック104では、誘電体層の第2の部分が第1の基板上に堆積された後、TEOSをオフにする一方、残りの前駆体混合ガス（例えば、N<sub>2</sub>O、及びアルゴン）の流入およびRF電力を継続することによって、オブションのプラズマ処理がインシトゥ（その場）で実行されうる。プラズマ処理中の高周波数RF電力は、約180 Wから約220 Wまでの、例えば、約203 Wの電力レベルで制御可能であり、低周波数RF電力は、約180 Wから約220 Wまでの、例えば、約200 Wの電力レベルで制御可能である。プラズマ処理は、約5秒間から約15秒間、例えば、約10秒間実行可能である。

30

#### 【0017】

[0017] ブロック106では、第1の基板は処理チャンバから取り除かれ、処理チャンバはパージガスを使用してパージされる。パージガスには、例えば、窒素、アルゴン、N<sub>2</sub>O、又はパージに適した他の不活性ガス、並びにこのようなガスの組み合わせが含まれる。パージ中のプロセス条件は、RF電力が使用されない（すなわち、プラズマなし）という点を除いて、直前のステップと同一或いは類似であってもよい。一実施形態では、パージはチャンバ圧力が約20 Torrのときに実行される。パージ時間は、約2秒間から約200秒間、例えば、約5秒間から約90秒間になる。場合によっては、パージは4.8 Torrで5秒間行われる。場合によっては、パージはスロットバルブを完全に開放し、1 Torrで約20秒間行われる。場合によっては、パージは3 Torrで約45秒間行われる。場合によっては、パージは5 Torrで約60秒間以上、例えば、約90秒間行われる。所望であれば、フッ化アルミニウム及び他の望ましくない残留物を、処理チャンバの面板及び他のチャンバ構成要素の内面から除去するのを支援するため、パー

40

50

ジはより高いチャンバ圧力（例えば、約 10 Torr から約 30 Torr）で実行されてもよい。このような場合、パージは 25 Torr で約 140 秒間実行可能である。

【0018】

【0018】 フッ化アルミニウムの気化が処理チャンバの面板に到達するのを防止するため、パージガスは高流量で流入されることがある。例えば、パージガスは、300 mm のプラズマ処理チャンバに対して、約 4,000 sccm から約 30,000 sccm まで、例えば、約 8,000 sccm から 24,000 sccm まで、例えば、約 10,000 sccm から約 20,000 sccm までの流量でプラズマ処理チャンバに導入される。N<sub>2</sub>O とアルゴンがパージガスとして使用される実施例では、N<sub>2</sub>O は第 1 の体積流量で処理チャンバに流し込まれ、アルゴンは第 2 の体積流量で処理チャンバに流し込まれ、第 1 の体積流量と第 2 の体積流量の比率は、0.5 : 1 から約 1.2 : 1 までの間、例えば、約 0.6 : 1 から約 1 : 1 まで、例えば、約 0.8 : 1 になりうる。

10

【0019】

【0019】 その後、任意の反応残留物及び / 又は不要なガスは、真空ポンプシステムによって処理チャンバから排出される。

【0020】

【0020】 ブロック 108 では、N 個の基板の後続の各基板上に誘電体層を堆積するために第 2 の RF 補償レシピが使用される点を除いて、第 1 の基板の後の N 個の基板は、ブロック 102 で上述したものと同一の処理を使用して順次処理される。一実装では、N は 5 から 10 の間、例えば 6 から 8 の間、例えば 7 の整数になる。様々な実施形態では、第 2 の RF 補償レシピは、第 2 の RF 補償レシピの高周波数 RF 電力が、直前の基板上での誘電体層の堆積に使用された高周波数 RF 電力の電力密度よりも約 0.21 W/cm<sup>2</sup> から約 0.35 W/cm<sup>2</sup> だけ低い電力密度を有するという点を除いて、第 1 の RF 補償レシピとほぼ同様である。しかしながら、第 2 の RF 補償レシピの第 2 の低周波数 RF 電力は、第 1 の RF 補償レシピの第 1 の低周波数 RF 電力と同一であるか、これよりも低くなりうる。

20

【0021】

【0021】 例えば、第 1 の基板が処理チャンバから取り除かれると、その上に誘電体層を堆積するため、第 2 の基板が処理チャンバに配置される。第 2 の基板は、堆積処理が第 2 の RF 補償レシピを使用する点を除いて、ブロック 102 で上述した処理と同一の処理を受け、第 2 の基板上に誘電体層を堆積する。この場合、誘電体層は、第 1 の RF 補償レシピの高周波数 RF 電力よりも約 1.5 W から約 3 W 少ない高周波数 RF 電力を使用して堆積される。

30

【0022】

【0022】 1 つの例示的な実装では、第 2 の基板上の誘電体層の第 2 の部分の堆積に使用される高周波数 RF 電力は、約 201.5 W の電力レベルで印加される。第 2 の基板での堆積が終了すると、第 2 の基板は処理チャンバから取り除かれ、誘電体層を堆積するため、第 3 の基板が処理チャンバに配置される。第 3 の基板は、堆積処理が第 2 の RF 補償レシピを使用する点を除いて、ブロック 102 で上述した処理で同一の処理を受け、第 3 の基板上に誘電体層を堆積する。この場合、誘電体層は、第 2 の基板に使用される第 2 の RF 補償レシピの高周波数 RF 電力よりも、約 1.5 W から約 3 W 低い高周波数 RF 電力を使用して堆積される。1 つの例示的な実装では、第 3 の基板上に誘電体層を堆積するために使用される高周波数 RF 電力は、約 200.0 W の電力レベルで印加される。この第 2 の RF 補償レシピは、（後述される）完全なチャンバ洗浄処理が必要になるまで、基板の束の中の第 4、第 5、第 6 ... の基板に続けて適用される。完全なチャンバ洗浄処理は、5 枚から 20 枚の基板ごとに、例えば、約 7 枚から約 12 枚の基板ごとに実行されてよく、その数はアプリケーションに応じて変化しうる。

40

【0023】

【0023】 ブロック 110 では、所定の枚数の基板が処理されると、チャンバ壁又はチャンバ構成要素の表面に残存する望ましくない物質を除去するために完全なチャンバ洗

50



浄処理が実行される。事前に定義される数は5から15の間、例えば、7から10の間となりうる。代替的に、完全なチャンバ洗浄処理は、チャンバの条件、及び/又は処理チャンバ内で処理される基板の枚数に応じて、任意の所定の間隔で実行されてもよい。完全なチャンバ洗浄処理は、堆積処理の前、堆積処理中、及び/又は堆積処理後に実行されてよく、処理チャンバ内に基板がない状態で行われる。

#### 【0024】

[0024] 完全なチャンバ洗浄処理には、インシトゥ（その場での）ドライ洗浄処理又は遠隔プラズマ源洗浄が含まれうる。インシトゥドライ洗浄処理では、一又は複数の反応性ガス種（例えば、フッ素イオン、ラジカルなど）を形成するため、一又は複数のガスが処理チャンバ内で解離される（*dissociated*）。反応種は、処理チャンバ内に存在するフッ化アルミニウム残留物の除去に効果的である。この実装で使用される遠隔プラズマ源洗浄では、下流の処理チャンバに流されてチャンバ洗浄を支援する一又は複数の反応種を形成するため、一又は複数の洗浄ガスが、別個のチャンバ（例えば、RPSチャンバ）内で解離される。

10

#### 【0025】

[0025] 洗浄ガスはフッ素（ $F_2$  及び/又は $F$ ）、及び/又はフッ素ラジカル（ $F^*$ ）を含む。これらの種の供給源として、洗浄ガスは、ペルフルオロ化合物又はヒドロフルオロカーボン化合物、例えば、 $NF_3$ 、 $CF_4$ 、 $C_2F_6$ 、 $CHF_3$ 、 $C_3F_8$ 、 $C_4F_8$ 、 $SF_6$ 、又はこれらの組み合わせを含みうる。オプションにより、洗浄ガスは更に、プラズマの始動を支援するため、ヘリウム、又はアルゴンなどの不活性ガスを含みうる。  $NF_3$  前駆体ガスが使用される場合には、洗浄処理は、 $NF_3$  前駆体を処理チャンバに、約200 sccmから約20,000 sccmの間の流量で、かつ、約1 Torrから約20 Torrの間、例えば、約4 Torrから約10 Torrの間の圧力で導入することによって実行されうる。  $NF_3$  前駆体を活性化するためにRPSチャンバに印加される電力は、約1000 Wから約10,000 Wの間になる。電極間隔は、約200ミルから約900ミルまでに保たれる。完全なチャンバ洗浄処理中の処理チャンバの温度は、400°Cから約550°Cまで、例えば、約470°Cから約520°Cまでに維持される。洗浄処理の継続時間は、約60秒間から約240秒間まで、例えば、90秒間から約180秒間までである。上記の範囲は、300 mm基板用にサイズ設定されたチャンバに適用される。他の基板用にサイズ設定されたチャンバに対しては適切な倍率が使用されうる。

20

30

#### 【0026】

[0026] 幾つかの実施形態では、完全なチャンバ洗浄処理は二段階の洗浄になりうる。このような場合、第1の洗浄の実行するため、 $NF_3$  前駆体などの洗浄ガス、及びアルゴンなどの他のガスが処理チャンバに導入される。第1の洗浄は、電極間隔が、約200ミルから約800ミルまで、例えば、約600ミルである第1の間隔に保持される点を除いて、上述のパラメータを使用して実行可能である。第1の洗浄は、第2の洗浄が実行される前に、約10秒間実行されうる。第2の洗浄は、電極間隔が、第1の間隔よりも大きい第2の間隔、例えば、約900ミルから約1200ミルまでである点を除いて、第1の洗浄と同様のパラメータで、約20秒間実行されうる。より広い電極間隔で実行される第2の洗浄は、面板でのAlFの蓄積を減らすため有利になりうる。アルゴン（及びオプションにより窒素）を使用するチャンバのパージは、処理チャンバに洗浄ガスが導入される前に約20秒間実行されうる。

40

#### 【0027】

[0027] 幾つかの実施形態では、完全なチャンバ洗浄処理は、チャンバ温度を約550°Cに維持することによる冷却洗浄（*cool cleaning*）であり、その後、上述の洗浄を開始するため、処理チャンバに洗浄ガスが導入される前に、処理チャンバは約60秒間冷却される。したがって、完全なチャンバ洗浄処理は、処理チャンバが冷却される間に実行される。処理チャンバは次いで、約520°C以下、例えば、約500°C以下、例えば、約480°Cの温度まで冷却される。完全なチャンバ洗浄処理後、その

50

後の処理に備えて、チャンバ温度は上昇を開始し、約 550 °C まで戻る。

【0028】

[0028] パージに先立って、チャンバシーズニング処理（以下でより詳細に議論される）が実行された場合には、パージガス及び／又はパージ時間は変わることがありうる。例えば、チャンバシーズニング処理前のパージ段階で使用されるパージガスは、アルゴン及び窒素ガスを含むことがあり、チャンバシーズニング処理後のパージ段階で使用されるパージガスはアルゴンのみを含みうる。このような場合、チャンバシーズニング処理前のパージ段階でのパージ時間は、約 15 秒間から約 30 秒間まで、例えば、約 20 秒間で、一方、チャンバシーズニング処理後のパージ段階でのパージ時間は、約 3 秒間から約 10 秒間まで、例えば、約 5 秒間となる。

10

【0029】

[0029] ブロック 112 では、チャンバシーズニング処理は、TEOS、酸素、及びヘリウム又はアルゴンを処理チャンバへ導入することによって実行される。プラズマは、面板及び／又はチャンバ壁などのチャンバ構成要素の露出した内面に、酸化物（例えば、二酸化ケイ素）シーズニング層を形成するために導入されたガスから形成される。シーズニング層は、フッ化アルミニウムが昇華して、面板、プレート及び／又はチャンバ壁などの他のチャンバ構成要素の露出した内面に到達するのを防止するキャッピング層としての役割を果たす。二酸化ケイ素の代わりに、堆積残留物（例えば、フッ素）及び／又は CVD や PECVD（プラズマ化学気相堆積）による堆積物と化学的に反応する任意の前駆体を使用可能であることが想定されている。本書で説明されている完全なチャンバ洗浄処理の任意の実施形態は、所定のチャンバ条件が実現されるまで、必要に応じて何度も反復されうる。

20

【0030】

[0030] 一実装では、チャンバシーズニング処理は、800 mgm から約 2,000 mgm まで、例えば、約 1,200 mgm の流量で TEOS を処理チャンバに導入し、これを約 50 sccm から約 3,600 sccm の流量で導入されるヘリウム又はアルゴンのキャリアガスと組み合わせることによって、実行される。場合によっては、TEOS の代わりにシランが使用される。酸素、N<sub>2</sub>O などが、8,000 sccm から約 20,000 sccm、例えば、約 11,000 sccm の流量で処理チャンバに導入される。プラズマは、590 W で印加される高周波数成分（13.56 MHz）、及び 220 W で印加される低周波数成分（350 KHz）を有する混合周波数 RF 電力によって形成される。チャンバシーズニング処理中の処理チャンバの温度は、約 400 °C から約 550 °C まで、例えば、約 470 °C に維持される。面板温度は、約 100 °C から約 300 °C の間、例えば、200 °C に維持される。チャンバ圧力は約 1 Torr から約 20 Torr まで、例えば、約 4.5 Torr から約 10 Torr までに維持される。チャンバシーズニング層は、処理される基板の数に応じて、約 1,500 オングストロームから約 20,000 オングストロームまで、例えば、約 2,000 オングストロームから約 15,000 オングストロームまで変化する厚み、例えば、約 10,000 オングストロームの厚みを有する。チャンバシーズニング処理の前に 7 枚の基板が処理される幾つかの実施例では、シーズニング層は約 10,000 オングストロームの厚みを有しうる。二酸化ケイ素について説明しているが、チャンバシーズニング層は、処理チャンバ内で水素含有ガスとシリコン含有ガスとを反応させることで堆積しうるアモルファスシリコン層を含みうる。ことが想定されている。

30

40

【0031】

[0031] ブロック 112 が完了した後、方法 100 は終了へ進んでもよく、或いは、基板の束のうち所定の数の基板又はすべての基板が処理されるまで、ブロック 102 からブロック 112 までのいずれかを反復してもよい。

【0032】

[0032] 本開示の利点には、複数の基板で一貫した膜の一様性を可能にする RF 補償を使用した、洗浄方法及び堆積処理の改良が含まれる。基板の束での誘電体層の堆積中

50

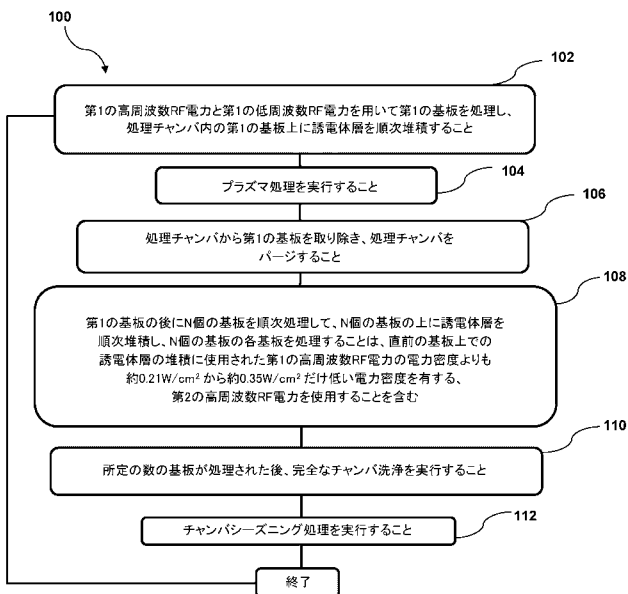
に、高周波数 R F 電力を徐々に下げることによって、膜特性ドリフトと洗浄の頻度は最小限に抑えることができる。例えば、処理チャンバ内での（ A 1 F の蓄積による面板の放射率変化に起因する）膜特性ドリフトは回避することができる。ガス、圧力及び R F 電力が管理されないまま増大することをなくし、チャンバ切替への不必要な転換をなくすことによって、処理の安定性が改善されうる。改良された洗浄処理は、所定の数の基板に行われる堆積の前、堆積中、及び / 又は堆積後に実行することが可能で、面板又は処理チャンバの他のチャンバ構成要素からフッ化アルミニウム及び他の不要な残留物を取り除くのに役立つ。その結果、面板、及び / 又はチャンバ構成要素の寿命は長くなる。

【 0 0 3 3 】


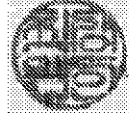
[ 0 0 3 3 ] 上記は本開示の実装を対象としているが、本開示の他の更なる実装は、その基本的な範囲から逸脱することなく考案されうる。

10

【 図 1 】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/US2017/067040</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <b>H01L 21/02(2006.01)i, H01J 37/32(2006.01)i</b>  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 21/02; C23C 16/52; B08B 7/00; H01L 21/318; C23F 1/12; H01L 21/31; H01L 21/66; C23C 16/505; H01J 37/32  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) cKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: substrate, RF power, dielectric, deposit		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016-0090650 A1 (LAM RESEARCH CORPORATION) 31 March 2016 See paragraphs [0029]-[0103], claims 1, 14-15 and figures 1-13.	1-2, 7-11, 15-17
Y		3-6, 12-14, 18-20
Y	US 5158644 A (DAVID CHEUNG et al.) 27 October 1992 See column 3, line 41 - column 7, line 18 and figures 1-3.	3-6, 12-14, 19-20
Y	JP 05-129285 A (SONY CORP.) 25 May 1993 See paragraphs [0008]-[0023] and figures 1-2.	18-20
A	US 2015-0348854 A1 (LAM RESEARCH CORPORATION) 03 December 2015 See paragraphs [0030]-[0086] and figures 1-4B.	1-20
A	US 2015-0270107 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 24 September 2015 See paragraphs [0018]-[0042] and figures 1-2.	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 13 April 2018 (13.04.2018)		Date of mailing of the international search report <b>13 April 2018 (13.04.2018)</b>
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer CHOI, Sang Won  Telephone No. +82-42-481-8291

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/US2017/067040**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2016-0090650 A1	31/03/2016	CN 105463408 A JP 2016-072625 A KR 10-2016-0038783 A SG 10201507987 A TW 201631204 A US 9624578 B2	06/04/2016 09/05/2016 07/04/2016 28/04/2016 01/09/2016 18/04/2017
US 5158644 A	27/10/1992	EP 0272140 A2 EP 0272140 B1 EP 0296891 A2 EP 0296891 B1 EP 0464696 A1 EP 0464696 B1 JP 01-087773 A JP 06-012771 B2 JP 06-013367 A JP 06-013368 A JP 06-097154 A JP 08-055843 A JP 08-070035 A JP 2000-003908 A JP 2584960 B2 JP 2618445 B2 JP 2651102 B2 JP 2716642 B2 JP 2723845 B2 JP 2961000 B2 JP 3150957 B2 JP 63-246829 A KR 10-0239282 B1 US 4872947 A US 4892753 A US 4960488 A US 5000113 A US 5354715 A US 5362526 A US 5755886 A US 5871811 A US 6167834 B1 US RE36623 E	22/06/1988 23/02/1994 28/12/1988 10/01/1996 08/01/1992 29/10/1997 31/03/1989 16/02/1994 21/01/1994 21/01/1994 08/04/1994 27/02/1996 12/03/1996 07/01/2000 26/02/1997 11/06/1997 10/09/1997 18/02/1998 09/03/1998 12/10/1999 26/03/2001 13/10/1988 15/01/2000 10/10/1989 09/01/1990 02/10/1990 19/03/1991 11/10/1994 08/11/1994 26/05/1998 16/02/1999 02/01/2001 21/03/2000
JP 05-129285 A	25/05/1993	JP 3118913 B2	18/12/2000
US 2015-0348854 A1	03/12/2015	CN 105321792 A KR 10-2015-0139461 A SG 10201504057 A TW 201611153 A US 2016-0168701 A1 US 9263350 B2	10/02/2016 11/12/2015 28/01/2016 16/03/2016 16/06/2016 16/02/2016

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/US2017/067040**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		US 9840776 B2	12/12/2017
US 2015-0270107 A1	24/09/2015	US 9299558 B2	29/03/2016

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**C 2 3 C 16/52 (2006.01)** C 2 3 C 16/44 J  
 C 2 3 C 16/52

(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, RO, 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, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(72)発明者 ジャー , プラケット ピー .  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 1 2 9 , サン ノゼ , ノーウォーク ドライブ 4 2  
 4 1 , アパートメント ズィー - 2 0 9

(72)発明者 パディ , ディーネッシュ  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 0 8 6 , サニーベール , シャスタ ファー ドライブ  
 7 7 6

F ターム(参考) 4K030 AA06 AA09 AA13 AA14 AA16 AA17 AA18 AA20 BA29 BA40  
 BA44 DA06 FA01 FA03 FA04 JA09 JA10 JA16 LA02  
 5F004 AA15 BD04 DA00 DA01 DA02 DA03 DA16 DA17 DA18 DA22  
 DA23  
 5F045 AA08 AB03 AB04 AB32 AB33 AB34 AC01 AC07 AC08 AC11  
 AC15 AC16 AC17 AC19 AD08 AD09 AD10 AE21 AE23 BB14  
 EB06 EB11 EE17 EH11 EH12  
 5F058 BC02 BC08 BC11 BD04 BD10 BD15 BF07 BF22 BF25 BF29  
 BF30 BF36 BF39