

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5480153号
(P5480153)

(45) 発行日 平成26年4月23日(2014.4.23)

(24) 登録日 平成26年2月21日(2014.2.21)

(51) Int.Cl.

H01L 21/683 (2006.01)

F 1

H01L 21/68

N

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2010-536242 (P2010-536242)
 (86) (22) 出願日 平成20年12月15日 (2008.12.15)
 (65) 公表番号 特表2011-505701 (P2011-505701A)
 (43) 公表日 平成23年2月24日 (2011.2.24)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2008/086862
 (87) 國際公開番号 WO2009/085703
 (87) 國際公開日 平成21年7月9日 (2009.7.9)
 審査請求日 平成22年6月1日 (2010.6.1)
 審判番号 不服2012-23715 (P2012-23715/J1)
 審判請求日 平成24年11月30日 (2012.11.30)
 (31) 優先権主張番号 61/015, 612
 (32) 優先日 平成19年12月20日 (2007.12.20)
 (33) 優先権主張國 米国(US)

(73) 特許権者 512310099
 クアーズテック, インコーポレイティド
 アメリカ合衆国, コロラド 80403,
 ゴールデン, テーブル マウンテン パー
 クウェイ 16000
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100077517
 弁理士 石田 敬
 (74) 代理人 100087413
 弁理士 古賀 哲次
 (74) 代理人 100128495
 弁理士 出野 知
 (74) 代理人 100123593
 弁理士 関根 宣夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体加工用部品の処理方法およびそれにより形成された部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) SiCの化学気相堆積により形成された外表面部分を有する半導体加工用部品を提供する工程と、

(b) 前記外表面部分の少なくとも0.25μmの厚みを除去する工程と、

(c) 前記外表面部分上に重畠されたゲッター層を形成し、そして前記部品に熱処理を行って前記外表面部分の表面から不純物を前記ゲッター層中に拡散させることにより、前記スキン不純物レベルが前記バルク不純物レベルの80%以下になるようにする工程と、を含む、半導体加工用部品の裸出方法、

ここで、前記外表面部分は、スキン不純物レベルとバルク不純物レベルとを有し、前記スキン不純物レベルは、前記外表面部分中0nm~100nmの深さの平均不純物レベルであり、前記バルク不純物レベルは、前記外表面部分中3.0ミクロン以上の深さで測定され、

前記ゲッター層は、前記外表面部分の酸化により形成された酸化ケイ素を含み、かつ前記スキン不純物レベルおよび前記バルク不純物レベルは、Fe濃度に基づく。

【請求項2】

前記熱処理がハロゲン化物ガスの存在下で行われる、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記スキン不純物レベルが前記バルク不純物レベルの60%以下である、請求項1又は2に記載の方法。

10

20

【請求項 4】

前記スキン不純物レベルが 100 ppb 原子以下の Fe である、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記外表面部分がすべて CVD - SiC で形成される、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記 CVD - SiC が、SiC を含む基板上に堆積される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記基板が、元素のシリコンで含浸された SiC を含む、請求項 6 に記載の方法。

10

【請求項 8】

前記 CVD - SiC 層が、約 10 ~ 約 1000 μm の範囲内の厚さを有する、請求項 6 又は 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記部品が自立性 CVD - SiC 部品である、請求項 5 ~ 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記半導体加工用部品が、半導体ウェーハパドル、プロセスチューブ、ウェーハポート、ライナー、ペデスタル、ロングポート、カンチレバーロッド、ウェーハキャリヤー、プロセスチャンバー、ダミーウェーハ、ウェーハサセプター、フォーカスリング、サスペンションリングからなる群に属する部品を含む、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の方法。
。

20

【請求項 11】

前記部品がウェーハポートである、請求項 10 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、一般的には、半導体製造環境で使用するための半導体加工用部品の処理方法さらにはそれにより形成された半導体加工用部品に関する。

【背景技術】

30

【0002】

半導体加工技術分野では、典型的には、種々のウェーハ加工技術により集積回路デバイスが形成される。この場合、種々のステーションまたはツールを介して半導体（主にシリコン）ウェーハが加工される。加工操作としては、たとえば、高温拡散、熱処理、イオン注入、アニール、フォトリソグラフィー、ポリシング、堆積などが挙げられる。新しい世代の半導体デバイスが開発されているので、そのような加工操作時により良好な純度レベルを達成するという要求が当業界に継続して存在する。それに加えて、より大きい半導体ウェーハに移行することへの原動力が継続して存在する。優れた純度レベルおよびより大きいウェーハに対する要望は、次世代の加工にさらに集積化の問題を引き起こす。

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】**【0003】**

次世代の純度の問題さらにはより大きいサイズの半導体ウェーハに関連した取扱いの問題に対処すべく当業界で改良がなされているにもかかわらず、半導体加工用部品、そのような部品の形成方法、および半導体ウェーハの加工方法をさらに改良する必要性が当技術分野で継続して存在する。

【課題を解決するための手段】**【0004】**

一実施形態によれば、半導体加工用部品は、炭化ケイ素を含有する外表面部分を有する部品を含み、外表面部分は、スキン不純物レベルとバルク不純物レベルとを有する。スキ

50

ン不純物レベルは、外表面部分中 0 nm (外表面) ~ 100 nm の深さの平均不純物レベルであり、バルク不純物レベルは、外表面部分中 3.0 ミクロン以上の深さで測定され、かつスキン不純物レベルは、バルク不純物レベルの 80 % 以下である。

【0005】

他の実施形態によれば、半導体加工用部品の裸出方法は、SiC の化学気相堆積により形成された外表面部分を有する半導体加工用部品を提供する工程と、外表面部分の対象部分を除去する工程と、を含む。外表面部分は、スキン不純物レベルとバルク不純物レベルとを有する。ただし、スキン不純物レベルは、外表面部分中 0 nm (外表面) ~ 100 nm の深さの平均不純物レベルであり、かつバルク不純物レベルは、外表面部分中 3.0 ミクロン以上の深さで測定される。さらに、部品に熱処理を行って外表面部分の表面から不純物を拡散させることにより、スキン不純物レベルがバルク不純物レベルの 80 % 以下になるようとする。
10

【0006】

当業者であれば、添付の図面を参照することにより、本発明をより良好に理解しあつその多くの特徴および利点を明らかにすることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】本発明の実施形態すなわちウェーハポートまたはウェーハキャリヤーを示している。

【図 2】2つの異なる市販の堆積装置で形成された CVD - SiC 膜の不純物深さプロファイルを示している。
20

【図 3】2つの異なる市販の堆積装置で形成された CVD - SiC 膜の不純物深さプロファイルを示している。

【図 4】より高い汚染物質レベルで反応ガスを利用して形成された CVD - SiC の不純物深さプロファイルを示している。

【図 5】初期クリーニング工程の前後の CVD - SiC 層の不純物深さプロファイルを示している。

【図 6】比較的低純度の CVD - SiC 層を有する他のサンプルの2回のクリーニングサイクルから得られた深さプロファイルを示している。

【図 7】比較的低純度の CVD - SiC 層を有するサンプルの2回のクリーニングサイクル後および4回のクリーニングサイクル後の表面 Fe 濃度を比較した深さプロファイルを示している。
30

【図 8】Fe 富化表面層を完全除去した後の比較的低純度の CVD - SiC 層の深さプロファイルを示している。

【図 9】3つの状態、すなわち、堆積されたままの状態、6回のクリーニングサイクルに付された後の状態、および実施形態に従って後続の熱処理により裸出スキン部分を形成した後の状態で、CVD - SiC 層の純度レベルを比較している。

【図 10】2つの状態、すなわち、堆積されたままの状態および実施形態に従って後続の熱処理により裸出スキン部分を形成した後の状態で、CVD - SiC 層の純度レベルを比較している。
40

【発明を実施するための形態】

【0008】

異なる図面中で同一の参照記号が用いられている場合、類似もしくは同一の物品を意味する。

【0009】

本発明の態様によれば、半導体加工用部品および半導体加工用部品の処理方法が提供される。半導体加工用部品は、一般的には、制御された不純物含有率を有する外表面部分を含んで少なくとも部分的に SiC で形成される。外表面部分は、典型的には、化学気相堆積 (CVD) により形成され、かつバルク不純物レベルの 80 % 以下のスキン不純物レベルを有する。外表面部分は、以下でより詳細に説明される自立性 CVD - SiC 部品の場
50

合のように、CVDにより形成された識別可能なSiC層としてまたは主にCVDにより形成されたSiC部品の外側厚さ部分として画定可能である。

【0010】

米国特許第6,093,644号明細書には、酸化工程に続いて酸化物層除去を行うプロセスが開示されている。しかしながら、そこに開示された技術は、特定の汚染の問題に適切に対処しておらず、しかも部品の重要な部分に沿った不純物レベルではなく部品の全体的不純物レベルに重点をおいているように思われる。さらに、この技術は、機械加工後の状態の部品に対して機械加工前の純度レベルを回復することに限定されるように思われる。

【0011】

高純度加工用部品分野でのさらなる成果として、汚染源と部品の外表面部分を貫通する不純物プロファイルの特徴付けとをより厳密に研究することにより得られたプロセスフローが開発されている。そのようなプロセスフローの1つは、2004年4月14日出願の米国特許出願第10/824,329号明細書に記載されている。

【0012】

一様によれば、本発明者らは、堆積されたままの状態のCVD-SiCが、その外表面に、典型的には、部品の外側深さの最初の0.5μm以内に、たとえば、最初の0.25μm以内または最初の0.10μm以内に、不純物レベルのスパイクを有することに気付いた。一方、これとは対照的に、外表面部分のバルクを貫通する不純物レベルは、比較的低レベルで安定しており、多くの場合、部品の外表面自体での不純物レベルよりも1桁、2桁、さらには3桁低い。バルク不純物レベルは、一般的には、深さの関数として一定もしくは名目の不純物レベルを表す不純物レベルである。これについては、本明細書の以下でさらに説明する。不純物レベルは、一般的には、外表面と外表面部分のバルク部分との間のCr、Fe、およびNiの濃度の1つに基づく。一実施形態によれば、不純物レベルは、1つのFeだけに基づく。これに関して、本明細書中では実施形態に従ってFeを測定するが、CrおよびNiの濃度も、同一の濃度傾向に従う。ただし、その場合、より低い濃度レベルである。

【0013】

これに関連して、本発明の一実施形態によれば、SiCの化学気相堆積により形成された外表面部分を有する半導体加工用部品を提供し、そして外表面部分の対象部分を除去することから加工を開始し、その結果として、外表面部分のスキン不純物レベルを外表面部分のバルク不純物レベルの約10倍以下にする。バルクと表面との間の不純物レベルは、一般的には、最大10倍差が望ましいが、さらなる実施形態は、バルク不純物レベルの約5倍以下たとえば約2倍以下の表面不純物レベルを有する。実際に、特定の実施形態は、バルク不純物レベル以下の表面不純物レベルを有する。次に、典型的には、加工を継続してさらなる不純物減少を行い、以下でより詳細に説明される外表面部分のスキン部分に沿った不純物裸出ゾーンを形成する。

【0014】

本明細書中の実施形態に係る半導体加工用部品は、さまざまな加工操作に対して種々の幾何学的構成の1つから選択可能であり、たとえば、150mm、200mm、またはより新しい世代の300mmのウェーハであるかを問わず、種々のサイズのウェーハを収容するように構成可能である。特定の加工用部品としては、半導体ウェーハパドル、プロセスチューブ、ウェーハポート、ライナー、ペデスタル、ロングポート、カンチレバーロッド、ウェーハキャリヤー、縦型プロセスチャンバー、さらにはダミーウェーハが挙げられる。以上のうち、半導体加工用部品のいくつかは、半導体ウェーハに直接接触しかつそれを受容するように構成されたもの、たとえば、横型または縦型のウェーハポート、ロングポート、およびウェーハサセプターでありうる。それに加えて、加工用部品は、枚葉式ウェーハ加工用として構成可能であり、さらにチャンバー、フォーカスリング、サスペンションリング、サセプター、ペデスタルなどに使用可能である。

【0015】

10

20

30

40

50

半導体加工用部品は、種々の技術により製造可能である。たとえば、一実施形態によれば、加工用部品は、一般的にはCVDによりSiC層で被覆された基板を提供することにより形成される。CVD-SiC層は、下に位置するシリコンのオートドーピングを低減させたり、さらには半導体ウェーハ加工時に汚染を引き起こす可能性がある、基板のバルクから部品の外表面への不純物の移行を防止したりするのに、有利に機能しうる。基板は、典型的には、機械的支持および構造完全性を提供するように機能し、再結晶SiCなどの種々の材料でかつ種々の加工経路により形成可能である。一技術では、主にSiCで構成された基板をスリップキャスティングによりまたは加圧により形成する。スリップキャスティングの場合、スリップキャストされた物体を乾燥させかつ熱処理し、場合により、続いて、含浸により多孔度を減少させる。有利には、含浸は、溶融シリコンを浸透させることにより実施可能である。他の特別な製造技術、たとえば、炭素プリフォームを炭化ケイ素コアに変換する変換プロセスを利用する技術または化学気相浸透などによる浸透の後でコアを除去するサブトラクティブプロセスによる技術を用いることも可能である。

【0016】

他の選択肢として、半導体加工用部品は、炭化ケイ素のCVDなどの、種々のプロセスの1つにより形成された炭化ケイ素単体で形成可能である。この特定のプロセス技術を用いれば、実質的に部品の全バルクまたは内側部分の全体にわたり比較的高純度の加工用部品の形成が可能である。

【0017】

ウェーハ加工用部品の実施形態を図1に示す。図1に示されるウェーハポート1は、同一の曲率半径に沿ってそれぞれ延在する複数の溝16を有する。各溝は、ウェーハポート本体の製造後に所望に応じて機械加工された個別の溝セグメント18、20、および22を有する。たとえば、ウェーハポートは、以上に記載の技術の1つに従って、たとえば、溶融元素シリコンを炭化ケイ素コアに含浸させてからCVDを行って堆積炭化ケイ素層を形成することにより、製造可能である。炭化ケイ素層の形成後、機械加工を行うことが可能である。特定的には、溝を形成することが可能であり、かつ機械加工操作により、たとえば、ダイヤモンド系機械加工工具を利用することにより、精密な寸法制御を行うことが可能である。注目すべき点として、図1は横型のウェーハポートを示しているが、当然のことながら、縦型のウェーハポートまたはウェーハキャリヤーを同様に利用することも可能であり、さらにはすでに述べたような他の半導体加工用部品を利用することも可能である。

【0018】

加工用部品の形成後、加工用部品は、処理プロセスに付される。すなわち、CVD-SiCで形成された部品の外側部分は、純度を改良するように操作され、特定的には、部品の外表面で終端しかつそれを画定するスキン部分の不純物が操作される。一実施形態では、外表面部分の対象部分を除去して、外表面部分のバルク不純物含有率の10倍以下の不純物含有率を有する外表面を残存させる。

【0019】

対象部分の除去は、いくつかの技術のいずれか1つにより実施可能である。一技術によれば、酸化-ストリッピングプロセスにより外表面部分を除去する。酸化時、純度をさらに改良するために部品をハロゲンガスなどの反応種に暴露することが可能である。反応種は、一般的には、既存の不純物と錯化または反応しかつ高温処理時に揮発するように機能する。酸化-ストリッピングはまた、外表面に沿って粒子数を減少させることができあり、半導体加工操作との関連で特に有益でありうる。

【0020】

より詳細には、半導体加工用部品の酸化は、一般的には、堆積酸化物層とは対照的に、化学反応により酸化物層を形成して変換層を形成するように行われる。酸化処理によれば、酸化物層は、部品の対象部分すなわちCVD-SiC材料の一部分を消費する。酸化物層は、酸化環境中で部品を酸化させることにより、たとえば、酸素含有環境中、高温で、たとえば、950～約1300の範囲内、より特定的には約1000～約1250の

範囲内で、部品を酸化させることにより、形成可能である。酸化は、乾燥雰囲気中または湿潤雰囲気中で実施可能であり、かつ典型的には大気圧で行われる。湿潤雰囲気は、水蒸気を導入することにより生成可能であり、酸化速度を増大させるように機能する。酸化物層は、一般的には酸化ケイ素、典型的にはSiO₂である。酸化ケイ素層は、自立性SiCまたはCVDなどにより炭化ケイ素で被覆された基板の場合のように、部品の炭化ケイ素と直接接触した状態で存在可能である。

【0021】

酸化物層は、物体本体に沿って酸化物層を形成することに加えて、残留炭化ケイ素微粒子から酸化ケイ素への変換を引き起こすことが可能である。微粒子変換の場合、酸化は、より後の段階での微粒子除去を可能にする。それに加えて、堆積プロセスではなく変換プロセスによる酸化物コーティングの形成は、酸化物層のストリッピングに伴う除去のために酸化物層内の金属不純物などの残留不純物を捕捉するのに役立つ。10

【0022】

酸化物層は、酸化物層を可溶化（溶解）しうる溶液に加工用部品を暴露することによりストリッピング可能である。一実施形態では、溶液は、フッ素を含有する酸である。典型的には、溶液のpHは、約3.5未満、最も典型的には約3.0未満であり、いくつかの実施形態は、約2.5未満のpHを有してより酸性である。他の選択肢として、溶液は、塩基性であってもよく、かつ高温（室温超であるがH₂O沸点未満である）と組み合わせて層に暴露可能である。他の選択肢として、1000超のような高温およびH₂ガスを使用することも可能である。20

【0023】

酸化時、半導体加工用部品は、外表面部分の外表面に存在する汚染物質との反応生成物を形成するハロゲンガスなどの反応種に暴露可能である。一般的には、反応種への暴露および酸化は、両方同時に行われるが、他の選択肢として、これらの工程は、個別に実施可能である。これに関連して、同時という用語の使用は、暴露および酸化の工程を完全に同時進行的に行うこと必要とせず、もっと正確に言えば、工程は、互いに部分的に並行させることが可能である。

【0024】

「ハロゲンガス」という用語は、典型的にはカチオンと組み合わせてガス形態で提供される任意のハロゲン族元素の使用を意味する。本発明の実施形態に従って利用可能な一般的なハロゲンガスの例としては、HC1およびCl₂が挙げられる。他のガスとしては、たとえばフッ素を含有するものが挙げられる。典型的には、半導体加工用部品をハロゲンガスに暴露するときの高温は、ハロゲンガスと、半導体加工用部品の外表面部分に沿ってたとえば半導体加工用部品の露出した外表面に沿って含まれる不純物との反応を可能にするのに十分なものである。たとえば、高温は、約950～約1300の範囲内である。さらに、ハロゲンガスの濃度は、さまざまに設定可能であり、全圧の約0.01～約10%の範囲内で加熱環境（たとえば炉処理チャンバー）中に存在可能である。典型的には、分圧の下限は、若干高く、たとえば約0.05%または約0.10%である。以上ではハロゲンガスに焦点をあててきたが、予想される金属不純物との反応生成物を形成するように反応剤が選択され、かつ反応生成物が金属不純物自体の揮発性よりも高い揮発性を有するのであれば、他の反応性アニオン含有反応剤を利用することが可能である。3040

【0025】

半導体加工用部品の外表面部分に沿ってハロゲンガスが反応する不純物は、典型的には、金属不純物である。金属不純物は、元素金属または金属合金の形態をとることが可能であり、たとえば、アルミニウム系、鉄系、またはクロム系でありうる。HC1などのハロゲンガスの使用は、そのような金属不純物との反応生成物の形成を引き起こす。反応生成物は、典型的には、不純物よりも高い揮発性を有するので、高温への加工用部品の暴露時に反応生成物は揮発し、それにより加工用部品から除去される。

【0026】

以上の開示では反応による特に酸化・ストリッピングによる部品の一部分の除去に焦点50

をあててきたが、対象部分を除去するための他の技術を利用することも可能である。たとえば、高温でエッチャント種を導入してエッチャント生成物を形成し、これを揮発させて全体的もしくは部分的に対象部分を除去することにより、対象部分をエッチング操作により反応させることが可能である。たとえば、エッチャント種は、揮発する SiCl_x エッチャント生成物を形成する塩素含有ガスでありうる。Cl₁ 含有ガスは、HCl、Cl₂ などでありうる。場合によっては、エッチング操作の副生成物として炭素を残存させることができある。この炭素は、高温焼却処理により除去可能である。エッチングは、ときには、部品の表面上に残存するグラファイトの形態の炭素を記述する黒鉛化として参照されることに留意されたい。また、使用されるエッチャントは、外表面部分に沿って存在する不純物と錯化して、FeCl、TiClなどの揮発種を形成することが一般に望ましい。さらに、以上に記載したように、酸化および酸化物ストリッピングを利用して対象部分を除去する範囲内で、たとえば、以上すでに詳述したようにハロゲンガスを導入することにより、汚染物質を反応させて反応生成物を形成することが可能である。

【0027】

以上では1回のサイクルに焦点をあててきたが、酸化工程（場合によりハロゲンガス処理を併用して）などのプロセス工程は、反復可能であり、一般的には、対象部分の除去により所望の純度レベルを達成すべく数回反復される。

【0028】

対象部分の除去前、部品を機械加工操作に付して、たとえば、部品の外側材料の10~100ミクロンを除去することが可能である。堆積されたままの状態の不純物プロファイルは、一般的には、機械加工操作に基づく材料除去により変更されるが、それにもかかわらず、機械加工は、堆積されたままの状態のCVD-SiCで観測されるのと同様に、部品の外表面（すなわち、機械加工されたままの状態の表面）に不純物のスパイクを残す傾向がある。表面不純物レベルは、バルク不純物レベルに達する前に外表面部分中にたとえば1~3ミクロン程度延在しうることが判明した。したがって、機械加工に付されたいいくつかの実施形態では、多くの場合、除去される対象部分は、以上で述べた範囲の上限から約20ミクロンまでの厚さを有し、除去される実際の厚さは、3~5ミクロン程度である。したがって、対象部分の除去前に、部品のCVD-SiC表面を、グラインディング、ラッピング、またはポリシングなどの機械的研磨プロセスまたは機械加工プロセスに付すかぎり、機械加工後の表面に高い汚染レベルが存在するので、一般的には、さらなる除去が行われるであろう。対象部分の除去は、酸化-ストリッピングサイクルまたはエッチングサイクルを用いて実施可能であり、たとえば、高純度を達成するのに十分な回数で実施可能である。

【0029】

一変形形態によれば、不純物レベルをさらに減少させる目的で、対象部分の除去前に追加の加工工程を導入することが可能である。たとえば、ハロゲンガスへの暴露および後続の加工を行う前に、部品を脱イオン（DI）水などで灌ぐことが可能である。超音波ミキサー／攪拌機などを用いて灌ぐ時に攪拌を行い、さらなる補足の汚染物質除去を行うことが可能である。さらに、灌ぎ溶液は、汚染物質のストリッピングを支援すべく酸性溶液でありうる。

【0030】

他の選択肢としてまたは灌ぎに追加して、ハロゲン種の暴露の前に部品を酸性溶液などの酸性ストリッピング溶液中に浸漬し、不純物除去のさらなる支援を行いうことが可能である。灌ぎおよび／または浸漬の工程は、さらなる加工の前に任意の回数で反復可能である。

【0031】

以下でさらに詳述される観測深さプロファイリングに基づいて、典型的には、対象部分は、少なくとも約0.25ミクロン、たとえば、0.38ミクロン、0.50ミクロン、さらにはそれ以上の厚さを有する。実際に、対象部分は、最も一般的には少なくとも1.0ミクロン、好ましくは少なくとも約2ミクロン、たとえば約2~10ミクロンの厚さを

10

20

30

40

50

有するが、一般的には 20 ミクロン未満である。典型的には、CVD-SiC 層は、約 10 ~ 1000 μm の範囲の厚さを有し、特定の実施形態は、約 800 μm まで、600 μm まで、400 μm まで、または約 200 μm までの厚さを有する。部品の外表面部分の除去の深さに対応する対象部分の厚さは、一般的には、所望の表面不純物減少を確保すべく、たとえば、不純物含有率をバルクの 1,000 倍からバルクの 10 倍程度まで、さらにはそれ以下まで減少させるべく、選択される。実際に、表面不純物レベルは、一般的には、対象部分の除去の結果として少なくとも 2 枠とはいかないまでも少なくとも 1 枠減少する。

【0032】

このほかに、明らかであろうが、以上に記載の実施形態は、スパイクまたは富化ゾーンが部分的にさらには完全に除去されるように良好に制御された、部品の外表面不純物含有率からバルク不純物含有率までの最大不純物レベルを達成する。典型的には、外表面不純物含有率からバルク不純物含有率まで延在する外表面部分の初期深さに沿った最大不純物レベルは、バルクの不純物レベルの 1.5 倍以下、たとえば、バルクの不純物レベルの 1.3 倍以下、多くの場合、バルクの不純物レベルとほぼ同一（1.0 倍）である。

【0033】

特定の実施形態によれば、以上に記載したように対象部分の除去により外表面部分の表面不純物レベルを減少させた後、さらに減少した不純物レベルを有する外表面部分の局在スキン部分を形成するためにさらなる加工を行う。部品の外表面で終端しかつそれを画定するスキン部分のこの増大された純度レベルは、本明細書中では「裸出」領域または「裸出」ゾーンとして参照される。裸出は、典型的には高温処理により、一般的には部品の外表面上に重畳された堆積層または成長層の存在下で、行われる。特定の一実施形態では、典型的には少なくとも 1.0 μm の厚さ、一般的には少なくとも 5.0 μm の厚さの比較的厚い犠牲層が存在する。そのような犠牲層は、堆積多結晶性シリコンの形態でまたは堆積酸化ケイ素層として存在可能である。他の選択肢として、高温処理前に成長熱酸化ケイ素を形成する。重畳層のそのような使用は、外表面部分のスキン部分に沿って存在する不純物を「ゲッタリング」するように機能する。このスキン部分は、典型的には、外表面部分の外表面から少なくとも 100 nm の深さまで延在する。

【0034】

不純物を重畳層（本明細書中ではゲッタリング層として参照されることもある）中に移動させる熱処理時、高温でのゲッタリング層中の不純物の溶解性が高いので、不純物は、CVD-SiC 外表面部分からゲッタリング層中に移行する。こうした温度は、典型的には 1150 以上、多くの場合 1200 以上、たとえば 1250 以上である。熱処理は、1300 以上までさらに拡張することも可能である。以上で述べたゲッタリング層中の不純物の溶解性に関して、Fe の拡散係数は、SiC 系半導体加工用部品の Fe 汚染が比較的多く見受けられるので著しく重要である。多結晶性シリコン中の Fe の拡散係数は、CVD-SiC 中の拡散係数の 10⁹ 倍であるので、多結晶性シリコンは、裸出プロセスに特に好適な材料である。熱成長酸化ケイ素をはじめとする酸化ケイ素は、CVD-SiC 中の Fe の 10² 倍である 10⁻¹² cm²/秒の Fe 拡散係数を有する。

【0035】

熱処理は、典型的には、以上で定義したようなハロゲンガスを場合により含有していてもよい不活性雰囲気中で行われる。特定のハロゲンガスとしては、HCl および Cl₂ が挙げられる。他の選択肢として、特に酸化ケイ素の場合、ゲッタリング層中の Fe などの不純物の拡散係数を改良するために、不活性ガスを H₂ と組み合わせることが可能である。

【0036】

他の選択肢の裸出手法では、熱処理時に in-situ で重畳層を成長させる。この特定の実施形態では、Fe や他の遷移金属などの不純物をゲッタリングするための金属ゲッターとして機能する規定量のハロゲン化物ガスとの SiC 表面での反応に基づいて裸出を行う。ハロゲン化物ガスは、Ar や N₂ などの略不活性雰囲気内に比較的低い分圧で提供

10

20

30

40

50

される。この場合も、存在可能なハロゲン化物ガスは、以上に記載したとおりであり、特定的には、 Cl_2 および HCl を含む。なぜなら、こうして生成される金属塩化物は、金属フッ化物塩と比較してより低い沸点 / より高い蒸気圧を有するからである。ゲッタリングハロゲン化物ガスとの反応により生成される金属フッ化物塩としては、 FeCl_3 、 FeCl_2 、 CrCl_3 および NiCl_2 などの塩が挙げられる。

【0037】

以上で述べたように、以上の裸出手法は、*in-situ* 形成層または不動態層、一般的には酸化ケイ素層に基づく。この層は、空気などの酸素含有ガスを熱処理環境中にわずかにブリードさせて、100 ~ 5000 程度の厚さ、一実施形態では 500 ~ 1500 程度の厚さの酸化ケイ素膜を形成することにより、*in-situ* で形成される。エアブリーディングは、たとえば、1 ~ 50 mL / 分のレベルで実施可能である。以上に記載の裸出プロセスと同様に、*in-situ* 層を形成するためのエアブリードを伴う裸出は、以上のプロセスフローに合わせて、高温で、たとえば、1150 以上、1200 以上、さらには 1250 以上の温度で、実施可能である。同様に、熱処理は、少なくとも 4 時間、たとえば少なくとも 5 時間実施可能であり、典型的な熱処理持続時間は、10 ~ 12 時間程度である。ハロゲン化物の含有率は、典型的には、最小限に抑えられ、かつハロゲンガスの流量および付随する分圧は、一般的には、部品の外表面に拡散する金属汚染物質との反応を可能な状態にして表面の炭化を最小限に抑えるように設定されることに留意されたい。黒鉛化をさらに最小限に抑えるために、 SiCl_x ガスなどのガスを反応ガスに添加するか、または全体的に SiCl_x 中で実施することが可能である。

【0038】

薄い *in-situ* 形成酸化物層は、有利には、裸出処理時に部品の外表面を不動態化するように機能する。この役割では、この層は、下に位置する SiC 材料との望ましくない反応たとえば炭化を防止するのに役立つ。

【0039】

典型的には、裸出加工は、以上で述べたように外表面部分の対象部分の除去後に部品に適用される。先行する対象部分除去工程は、スキン不純物レベルをバルク不純物レベルとほぼ同一になるよう安定化させるのに十分な回数で行われる。すなわち、裸出前のスキン不純物レベルは、一般的には、外表面部分中のより深い箇所で、一般的には少なくとも 3 ミクロンの深さで測定されたバルク不純物レベルの 90 ~ 120 % を有する。以上に記載の裸出プロセスフローを行うことにより、スキン部分を優先的に裸出させて不純物を除去し、不純物レベルをバルクの不純物レベル未満に顕著に減少させることが可能である。

【0040】

定量的には、裸出は、不純物レベルをバルク不純物レベルの 80 % 以下に、典型的には 70 % 以下、60 % 以下、50 % 以下に、特定の実施形態では 40 % 以下に、またはバルク不純物レベルよりもさらに低いレベルに減少させるのに有効である。特定の実施形態では、スキン不純物レベルは、バルク不純物レベルの桁数よりも少なくとも完全に 1 衡低い。次に特定のデータ点について説明する。試験の結果、スキン不純物レベルは、100 ppb 原子の Fe、典型的にはそれよりもさらに低いレベル、たとえば、50 ppb 原子以下の Fe、さらには 35 ppb 原子以下の Fe に減少することが実証された。実際に、20 ppb 未満さらには 10 ppb 未満の Fe レベルを有する次世代超高純度部品を達成しうることが示された。

【0041】

以上の裸出手法は、不純物の形態のケイ化鉄および遷移金属ケイ化物が溶融により SiC 含有部品の螺旋位置および / または粒界などの欠陥に沿って急速に拡散する性質を活用する。自由表面への優先的拡散は、以上に記載の固相ゲッタリング手法または気相ゲッタリング手法により達成可能である。いずれの手法でも、ゲッタリングは、種々の不純物種の濃度勾配を形成して外表面への拡散の駆動力を持続するのに有効である。

【0042】

一特徴によれば、対象部分の除去および後続の裸出処理は、半導体製造環境中で加工用

10

20

30

40

50

部品の使用前に実施可能である。したがって、以上の工程は、半導体製造環境から離れた別の場所で、たとえば、最終使用者（たとえば、半導体部品製造業者／ウェーハ加工業者）ではなく加工用部品の製造業者により実施可能である。加工用部品は、十分に処理した後、製造環境で直接かつ即座に使用すべく気密性輸送用容器内に梱包可能である。

【0043】

前処理および後処理が施されたCVD-SiC部品を特徴付けるための特定の測定技術に関して、特に二次イオン質量分析(SIMS)を使用することが可能である。他の技術としては、たとえば、GDSが挙げられる。本明細書中で用いられる場合、バルク不純物レベルは、純度レベルが最初に安定する外表面部分内の深さ、すなわち、不純物レベルが外表面部分のさらに深部まで略一定になる深さでの不純物レベルに対応する。以上のバルク不純物レベルは、下に位置する「汚染した」部品または基板に関連付けられうるより深部の不純物レベルと混同してはならない。したがって、バルク不純物レベルは、外表面(0 nm)位置から一定の低い点に達する不純物レベルの最初の出現に関連付けられる。不純物の検出は、通常、深さに応じた測定不純物レベルの揺動により表されるある程度の変動を伴うことに留意されたい。本明細書中に特に断りのないかぎり、生データが報告されているが、特定の不純物レベルデータ点、特にバルク不純物レベルは、データに基づく不純物含有率の傾向すなわち平滑化データに依拠する。本明細書中に報告された特徴付け研究に基づいて、典型的には3ミクロンの深さで典型的にはバルク不純物レベルに到達することが判明した。したがって、バルク不純物レベルは、約3～10 μmの範囲内たとえば3～5 μmの範囲内の深さで取得可能である。距離に応じた自然の不純物濃度変動が与えられた場合、本明細書の以下で報告されるようなバルク不純物レベルは、以上に述べたように平滑化データ曲線から取得される。すなわち、標準的平滑化に従って、生データの最良あてはめ曲線図から取得される。しかしながら、バルク不純物レベルに到達する特定の深さ値は、外表面部分を形成するために利用される特定のCVDプロセスのプロセス条件、たとえば、使用される特定のツール、使用されるガス、温度、圧力、および他のプロセスパラメーターに依存する可能性がある。

10

【0044】

データおよび以下の考察は、いくつかの堆積されたままの状態のCVD-SiCサンプルさらには後処理が施されたCVD-SiCサンプルで行われた特徴付け研究に焦点をあてたものである。

20

【実施例】

【0045】

実施例1

標準的加工を用いて25 mm × 75 mm × 6 mmのサイズのSi:SiCクーポンを作製した。クーポンを希酸中で超音波クリーニングし、DI水で濯ぎ、そして乾燥させた。クリーニングされたクーポンをCVD反応器内に装填し、Si:SiCクーポンの表面上に50～75ミクロンの厚さのCVD膜を堆積させた。コーティング純度に及ぼす装置の影響をさらに理解するために、2つの異なるコーティングシステム（装置Aおよび装置B）を用いて複数のコーティング実験を行った。

【0046】

30

CVD被覆Si:SiCクーポンの表面上の不純物レベルを二次イオン質量分析(SIMS)により分析した。深さプロファイルモードでCameca 3f機器を用いてO₂⁺プラズマによりSIMS分析を行った。正確な不純物測定のためにイオン注入SiC標準を用いて機器を校正した。良好な検出限界すなわちFeでは1e15原子/ccおよびCrでは1e14原子/ccが可能になるように、分析は、FeおよびCrだけに焦点をあてた。また、より高感度かつより低いFe検出限界1e14原子/ccを有するSIMS機器を用いていくつかの実験を行った。特に断りのないかぎり、これ以降に記載される結果は、中間機械加工操作を含まない堆積されたままの状態または除去されたままの状態のCVD-SiCを表す。

【0047】

40

50

装置 A により加工されたサンプルの CVD - SiC 層の SIMS 分析は、図 2 に示されるようにバルク値の 500 ~ 1000 倍である Fe および Cr の両方の高い表面汚染を示唆する。バルク中の Fe 濃度は、< 1e15 原子 / cc であり、Cr 濃度は、CVD - SiC コーティングに特有な < 1e14 原子 / cc である。

【0048】

図 3 に示されるように、装置 B を用いて堆積された CVD - SiC 層でも、類似の高い表面不純物濃度が観測された。

【0049】

特徴付けに付された特定のサンプルでは、表面 Fe 濃度は、> 1e18 原子 / cc であり、CVD - SiC コーティング中 0.5 ミクロンの深さ以内で < 1e15 原子 / cc のバルク値まで低下する。堆積されたままの状態のコーティングの表面上の高不純物濃度の普遍性を検証するために、CVD 膜の形成に使用した反応ガス中でより多くの不純物を用いて CVD - SiC コーティングの第 3 の試験を行った。図 4 に示されるように、より高い不純物レベルを有してコーティング上で不純物富化も観測された。表面での Fe 濃度は、> 5e17 原子 / cc であり、0.6 ~ 0.7 ミクロンにわたり 4e16 原子 / cc のバルク Fe 濃度まで低下する。

10

【0050】

表面での不純物富化の機構は、現時点では十分に理解されていないが、CVD - SiC 堆積プロセス時の Si : SiC 基板の表面からの不純物移行または冷却時の膜の内部から表面への Fe 偏析に関連する可能性がある。

20

【0051】

装置 A を用いて 2 つの異なるタイプの CVD - SiC コーティングを作製し、クリーニング処理のために標準的コーティングおよびより低純度のコーティングを選択した。クーポンを CVD 被覆カンチレバーパドル上に装填し、SiC プロセスチューブおよびクリーニングされた石英バッフルを備えた拡散炉に入れた。

【0052】

10 %までの HCl ガスを有する流動 O2 中で 6 ~ 14 時間にわたり 950 ~ 1350 でクーポンを酸化した。酸化物の厚さの約 0.45 ~ 0.60 倍、名目上 0.5 倍に対応する CVD - SiC の対象部分を消費することにより CVD - SiC 表面上での厚い熱酸化物の成長を可能にするように、熱処理条件を選択した。酸化プロセスは、Fe などの遷移金属不純物を CVD - SiC 上の酸化物層中に濃縮するのに役立つ。HCl ガスは、成長酸化物の表面上の不純物を揮発させるのに役立つが、HCl 処理は、成長酸化物層内に捕捉された金属を有意に除去することは考えられない。全プロセスは、SiC + 3 / 2 O2 (g) = SiO2 + CO (g) の反応により CVD - SiC 層の汚染された対象部分を消費して SiO2 を形成する。

30

【0053】

酸化物層内のバルク不純物を除去するために、HF - HCl 混合物 (1 : 1 酸混合物) を用いて酸浴中で酸化物層をストリッピングした。得られた表面不純物濃度を図 5 に示す。

【0054】

40

SIMS 分析は、表面 Fe 濃度が、初期 CVD - SiC クーポン上の > 5e17 原子 / cc から、クリーニングされたクーポン上の < 5e16 原子 / cc に減少し、クリーニングにより 10 倍の改良がなされることを示唆する。バルク不純物濃度は、< 1e15 原子 / cc で一定に保持された。クリーニングサイクルにより表面不純物濃度は減少したが、表面不純物濃度は、依然としてバルクの 50 倍であった。したがって、表面の Fe 濃度をさらに減少させるために、追加のクリーニングサイクルを行った。2 回目のクリーニングサイクルの効果は、検出限界の問題および分析のノイズが原因で、SIMS を用いて定量できなかった。したがって、表面不純物レベルとバルク不純物レベルとの間のわずかな差を識別するのに役立てるべく、より多くの不純物を有する CVD - SiC サンプル (図 4 に示される) を用いてクリーニングサイクルを反復した。

50

【0055】

標準的CVD-SiCサンプルと同様に、より低純度のCVD-SiCサンプルをクリーニングした。最初に、10%までのHClガスを有する流動O2中で6~14時間にわたり950~1350でクーポンを酸化させて酸化物層を成長させ、続いて、これをHF-HCl溶液によりストリッピングした。クリーニングサイクルをもう一度反復してCVD-SiC表面中のより深部の材料を除去することにより、Fe富化表面層を除去した。

【0056】

2回のクリーニングサイクル後のクーポンのSIMS分析結果を図6に示す。2回のクリーニングサイクルは、汚染表面層を完全に除去するのに有効であった。また、表面不純物濃度は、バルク不純物濃度に類似している。10

【0057】

さらにまた、図7により実証されるように、本明細書中に記載の技術は、表面の不純物レベルをバルク不純物レベル以下に、すなわち、バルク不純物レベルにほぼ等しいかまたはそれ未満のレベルに減少させるように、実施可能である。たとえば、図7に示されるように、最初の2回のクリーニングサイクルの後、さらに2回のクリーニングサイクルを行ってもそれ以上純度の改良はなされなかった。

【0058】**実施例2**

6mm×18mm×3mmのサイズのSi:SiCクーポンを機械加工して平滑表面を提供し、次に、標準的な加工を用いて作製を行った。クーポンを希酸中で超音波クリーニングし、DI水で濯ぎ、そして乾燥させた。クリーニングされたクーポンをCVD反応器内に装填し、Si:SiCクーポンの表面上に25~35ミクロンの厚さのCVD膜を堆積させた。クーポンがCVD反応器内に保持される領域の近傍のいずれの薄肉コーティングをも十分に密封するために、20~35ミクロンの厚さのCVD膜でCVD被覆サンプルに再被覆した。20ppbの通常Fe濃度および500~900ppbの高Fe濃度のCVD-SiC膜を有するクーポンをクリーニング試験のために作製した。20

【0059】

クーポンをCVD被覆カンチレバーパドル上に装填し、SiCプロセスチューブおよびクリーニングされた石英バッフルを備えた拡散炉に入れた。30

【0060】

最初に、10%までのHClガスを有する流動O2中で6~14時間にわたり950~1350でクーポンを酸化させて酸化物層を成長させ、続いて、これをHF-HCl溶液によりストリッピングした。Fe富化表面層の完全除去を確保するために、クリーニングサイクルを6回反復し、図8に示されるように、Fe富化層の除去をSIMS分析により確認した。

【0061】

クリーニングされたクーポンをCVD被覆カンチレバーパドル上に装填し、SiCプロセスチューブおよびクリーニングされた石英バッフルを備えた拡散炉に入れた。

【0062】

10vol%までのHClと共に5~10SLPMで流動するAr中で6~14時間にわたり1000~1300°Cでクーポンを熱アニールした。裸出は、金属不純物が表面に拡散し、続いてHClと反応して金属ハロゲン化物を形成することにより除去されることに基づく。CVD-SiC膜を分解することなく遷移金属および遷移金属ケイ化物をガス状金属塩化物の形態に気化させるのに適切な塩素雰囲気を確保するように、処理条件を選択した。それに加えて、Feの拡散係数(10⁻¹⁴cm²/秒)が小さいので、200~250nmの最小裸出深さを達成するのに、長いアニール時間を必要とする。また、少量の空気を雰囲気中にブリードさせて、酸化物層の形態でクーポン上に薄い不動態層を形成することにより、CVD-SiCのHCl攻撃をさらに制限することも可能である。空気の添加はSiCの安定性に有益であるが、過剰の空気流は、酸化物層を厚くしそうに4050

、不純物の拡散を阻害したり、裸出有効性を低下させたりする可能性がある。したがって、酸化物層の厚さをCVD-SiC表面上で500~1500に制限した。

【0063】

Ar+HClガス中で処理した後のクリーニングされたサンプルのSIMS分析結果を図9に示す。Fe濃度は、表面での3E14原子/ccからバルク中の2.2E16原子/ccまで約1/100に減少する。低Fe表面領域は、表面から215nmの深さまで延在する。低Fe表面は、「裸出ゾーン」として参照される。

【0064】

また、低Fe純度サンプルに関連して記載したのと類似したプロセスを用いて、通常Fe純度サンプルもクリーニングした。HCl中で酸化を行う初期クリーニング工程に続いてHF酸クリーニングを行った後のサンプル中のFe濃度は、機器の検出限界未満である。したがって、表面の裸出ゾーンをSIMS分析により検出することができなかった。しかしながら、通常Fe純度サンプルは、バルク未満のFe濃度を有する表面に類似の「裸出ゾーン」を有すると予想されうる。

【0065】

比較例3

6mm×18mm×3mmのサイズのSi:SiCクーポンを機械加工して平滑表面を提供し、次に、標準的な加工を用いて作製を行った。クーポンを希酸中で超音波クリーニングし、DI水で濯ぎ、そして乾燥させた。クリーニングされたクーポンをCVD反応器内に装填し、各コーティングの厚さが25~35ミクロンであるCVD膜で2回被覆した。500~900ppbの高Fe濃度のCVD-SiC膜を有するクーポンをクリーニング試験のために作製した。

【0066】

クーポンをCVD被覆カンチレバーパドル上に装填し、SiCプロセスチューブおよびクリーニングされた石英バッフルを備えた拡散炉に入れた。

【0067】

10vol%までのHClと共に5~10SLPMで流動するAr中で6~14時間にわたり1000~1300°Cでクーポンを熱アニールし、同一雰囲気の流動ガス中で冷却した。また、少量の空気を雰囲気中にブリードさせて、酸化物層の形態でクーポン上に薄い不動態層を形成することにより、CVD-SiCのHCl攻撃をさらに制限することも可能である。

【0068】

Ar+HClガス中で処理した後のクリーニングされたサンプルのSIMS分析結果を図10に示す。表面近傍のFe濃度は、堆積されたままの状態のCVD中の2E18原子/ccからAr+HClガス中で処理されたサンプル中の1E17原子/cc未満まで減少する。それに加えて、最大Fe濃度もまた、1/2に減少する。したがって、薄い裸出ゾーンは、200nmの深さで形成され、その後、Fe濃度は増大する。Fe濃度は、最終的に、材料のバルク中の5E16未満のバルク不純物レベルまで低下する。金属の拡散速度が遅いので、CVD-SiC内への侵入深さは、<0.4ミクロンであり、Ar+HCl中での直接的熱アニールは、CVD-SiC膜の最初の200nmをクリーニングするのに有効である。したがって、有効な裸出処理では、裸出処理前にFe富化不純物プロファイルを除去することが重要である。

【0069】

また、低Fe純度サンプルに関連して記載したのと類似したプロセスを用いて、通常Fe純度サンプルもクリーニングした。HCl中で酸化を行う初期クリーニング工程に続いてHF酸クリーニングを行った後のサンプル中のFe濃度は、機器の検出限界未満である。したがって、表面の裸出ゾーンをSIMS分析により検出することができなかった。しかしながら、通常Fe純度サンプルは、バルク未満のFe濃度を有する表面に類似の「裸出ゾーン」を有すると予想されうる。

【0070】

10

20

30

40

50

以上に基づいて明らかであろうが、特定の実施形態は、外表面不純物レベルを減少させる能力、特定的にはスキン不純物レベルをバルクの不純物レベル程度まで減少させる能力を有する対象部分の除去が組み込まれたプロセスフローに依拠する。次に、後続の裸出加工は、不純物レベルを顕著に減少させた部品の外表面の局在レジームを作製するのに有效である。以上の裸出手法は、典型的には、不純物を部品の表面に移動させる不純物レベル濃度勾配を形成するのに有效な手法である固相ゲッタリング機構または気相ゲッタリング機構に依拠する。

【0071】

以上の実施例は、部品の外表面から 200 nm 程度の深さまで延在する裸出ゾーンを記述したものである。高温アニールの滞留時間を延長することにより、たとえば、300 nm、400 nm、または 500 nm の深さまで、さらに延在する裸出を達成することが可能である。たとえば、24 時間までアニールを延長すれば、250 nm 以上延在する裸出ゾーンが達成されると予想される。延在する裸出ゾーンはまた、アニール温度を増加させることにより、たとえば、1300 ℃ まで増加させることにより達成することも可能であり、これにより、350 nm 以上の裸出深さが達成されるはずである。このほかに、延在する裸出ゾーンはまた、HCl ガスフローを増加させることにより達成することも可能である。そのような場合、以上に記載のスキン不純物レベルは、100 nm を超えて延在し、200 nm 以上まで延在可能であるかまたは他の実施形態では 300 nm 以上および 400 nm 以上まで延在可能である。

【0072】

米国特許第 6,277,194 号明細書に記載のプロセスのように、半導体グレードの部品の不純物レベルを減少させる従来の試みが存在していることに留意されたい。そこでは、ゲッタリング層は、炭化ケイ素で形成可能な部品上に堆積される。しかしながら、米国特許第 '194 号明細書に記載のプロセスは、本発明の実施形態により達成される裸出領域を形成するのに有効でない。米国特許第 '194 号明細書に記載の一般化されたプロセスフローは、不純物レベルを全体的に減少させるのに十分でありうるが、本明細書中の実施形態に係る注目すべき定量可能な裸出領域を達成することができない。この裸出領域は、特に、以上に記載の実施形態によれば、バルク不純物レベル未満の CVD-SiC 材料の不純物レベルを有する。同様に、種々の実施形態に従って以上に記載したように、クリーニングサイクルは、複数回反復される場合でさえも、裸出ゾーンを形成するのに有効でなく、単独では不純物減少の向上を達成しない。

【0073】

以上に開示された主題は、例示的なものとみなされるべきものであり、限定的なものとみなされるべきものではない。また、添付の特許請求の範囲は、本発明の範囲内に含まれるすべてのそのような変形態、拡張形態、および他の実施形態を包含するものとする。したがって、法律により許容される最大限まで、本発明の範囲は、以下の特許請求の範囲およびその均等物の最広義の許容可能な解釈により決定されるべきものであり、以上の詳細な説明により拘束も限定もされないものとする。

10

20

30

【図1】

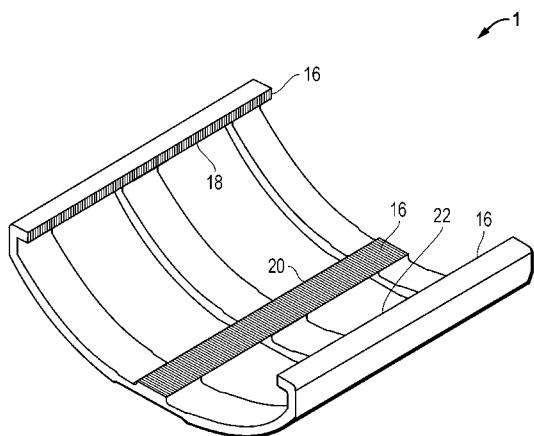


図1

【図2】

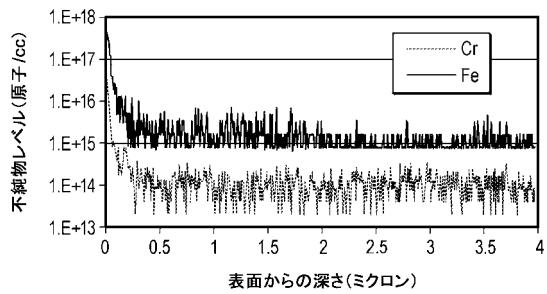


図2

【図3】

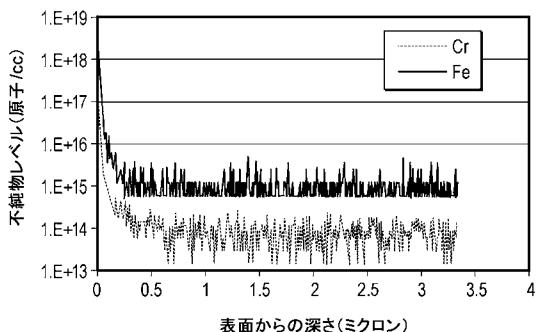


図3

【図5】

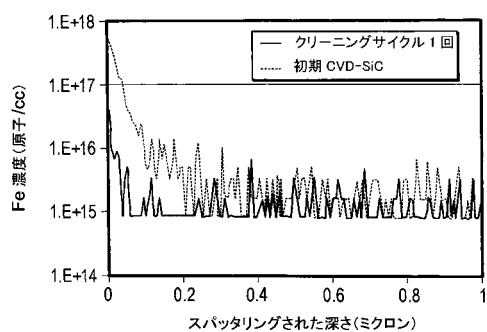


図5

【図4】

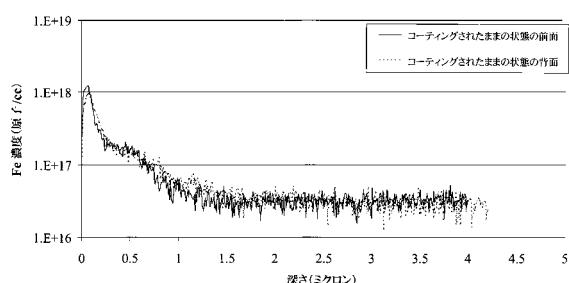


図4

【図6】

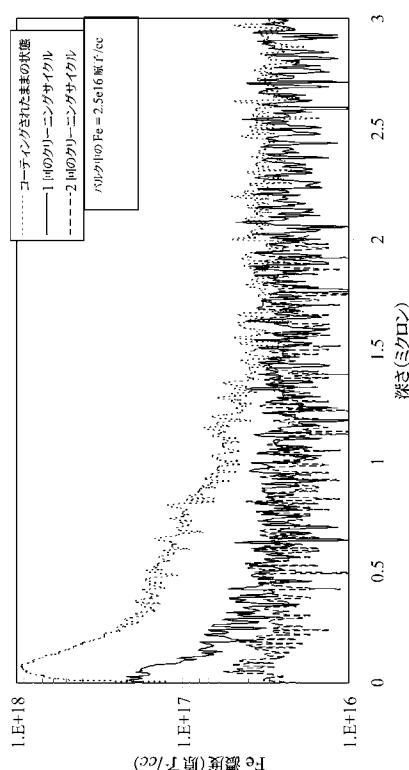


図6

【図7】

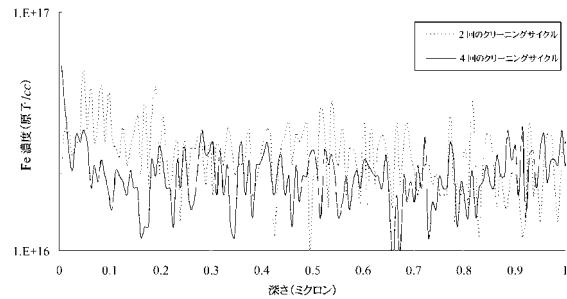


図7

【図8】

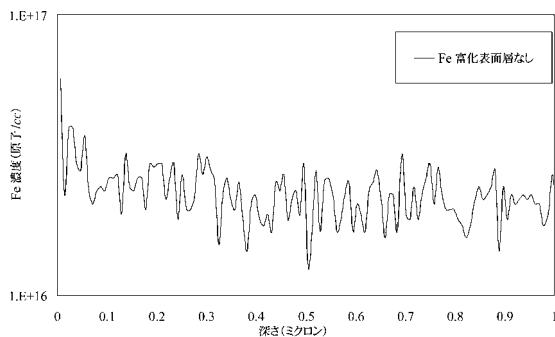


図8

【図9】

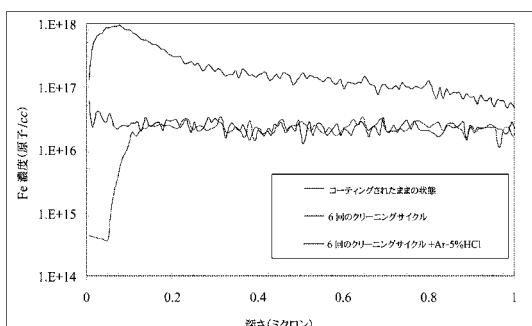


図9

【図10】

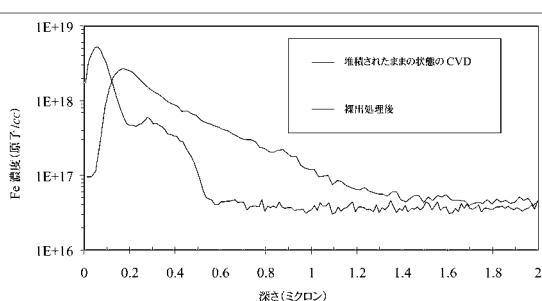


図10

フロントページの続き

(74)代理人 100170874

弁理士 塩川 和哉

(72)発明者 ナレンダー イエシュワンス

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01886 ウエストフォード カーライル・ロード 3

4

(72)発明者 リチャード・エフ・バックリー

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01545 シュールズバリー コムストック・ドライブ

8

合議体

審判長 野村 亨

審判官 長屋 陽二郎

審判官 栗田 雅弘

(56)参考文献 特開平10-245266 (JP, A)

特表2006-526894 (JP, A)

特開2007-217215 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/67 - 21/687