

(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2008-536296

(P2008-536296A)

(43) 公表日 平成20年9月4日(2008.9.4)

(51) Int.Cl.	F 1		テーマコード (参考)
H01L 21/3065 (2006.01)	H01L 21/302	1 O 4 C	4 K 028
H01L 21/3213 (2006.01)	H01L 21/88	C	4 K 057
H01L 21/306 (2006.01)	H01L 21/306	F	5 F 004
C23F 1/00 (2006.01)	C23F 1/00	1 O 1	5 F 033
C23F 4/00 (2006.01)	C23F 4/00	A	5 F 043

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2008-500764 (P2008-500764)	(71) 出願人	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 95038, フレモント, クッシング パークウェイ 4650
(86) (22) 出願日	平成18年2月27日 (2006.2.27)	(74) 代理人	110000028 特許業務法人明成国際特許事務所
(85) 翻訳文提出日	平成19年11月5日 (2007.11.5)	(72) 発明者	キム・ウンサン アメリカ合衆国 カリフォルニア州95130 サン・ホセ, グリーン・アベニュー, 3648
(86) 國際出願番号	PCT/US2006/007401		
(87) 國際公開番号	W02006/098888		
(87) 國際公開日	平成18年9月21日 (2006.9.21)		
(31) 優先権主張番号	11/076,725		
(32) 優先日	平成17年3月9日 (2005.3.9)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ酸化および酸化材料の除去

(57) 【要約】

【課題】 プラズマ酸化および酸化材料の除去

【解決手段】 導電層をエッチングする方法は、導電層の少なくとも一部を転換し、導電層の転換部分を実質的に除去し、残存表面を露出させるために、導電層をエッチングすることを含む。残存表面は、約 1.0 nm 未満の平均表面粗さを有する。導電層をエッチングするための方法も開示される。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

導電層をエッティングする方法であって、
前記導電層の少なくとも一部を転換し、
前記導電層の前記転換部分を実質的に除去し、約10nm未満の平均表面粗さを有する
残存表面を露出させるために、前記導電層をエッティングすることと、
を備える方法。

【請求項 2】

請求項1に記載の方法において、
前記導電層は、銅層または銅合金層を含む、方法。

10

【請求項 3】

請求項1に記載の方法において、
前記導電層の少なくとも一部の転換は、前記導電層の前記少なくとも一部を酸化することを含む、方法。

【請求項 4】

請求項1に記載の方法において、
前記導電層の少なくとも一部の転換は、前記導電層の前記少なくとも一部を窒化することを含む、方法。

【請求項 5】

請求項1に記載の方法において、
前記導電層は、下位層の上に形成され、前記下位層は、基板の上に形成される、方法。

20

【請求項 6】

請求項5に記載の方法において、
前記下位層は、障壁層である、方法。

【請求項 7】

請求項5に記載の方法において、
前記導電層の少なくとも一部の転換は、前記導電層のほぼ全体を転換することと、および前記下位層の少なくとも一部を転換することを含む、方法。

【請求項 8】

請求項1に記載の方法において、
前記導電層の少なくとも一部の転換、前記導電層の前記転換部分を実質的に除去するための前記導電層のエッティングとは、ほぼ同時に生じる、方法。

30

【請求項 9】

請求項1に記載の方法において、
前記導電層の少なくとも一部の転換と、前記導電層の前記転換部分を実質的に除去するための前記導電層のエッティングとは、その場(in-situ)で生じる、方法。

【請求項 10】

請求項1に記載の方法において、
前記導電層の前記転換部分を実質的に除去するための前記導電層のエッティングは、BC
1₃によってエッティングすることを含む、方法。

40

【請求項 11】

請求項1に記載の方法において、
前記導電層の少なくとも一部の転換は、塩素および酸素を含む酸化用混合物によって前記導電層の前記少なくとも一部を酸化することを含む、方法。

【請求項 12】

請求項1に記載の方法において、
前記導電層の少なくとも一部の転換は、アルゴンおよび酸素を含む酸化用混合物によって前記導電層の前記少なくとも一部を酸化することを含む、方法。

【請求項 13】

請求項1に記載の方法において、

50

前記導電層の少なくとも一部の転換は、摂氏約200度を超える温度で前記導電層の前記少なくとも一部を転換することを含む、方法。

【請求項14】

請求項1に記載の方法において、

前記導電層の少なくとも一部の転換は、前記導電層の前記少なくとも一部をプラズマの中で転換することを含む、方法。

【請求項15】

請求項1に記載の方法において、

前記導電層の前記転換部分を実質的に除去するための前記導電層のエッティングは、摂氏約150度未満の温度で前記導電層をエッティングすることを含む、方法。 10

【請求項16】

請求項1に記載の方法において、

前記導電層の前記転換部分を実質的に除去するための前記導電層のエッティングは、動的液体メニスカスを用いてエッティングすることを含む、方法。

【請求項17】

請求項1に記載の方法において、

前記導電層の前記転換部分を実質的に除去するための前記導電層のエッティングは、前記導電層をプラズマの中でエッティングすることを含む、方法。

【請求項18】

請求項1に記載の方法において、

前記残存表面の平均表面粗さは、前記導電層の前記転換部分の厚さの約0.04倍未満である、方法。 20

【請求項19】

請求項18に記載の方法において、

前記導電層の少なくとも一部の転換と、前記導電層の前記転換部分を実質的に除去するための前記導電層のエッティングとは、ほぼ同時に生じる、方法。

【請求項20】

銅層をエッティングする方法であって、

プラズマ室内で摂氏約200度を超える温度で第1のプラズマによって前記銅層の少なくとも一部を酸化し、 30

前記銅層の前記酸化部分を実質的に除去し、約10nm未満の平均表面粗さを有する残存表面を露出させるために、前記プラズマ室内で摂氏約100度未満の温度で第2のプラズマによって前記銅層をエッティングする、前記銅層は、こと、

を備える方法。

【請求項21】

導電層をエッティングするためのシステムであって、

基板を封入することができるプラズマ室であって、前記基板は、導電材料の露出層を有し、摂氏約200度を超える温度で第1のプラズマを、摂氏約100度未満の温度で第2のプラズマを維持することができる、プラズマ室と、

前記プラズマ室に結合された転換種ソースと、

前記プラズマ室に結合されたエッティング種ソースと、

前記プラズマ室に結合され、前記プラズマ室に入る前記転換種および前記エッティング種の流れを制御することができるコントローラであって、レシピを含むコントローラと、を備えるシステム。 40

【請求項22】

請求項21に記載のシステムにおいて更に、

動的液体メニスカスエッティングプロセス室を備えるシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、デュアルダマシン半導体製造プロセスに関し、より具体的には、半導体製造プロセスにおける、特徴および層の平坦化と、表面粗さの制御とを目的とした方法ならびにシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体の製造では、デュアルダマシン製造プロセスが、ますます一般化している。代表的なデュアルダマシン製造プロセスでは、半導体基板または半導体基板上に形成された膜の中に形成された、予めパターン形成されたトレンチおよびビアの中に、1種類または複数種類の導電材料が堆積される。導電材料の超過部分、すなわち過剰部は、除去されることが多い。導電材料の過剰部は、不要で望ましくない部分であり、ダマシン特徴の作成、および後続処理に備えた均一で且つ平坦な表面の提供のために、除去する必要がある。10

【0003】

導電材料の過剰部は、一般に、化学機械研磨（CMP）プロセス、電解研磨（ECP）（例：エッティング）プロセス、およびCMPとECPプロセスとを組み合わせたプロセスを通して半導体基板から除去される。これらの各プロセスは、深刻な欠点を有する。例えば、ECPは、一般に、スループットが比較的低く、均一性に乏しく、尚且つ非導電材料を効果的に除去することができない。

【0004】

CMPは、物理的接触プロセスを必要とし、一般に、導電性の残留物を残し、様々な材料の腐食を引き起こし、除去を非均一にする結果となるうえ、相互接続および層間絶縁膜（ILD）の上層を適切に平坦化することができない。CMPは、また、残存する相互接続およびILD構造に対し、応力に関連した損傷（例：層間剥離、剥がれ）を与える可能性もある。CMPによって引き起こされた応力損傷は、最近使用される材料の持つ非常に乏しい層間接着性という特徴によって、更に増幅される。CMPプロセスの物理的力を低減させ、物理的応力の低下を図ると、スループットが許容不可能なレベルまで低下し、他のプロセス性能パラメータの悪化を招くことが多い。20

【0005】

以上からわかるように、残存する特徴（feature）に対する物理的応力を最小限に抑えつつ、層の少なくとも一部を除去し、ほぼ滑らかな表面を提供するための、改良されたシステムならびに方法が必要とされている。改良されたシステムおよび方法は、半導体製造での使用に適しており、デュアルダマシンプロセスまたは他の半導体製造プロセス等のプロセスに適用可能であることが望ましい。30

【発明の開示】

【0006】

概して、本発明は、導電層をエッティングするためのシステムおよび方法を提供することによって、これらの必要性を満たす。なお、本発明は、プロセス、装置、システム、コンピュータ可読媒体、またはデバイスを含む数多くの形態で実現可能であることを理解されるべきである。以下では、本発明のいくつかの実施形態が説明される。

【0007】

一実施形態は、導電層をエッティングする方法であって、導電層の少なくとも一部を転換し、導電層の転換部分を実質的に除去し、残部表面を露出させるために、導電層をエッティングすることを備える方法を提供する。残部表面は、約10nm未満の平均表面粗さを有する。40

【0008】

導電層は、銅層または銅合金層を含むことができる。導電層の少なくとも一部の転換は、導電層の少なくとも一部を酸化することを含むことができる。導電層の少なくとも一部の転換は、導電層の少なくとも一部を窒化することを含むことができる。

【0009】

導電層は、下位層の上に形成することができる。下位層は、基板の上に形成することができる。下位層は、障壁層であることが可能である。導電層の少なくとも一部の転換は、50

導電層のほぼ全体を転換すること、および下位層の少なくとも一部を転換することを含むことができる。

【0010】

導電層の少なくとも一部の転換は、導電層の転換部分を実質的に除去するための導電層のエッティングと、ほぼ同時に生じることができる。

【0011】

導電層の少なくとも一部の転換は、導電層の転換部分を実質的に除去するための導電層のエッティングと、その場 (in-situ) で生じることができる。

【0012】

導電層の転換部分を実質的に除去するための導電層のエッティングは、B C l₃によってエッティングすることを含むことができる。導電層の少なくとも一部の転換は、塩素および酸素を含む酸化用混合物によって導電層の少なくとも一部を酸化することを含むことができる。

10

【0013】

導電層の少なくとも一部の転換は、アルゴンおよび酸素を含む酸化用混合物によって導電層の少なくとも一部を酸化することを含むことができる。導電層の少なくとも一部の転換は、摂氏約 200 度を超える温度で導電層の少なくとも一部を転換することを含むことができる。導電層の少なくとも一部の転換は、導電層の少なくとも一部をプラズマの中で転換することを含むことができる。

20

【0014】

導電層の転換部分を実質的に除去するための導電層のエッティングは、摂氏約 150 度未満の温度で導電層をエッティングすることを含むことができる。導電層の転換部分を実質的に除去するための導電層のエッティングは、動的液体メニスカスを用いたエッティングを含むことができる。導電層の転換部分を実質的に除去するための導電層のエッティングは、導電層をプラズマの中でエッティングすることを含むことができる。

30

【0015】

残部表面の平均表面粗さは、導電層の転換部分の厚さの約 0.04 倍未満である。導電層の少なくとも一部の転換と、導電層の転換部分を実質的に除去するための導電層のエッティングとは、ほぼ同時に生じる。

【0016】

別の一実施形態は、銅層をエッティングする方法であって、プラズマ室内で摂氏約 200 度を越える温度で第 1 のプラズマによって銅層の少なくとも一部を酸化することを備える方法を提供する。銅層は、銅層の酸化部分を実質的に除去し、残存表面を露出させるために、エッティングされる。残存表面は、約 10 nm 未満の平均表面粗さを有する。銅層は、プラズマ室内で摂氏約 100 度未満の温度で第 2 のプラズマによってエッティングされる。

30

【0017】

更に別の一実施形態は、導電層をエッティングするためのシステムを提供する。システムは、プラズマ室を備える。プラズマ室は、基板を封入することができ、基板は、導電材料の露出層を有する。プラズマ室は、摂氏約 200 度を超える温度で第 1 のプラズマを、摂氏約 100 度未満の温度で第 2 のプラズマを維持することができる。システムは、また、プラズマ室に結合された転換種ソースと、プラズマ室に結合されたエッティング種ソースと、を備える。システムは、また、プラズマ室に結合されたコントローラを備える。コントローラは、プラズマ室に入る転換種およびエッティング種の流れを制御することができる。コントローラは、また、レシピを含む。システムは、また、動的液体メニスカスエッティングプロセス室を、随意に備えることもできる。

40

【0018】

本発明の原理を例として示した添付の図面と関連させた以下の詳細な説明から、本発明の他の態様および利点が明らかになる。

【0019】

添付の図面と関連させた以下の詳細な説明によって、本発明が容易に理解される。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

銅層をエッティングするための改良されたシステムおよび方法に関するいくつかの代表的な実施形態が説明される。当業者ならば、本明細書で定められた具体的な詳細の一部または全部を特定しなくても本発明が実施可能であることが明らかである。

【0021】

半導体製造プロセスの導電材料として、銅および銅合金が広く使用されるようになっている。例えば、半導体内に形成されたデバイス間の相互接続を形成するために、多くの導電性のトレースおよびビアが使用されている。このような銅製および銅合金製の相互接続は、ダマシンおよびデュアルダマシンの構造内に形成されることが多い。

10

【0022】

第1の層は、一般に、トレンチおよびビアホールを中心に形成されている。次いで、それらのトレンチおよびビアホールの中と上とに、導電材料が満たされる。結果、導電材料のかなりの部分は、トレンチおよびビアホールの上に不均等に分布された過剰部を形成する。後続の半導体プロセスに備え、望ましくない短絡を回避すると共にほぼ平坦な表面を提供するためには、過剰部を除去する必要がある。

【0023】

一般に、過剰部は、CMPプロセスまたは類似の機械的手段によって除去される。上述されたように、CMPは、あいにく、半導体構造に過剰な応力を及ぼすことによって、相互接続構造および下位層を損傷させる可能性がある。

20

【0024】

エッティングおよび無応力平坦化のための様々な方法は、パターン形成された半導体基板を受け取り、パターン内の複数の特徴は、導電性の相互接続材料によって満たされ、導電性の相互接続材料は、非均一性を有する過剰部を有し、過剰部の上に追加層を形成し、複数の特徴に機械的応力を及ぼすことなく追加層および過剰部を平坦化し、追加層は、平坦化プロセス中にはほぼ全体を除去されることを含む。過剰部の上への追加層の形成は、過剰部の上面および上部を化学転換することを含むことができる。過剰部の上面および上部の化学転換は、過剰部の上面を反応ガスに暴露することを含むことができる。反応ガスは、ハロゲンであることが可能である。追加層は、過剰部のハロゲン化反応生成物であることが可能である。追加層および過剰部の平坦化は、追加層と、過剰部の少なくとも一部とをエッティングすることを含むことができる。追加層および過剰部の平坦化は、追加層をエッティングすること、第2の追加層を形成すること、および第2の追加層をエッティングすることを含む、反復プロセスを含むことができる。反復プロセスは、その場(in-situ)で生じることができる。導電性の相互接続材料は、銅を含むことができる。

30

【0025】

銅の超過層の除去および平坦化には、銅の超過層のエッティングを使用することができる。あいにく、従来の銅エッティングプロセスのほとんどは、銅エッティング面(すなわち、あとに残る銅表面)の表面粗さを過剰にする。過剰な表面粗さは、複数の経路を通じたデバイス故障の可能性を増大させる恐れがある。例えば、経路のほんの数例として、過剰な表面粗さは、ボイドの形成、障壁キャップまたは誘電体キャップの界面におけるエレクトロマイグレーション、抵抗率の変化、過剰な相互接続、およびビアの底における接触抵抗性等を促進することを挙げられる。電解研磨およびCMPを含む他のエッチバック手法でも、同様の問題が生じる恐れがある。

40

【0026】

図1Aは、本発明の一実施形態にしたがった、デュアルダマシンプロセスにおけるパターン形成後の半導体基板100を示している。基板100は、デュアルダマシン製造プロセス等の半導体製造プロセスの一環としてパターン形成されたものである。基板100のパターン形成には、マスクを使用することができる。基板100は、いくぶん隔離された大きな特徴102(例:トレンチ、ビア等など)と、いくぶん隔離された小さめの特徴104と、密集するいくつかの特徴106とを含む。また、障壁層108も含まれる。障壁

50

層 108 は、一般に、基板 100 とも導電性相互接続材料 120 とも異なる材料である。導電性相互接続材料 120 は、銅、銅合金、または他の適切な導電材料であることが可能である。

【0027】

導電性相互接続材料 120 の過剰部 110 は、特徴 102, 104, 106 の上方に広がり、対応する過剰部 110 の厚さの局所的变化 124, 116, 118 を含む。図に示されるように、大きめの特徴 102 は、過剰部 110 の厚さの変化が僅かに小さい小さめの特徴 104 と比較して、対応する過剰部 110 の厚さの減少がいくぶん大きい。密集された特徴 106 では、過剰部 110 の厚さがいくぶん増大している。

【0028】

代表的なエッティングプロセスは、導電性相互接続材料 120 の過剰部 112 を、ウエハ全域にわたってかなり均一な速度でエッティングするので、代表的なエッティングプロセスは、密集された特徴 106 に近い部分の障壁層 110 より前に、大きな特徴 102 に近い部分の障壁層 108 を露出させる。過剰部 112 は、上述のように、無応力平坦化プロセスで大部分を除去および平坦化することができる。

【0029】

図 1B は、本発明の一実施形態にしたがった、半導体基板 100 上の層 108, 110 の断面図である。基板 100 は、上に銅または銅合金の層 110（銅層 110）を形成された第 1 の下位層 108（例：障壁層または基板）を有する。銅層 110 は、複数の結晶構造 110A ~ 110D として形成されている。各結晶構造 110A ~ 110D は、方向の異なる複数種類の平行線模様で示されるように、異なる粒状構造を有する。結晶構造 110A ~ 110D は、また、各結晶構造間に境界を形成することもできる。下位層 108 および銅層 110 は、合わせて厚さ h を有する。

【0030】

図 1C および図 1D は、本発明の一実施形態にしたがった、代表的なエッティングプロセスを施された後の半導体基板 100 上の層 108, 110 の断面図である。先ず、図 1C に示されるように、銅層 110 はエッティングされ、このエッティングプロセスは、異なる結晶構造 110A ~ 110D 間の境界に、かなりの大きさの谷 112 を形成した。例えば、銅層 110 の表面は深さ d までエッティングされ、谷 112 は約 d' の深さを追加でエッティングされた。エッティングプロセスは、谷 112 を形成するべく境界を攻撃的にエッティングした。このため、残存銅層 110 の表面は、過剰に粗くなる可能性がある。

【0031】

次に、図 1D に示されるように、銅層 110 がエッティングされた。このエッティングプロセスは、少なくとも一部には、エッチャント化学剤と結晶構造 110A ~ 110D の配向との間における反応速度の違いゆえに、異なる結晶構造 110A ~ 110D を不均等にエッティングする結果となった。その結果、銅層 110 の表面は深さ d までエッティングされ、谷 114 は約 d'' の深さを追加でエッティングされた。谷 114 は、エッチャント化学剤と結晶構造 110B, 110C との間における第 2 のエッティングより速い、エッチャント化学剤と結晶構造 110A との間における第 1 のエッティング速度によって形成された。このため、残存銅層 110 の表面は、過剰に粗くなる可能性がある。

【0032】

残存銅層 110 の過剰な粗面化は、また、境界をエッティングするエッチャント化学剤（すなわち、図 1C で説明されたようなもの）と、異なる結晶構造 110A ~ 110D を不均等にエッティングするエッチャント化学剤との組み合わせによって生じる可能性もある。代表的な過剰な粗さは、従来のプラズマエッチバックプロセス後の段階で、約 10 nm から約 100 nm までの範囲である。所望の粗さは、約 10 nm 未満である。

【0033】

プラズマ転換、およびその結果として得られる銅化合物の除去は、過剰な表面粗さを実質的に排除するために使用することができる。プラズマ転換および除去プロセスは、無応力のプロセスであるので、従来の CMP で一般に遭遇されるような、障壁 / 誘電体の境界

における剥離またはビアの引き出し等の応力関連の問題を排除する。

【0034】

図2Aおよび図2Bは、本発明の一実施形態にしたがつた、半導体基板200上に形成されえる層108, 110の断面図である。図3は、本発明の一実施形態にしたがつた、銅層110の一部を転換およびエッチングする方法工程300のフローチャートである。図3Aの工程305に示されるように、銅層110の表面の部分202は、より均一な材料に転換することができる。銅層110の表面の部分202は、上述のように、ハロゲン化生成物に転換することができる。

【0035】

例えば、銅層110の表面の部分202は、酸化銅、窒化銅、またはそれらの混合に転換することができる。部分202の全体が、ほぼ均一な単一の材料からなるので、配向の異なる複数種類の結晶粒構造（例：上記の図1A～1Cの複数種類の結晶構造110A～110D）は存在しない。したがつて、後続のエッチングプロセスは、より均一なエッチング速度およびより均一なエッチング結果を提供することができる。

10

【0036】

再び図1Aに示されるように、もし障壁層108が導電材料である場合は、障壁層108は、特徴102と特徴104との間に電気経路を提供する可能性がある。したがつて、障壁層108を除去することが、しばしば望まれる。転換プロセス305は、また、下位層108の少なくとも一部を転換することを含むことができる。下位層108は、例えば、障壁層であることが可能である。障壁層108は、また、転換された銅層110全体および転換された障壁層108の両方を後続の単一のエッチングプロセスで除去可能にするために、酸化物または窒化物に転換することができる。あるいは、障壁層108は、銅層110の除去後に転換および除去することができる。

20

【0037】

更に別の一代替形態では、工程305の転換プロセスは、障壁層108に対して選択的であることが可能である。例えば、導電層110は、銅で、障壁層108は、タンタル（Ta）、窒化タンタル（Ta_N）、チタン（Ti）、窒化チタン（Ti_N）、または他の適切な材料、またはそれらの化合物であることが可能である。工程305の転換プロセスは、銅層110を転換し、障壁層108に達すると停止する。これは、銅層を転換するために使用される転換用化学剤が、銅に対するのと比べて大幅に低いエッチング速度（例：約10:1）を有するからである。

30

【0038】

転換プロセス305は、銅層110を塩素と酸素との混合気に暴露することを含むことができる。例えば、塩素と酸素との混合気は、約50%の塩素と約50%の酸素とを含むことができる。あるいは、転換プロセス305は、銅層110を約50%のアルゴンと約50%の酸素との混合気に暴露することを含むことができる。あるいは、転換プロセス305は、銅層110を約50%のアルゴンと約50%の窒素との混合気に暴露することを含むことができる。転換プロセス305では、キセノン、水素（H₂）、塩素（Cl₂）、臭素（Br₂）、および塩酸（HCl）のうちの1種または複数種を酸素に混合することもできる。更に別の一代替形態では、転換プロセス305は、銅層110を転換するために、一酸化炭素（CO）、二酸化炭素（CO₂）、および亜酸化窒素（N₂O）のうちの1種または複数種に銅層110を暴露することを含むことができる。

40

【0039】

転換プロセス305は、プラズマによって実施されてよい。あるいは、転換プロセス305は、プラズマを伴うことなく実施されてよい。転換プロセス305は、摂氏約-20度未満から摂氏約300度を超えるまでの温度で実施することができる。転換プロセス305は、任意の適切なプロセス室内で実施することができる。例えば、転換プロセス305は、約2MHz未満から約27MHzを超えるまでの周波数で動作する容量結合プラズマ室内または誘電結合プラズマ室内で実施することができる。転換プロセス305は、2003年12月22日付けで出願された、Bailey IIIによる米国特許出願第10/7450

50

4 , 3 5 5 号「Small Volume Process Chamber with Hot Inner Surfaces (熱内面を有する小容量プロセス室)」に記載されるようなプラズマ室内で実施することができる。この文献は、引用によってその全体を本明細書に組み込まれるものとする。

【0040】

転換プロセス305は、約1ミリトルから約1トルまでの圧力で実施されてよい。転換プロセス305は、約20秒未満から約1分を超えるまでの時間を必要としてよい。転換プロセス305は、銅層110の上面を、約100nm未満から約1500nmを超えるまでの範囲で転換することができる。

【0041】

図2Bの工程310に示されるように、銅層110の表面の転換部分202は、エッティングプロセスで除去することができる。エッティングプロセス310は、銅層110のほぼ滑らかな表面204を残留させる(すなわち、表面204は、約10nm未満の平均表面粗さを有する)。平均表面粗さは、表面204の35ミクロン×35ミクロンの領域における山と谷との間の平均差として定められる。エッティングプロセス310は、摂氏約-20度未満から摂氏約300度を超えるまでの温度で実施することができる。10

【0042】

エッティングプロセス310は、ウェットエッティングまたはプラズマエッティングのいずれかであることが可能である。例えば、エッティングプロセス310は、転換プロセス305が実施されたのと同じプラズマ室内で、in-situで実施することができる。あるいは、エッティングプロセス310は、当該分野で周知のように、エッティングタンク内のウェットエッティングとして実施されるウェットエッティングであることが可能である。ウェットエッティングは、また、図4で後述されるように、動的液体メニスカスによって実施することもできる。20

【0043】

エッティングプロセス310は、下位にある導電層110の非転換部分に対して選択的であることが可能である。例えば、もし転換部分202が酸化銅に転換され、その後に銅層が残るならば、選択されたエッチャント化学剤は、残存銅を実質的にエッティングすることなく酸化銅を除去することができる。BC₁₃を含むエッティング化学剤の、酸化銅対元素銅の選択性は、10:1である。BC₁₃を含むエッティング化学剤は、アルゴンとBC₁₃との混合を含むことができる。例えば、BC₁₃を含むエッティング化学剤は、約400nm/分から約700nm/分までの速度で酸化銅をエッティングすることができ、元素銅に対するエッティング速度は、わずか約60nm/分である。あるいは、エッティング化学剤は、障壁層108に対して選択性であることが可能である。30

【0044】

上述された1つまたは複数の実施形態では、残存表面の平均表面粗さは、導電層の転換部分の厚さの関数であることが可能である。例えば、もし、除去するべき導電層の所望の厚さが約250nmであるならば、上述されたAr/O₂プロセスは、結果として、約10nmの表面粗さを有する表面をあとに残すことができる。繰り返し述べるが、Ar/O₂プロセスにおいて、平均表面粗さは、導電層の転換部分の厚さの約0.04倍未満である。40

【0045】

転換プロセス305およびエッティングプロセス310は、連続する銅110の各部分を徐々に転換してエッティング除去するために、繰り返し使用することができる。

【0046】

エッティングプロセス310は、1種類または複数種類の濃度のBC₁₃によって転換銅をエッティングすることを含むことができる。例えば、エッティングプロセス310中において、BC₁₃は、BC₁₃/アルゴン混合の約10%から約100%までであることが可能である。基板100は、また、エッティングプロセス310中において、摂氏約350度を超える温度に加熱することができる。例えば、エッティングプロセス310中において、チャックによって、基板100を支えると共に加熱することが可能である。エッティングプロ50

セス310は、約100nm／分から約700nm／分までのエッチング速度を有することができる。

【0047】

転換プロセス305およびエッチングプロセス310は、ほぼ同時的であることも可能である。例えば、約50%のアルゴンと約50%の酸素との混合気に、摂氏約20度で銅層110を暴露すると、表面の転換およびエッチング除去が、ほぼ同時に生じると考えられる。あるいは、アルゴンと酸素との混合気は、約2%から約100%までの酸素と、約98%から約0%までのアルゴンとを含む濃度範囲を含むことができる。転換プロセス305は、摂氏約-20度未満から摂氏約300度を超えるまでの範囲内で生じることができる。転換プロセスおよびエッチングプロセスのほぼ同時的な発生は、約10nm／分から約200nm／分までの速度で転換および除去を行うことができる。10

【0048】

転換プロセス305およびエッチングプロセス310は、異なる温度および圧力で、in-situで実施することができる。例えば、転換プロセス305は、摂氏約200度を超える温度で施すことができ、エッチングプロセス310は、摂氏約100度未満の温度で施すことができる。この温度のばらつきは、過剰部110の塊の除去後に残される極薄銅層における任意の銅凝集を大幅に低減させることができる。

【0049】

エッチングプロセス310は、また、約5mTから約100mTまでの圧力および摂氏約100度未満の温度のもとで、約10%から約100%までのBCl₃/アルゴン混合気を含むこともできる。プラズマは、約500Wから約2000Wまでの上部電源と、約100Wから約1000Wまでのチャックバイアスとによって生成することができる。20

【0050】

図4は、本発明の一実施形態にしたがった、動的液体メニスカス416を支えることができる近接ヘッド420を図示している。一実施形態において、近接ヘッド420は、洗浄、乾燥、エッチング、またはその他の処理操作を実施するために、ウエハ400の上面430aに近接した状態で移動する。なお、近接ヘッド430は、ウエハ400の底面430bを処理する（例：洗浄、乾燥、エッチング等など）ために利用されてもよい点を理解されるべきである。一実施形態において、ウエハ400は回転しているので、近接ヘッド420は、ウエハ400の表面430aを直線的に横断してよい。近接ヘッドが、ウエハ400の表面430aを横断するので、動的液体メニスカス416もまた、引っ張られて表面430aを横断する。このようにして、動的液体メニスカス416は、ウエハ400の表面430aを横断することができる。動的液体メニスカス416が、ウエハ400の表面430aを横断することができるので、流体、粒子、および他の遊離物質は、ほぼ全て、表面430aから引っ張られて除去される。このようにして、動的液体メニスカス416は、表面430aを実質的に乾燥させる。30

【0051】

動的液体メニスカス416は、ウエハ400の表面430aと、近接ヘッド420との間の比較的狭い空間に形成される。動的液体メニスカス416は、ソース排出口404を通じた真空412と、ソース供給口406を通じた流体414（例：脱イオン水、エッチヤント化学剤等など）とによって形成される。動的液体メニスカス416の形成を補助するために、供給ポート402を通じてIPA（イソプロピルアルコール）を追加することが可能である。IPA410は、動的液体メニスカス416の縁を強化する。40

【0052】

動的液体メニスカス416は、いくつかのプロセスのうちの任意の1つまたは複数のプロセスに対応することができる。例えば、動的液体メニスカス416の形成にエッチング化学剤416が使用される場合には、動的液体メニスカスは、特定の位置に目的を絞るおよび/または表面430a全体に実施することができるエッチングプロセスに対応することができる。同様に、動的液体メニスカス416の形成にすぎ流体（例：脱イオン水）を使用し、1回の通過で表面430aをすぎ且つ乾燥するために使用することができる。50

【0053】

図5は、本発明の一実施形態にしたがった、導電層をエッチングするためのシステム500の概略図である。システム500は、第1のプロセス室502を含む。第1のプロセス室502は、上述のように、プラズマ室であることが可能である。システム500は、また、プロセス室502に結合され、プロセス室502を制御することができる、コントローラ510を含む。コントローラ510は、レシピ512を含む。レシピ512は、第1のプロセス室502を動作させるために所望される、第1のプロセス室502用の全ての動作パラメータ（例：温度、圧力、流量、プロセスガス、タイミング、順序付け等など）を含む。例えば、レシピ512は、第1のプロセス室502に結合された1つまたは複数の転換種ソース504からの転換種（または種の組み合わせ）の流量および圧力を定めることができる。更に、レシピ512は、第1のプロセス室502に結合された1つまたは複数のエッティング種ソース506からのエッティング種（または種の組み合わせ）の流量および圧力を定めることができる。

10

【0054】

システム500は、第2のプロセス室520を含むこともできる。第2のプロセス室520は、ウェットエッティングプロセス室等のエッティング室、または動的液体メニスカス用のプロセス室であることが可能である。第2のプロセス室520は、上述のように、プラズマエッティングを実施するための別個のプラズマ室であることも可能である。

20

【0055】

1枚または複数枚の導電層（例：銅層および／または下位の障壁層）を転換およびエッティングする上記の実施形態は、代表的なものとして、銅エッチバックプロセスとの関連で説明された。しかしながら、パターンめっきプロセスおよびパターン形成プロセスに対しても、ほぼ同様のプロセスを施すことができる点が理解されるべきである。

30

【0056】

図6A～6Eは、本発明の一実施形態にしたがった、パターンめっきプロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示している。先ず、図6Aに示されるように、基板602は、その上に第1の層604を形成されている。第1の層604の上には、種子層606が形成される。種子層は、図6Bに示されるようにパターン内に形成される材料（例：銅）の、比較的薄い層であることが可能である。パターン形成技術によって、パターン608が形成される。パターン608は、フォトレジスト材料で形成することができる。

30

【0057】

次に、図6Bに示されるように、パターン608の中に銅の層610が堆積された。種子層は、銅層610の接着を助ける。図6Cに示されるように、パターン608は、除去された。パターン608は、任意の適切な方法によって除去することができる。例えば、パターン608を形成するフォトレジスト材料は、適切な波長の光にフォトレジストを暴露させ、次いで、すぎ／洗浄プロセスで取り除くことによって、除去することができる。パターン608の除去は、銅層610の断片間に間隔608Aのパターンを残留させる。フォトレジスト608が除去されたので、下位にある種子層606の部分が再び露出される。

40

【0058】

次に、図6Dに示されるように、銅610の比較的薄い上層610Aを転換（例：酸化または窒化）するために、上記の図2A～3で説明された転換プロセスを施すことができる。種子層606の露出部分606Aもまた、上記の図2A～3で説明された転換プロセスによって転換（例：酸化または窒化）することができる。種子層606の露出部分606Aは、銅610の比較的薄い上層610Aが転換されるのとほぼ同時に転換することができる。

【0059】

次に、図6Eに示されるように、エッティングプロセスは、比較的薄い上層610Aと、種子層606の転換部分606Aとを除去した。その結果、銅層610の断片間の間隔6

50

08Bのパターンが、第1の層604にまで達する。種子層606の転換部分606Aの除去は、銅層610の断片間の、望ましくない導電性相互接続を除去する。

【0060】

図7A～7Eは、本発明の一実施形態にしたがつた、パターン形成プロセスに施される転換およびエッティングのプロセスを示している。先ず、図7Aに示されるように、基板702は、その上に第1の層704を形成されている。第1の層704の上には、種子層706が形成される。種子層706の上には、導電層708が形成される。種子層706は、導電層708の材料（例：銅）の、比較的薄い層であることが可能である。種子層706は、他の任意の適切な材料であることも可能である。種子層706は、銅層708の接着を助ける。パターン形成技術によって、パターン710が形成される。パターン710は、ハードマスクであることが可能である。10

【0061】

次に、図7Bに示されるように、導電層708のうち、パターン710に覆われていない部分708Aが、上記の図2A～3で説明されたように転換（例：酸化または窒化）される。図7Cに示されるように、パターン710は、除去された。パターン710は、任意の適切な方法によって除去することができる。例えば、パターン710を形成するハードマスク材料は、化学機械研磨（CMP）によって除去することができる。

【0062】

次に、図7Dに示されるように、導電層708の転換（例：酸化または窒化）部分708Aを除去するために、上記の図2A～3で説明されたエッティングプロセスを使用することができる。導電層708の転換部分708Aの除去は、種子層706の部分を露出させることができる。20

【0063】

次に、図7Eに示されるように、種子層706の露出部分706Aも、上記の図2A～3で説明された転換プロセスによって転換（例：酸化または窒化）することができる。種子層706の露出部分706Aは、導電層708の転換部分708Aが転換されるのとほぼ同時に転換することができる。種子層706の転換部分706Aは、図6Eで説明されたように除去することができる。種子層706の転換部分706Aの除去は、銅層708Aの断片間の、望ましくない導電性相互接続を除去する。

【0064】

本明細書で説明された、本発明を構成する任意の工程は、有用なマシン工程である。本発明は、また、これらの工程を実施するためのデバイスまたは装置にも関する。装置は、所要の目的のために特別に構築された装置であってもよいし、またはコンピュータに格納されたコンピュータプログラムによって選択的にアクティビ化される、もしくは構成される汎用コンピュータであってもよい。具体的に言うと、本明細書の教示内容にしたがつて記述されたコンピュータプログラムと共に様々な汎用マシンが使用されてもよいし、または、所要の工程を実施するために、より専用の装置を構築するほうが好都合な場合もある。30

【0065】

本発明は、また、コンピュータ可読媒体上にコンピュータ可読コードとして組み込むこともできる。コンピュータ可読媒体は、後ほどコンピュータシステムによって読み出されるデータを格納することができる任意のデータストレージデバイスである。コンピュータ可読媒体の例は、ハードドライブ、ネットワーク接続ストレージ（NAS）、読み出し専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、CD-ROM、CD-R、CD-RW、磁気テープ、ならびに他の光学式および非光学式データストレージを含む。コンピュータ可読媒体は、また、コンピュータ可読コードが分散方式で格納および実行されるように、ネットワークに結合されたコンピュータシステムに分散されることが可能である。40

【0066】

更には、上記の図面に示された工程によって表される命令が、必ずしも示された順序で実施される必要はないこと、そして、工程によって表される必ずしも全ての処理が、本發50

明を実施するために必要とされるわけではないことが、理解されるべきである。更に、上記の任意の図面で説明されたプロセスは、RAM、ROM、もしくはハードディスクドライブのうちの、任意の1つまたは組み合わせに格納されたソフトウェアとして実現することもできる。

【0067】

以上では、理解を明確にする目的で、いくらか細部にわたって発明の説明がなされたが、添付の特許請求の範囲内で、特定の変更および修正が可能であることは明らかである。したがって、上述した実施形態は、例示を目的としたものであって、限定を目的としたものではなく、本発明は、上記の細部に限定されることはなく、添付した特許請求の範囲およびそれらのあらゆる等価形態の範囲内で変更可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1A】本発明の一実施形態にしたがった、デュアルダマシンプロセスにおけるパターン形成後の半導体基板を示す説明図である。

【図1B】本発明の一実施形態にしたがった、半導体基板上の層の断面図である。

【図1C】本発明の一実施形態にしたがった、代表的なエッティングプロセスを施された後の半導体基板上の層の断面図である。

【図1D】本発明の一実施形態にしたがった、代表的なエッティングプロセスを施された後の半導体基板上の層の断面図である。

【図2A】本発明の一実施形態にしたがった、半導体基板上に形成されえる層の断面図である。

【図2B】本発明の一実施形態にしたがった、半導体基板上に形成されえる層の断面図である。

【図3】本発明の一実施形態にしたがった、銅層の一部を転換およびエッティングする方法工程のフローチャートである。

【図4】本発明の一実施形態にしたがった、動的液体メニスカスを支えることができる近接ヘッド420を図示している。

【図5】本発明の一実施形態にしたがった、導電層をエッティングするためのシステムの概略図である。

【図6A】本発明の一実施形態にしたがった、パターンめっきプロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

【図6B】本発明の一実施形態にしたがった、パターンめっきプロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

【図6C】本発明の一実施形態にしたがった、パターンめっきプロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

【図6D】本発明の一実施形態にしたがった、パターンめっきプロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

【図6E】本発明の一実施形態にしたがった、パターンめっきプロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

【図7A】本発明の一実施形態にしたがった、パターン形成プロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

【図7B】本発明の一実施形態にしたがった、パターン形成プロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

【図7C】本発明の一実施形態にしたがった、パターン形成プロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

【図7D】本発明の一実施形態にしたがった、パターン形成プロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

【図7E】本発明の一実施形態にしたがった、パターン形成プロセスに適用される転換およびエッティングのプロセスを示す説明図である。

20

30

40

【図 1 A】

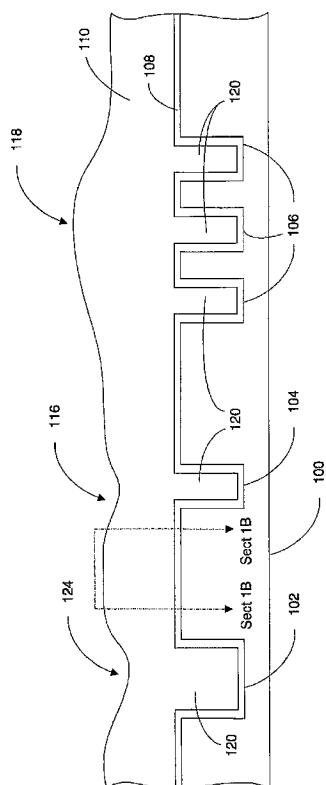


FIGURE 1A

【図 1 B】

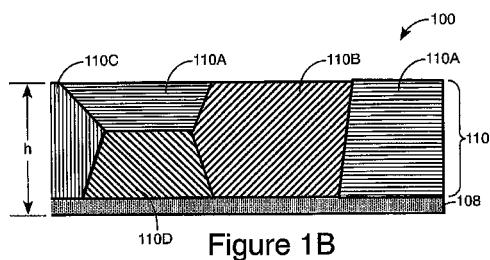


Figure 1B

【図 1 C】

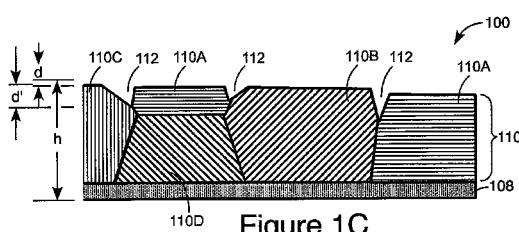


Figure 1C

【図 1 D】

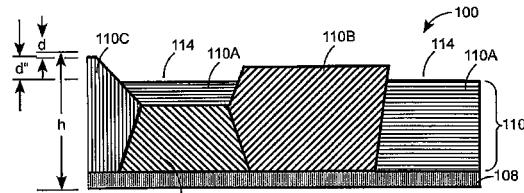


Figure 1D

【図 2 A】

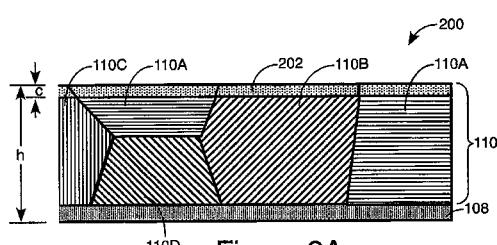


Figure 2A

【図 3】

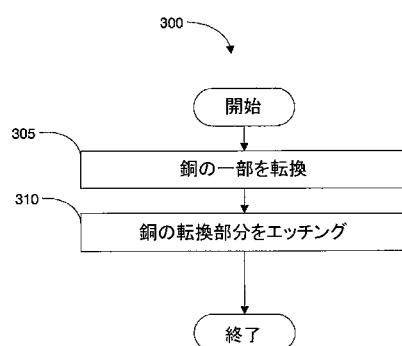


FIGURE 3

【図 2 B】

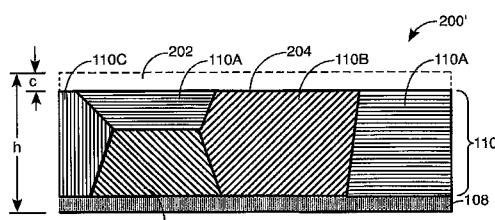


Figure 2B

【図 4】

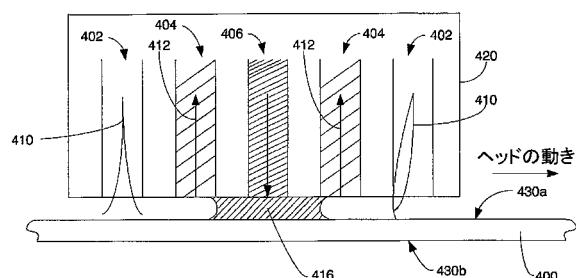


FIGURE 4

【図5】

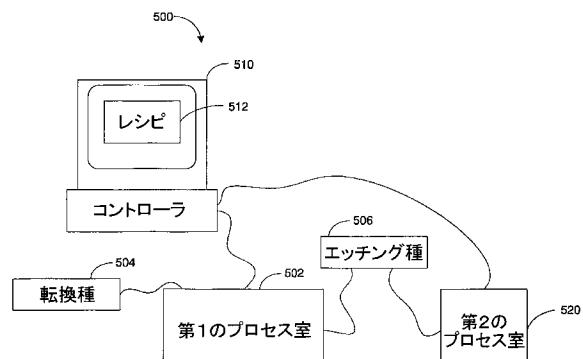


FIGURE 5

【図6B】

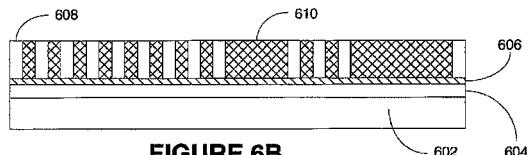


FIGURE 6B

【図6C】

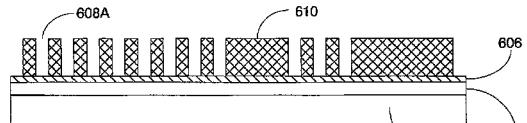


FIGURE 6C

【図6A】

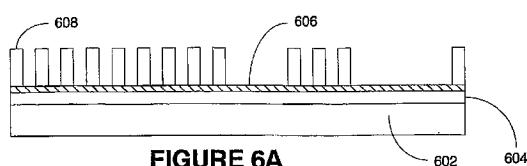


FIGURE 6A

【図6D】

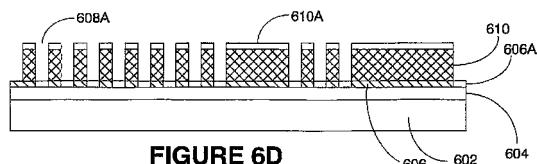


FIGURE 6D

【図6E】

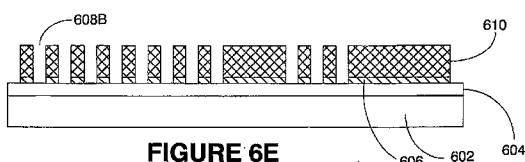


FIGURE 6E

【図7C】

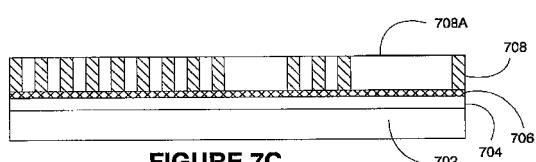


FIGURE 7C

【図7A】

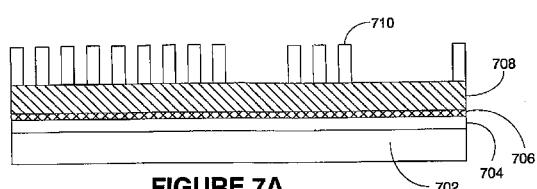


FIGURE 7A

【図7D】

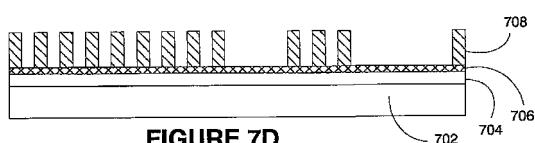


FIGURE 7D

【図7B】

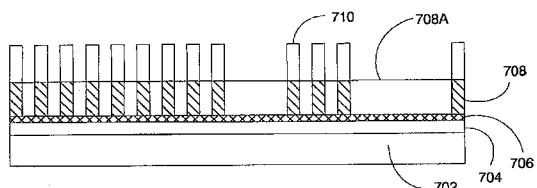


FIGURE 7B

【図7E】

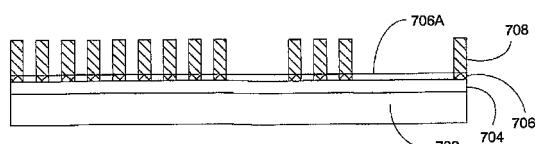


FIGURE 7E

【国際調査報告】

60800030036



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US06/07401

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: H01B 13/00(2006.01);C03C 15/00(2006.01),25/68(2006.01);C23F 1/00(2006.01),3/00(2006.01)

USPC: 216/13,55,57,67,78,90

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S.: 216/13, 55, 57, 67, 78, 90

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2004/0248408 (LOHOKARE et al.) 09 December 2004 (09.12.2004), scc: paragraphs [0039], [0046], [0050], [0054]-[0059], [0066], [0069], [0071]	1-15, 17-21
X, E	US 7,129,167 (BAILEY, III et al.) 31 October 2006 (31.10.2006), see: column 4, lines 21-33; column 6, lines 41-45; column 7, lines 46-47; column 8, lines 23-39 and 60-66; column 9, lines 10-20 and 40-50; column 12, lines 49-66; column 13, lines 1-3; column 17, lines 4-8.	1-22
A	US 2004/0165177 (KATZ et al.) 26 August 2004 (26.08.2004)	16, 22
A	US 6,403,491 (LIU) et al. 11 June 2002 (11.06.2002)	1-22

 Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

Special categories of cited documents:	
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"B"	earlier application or patent 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
"E"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 22 September 2007 (22.09.2007)	Date of mailing of the international search report 22 OCT 2007
---	---

Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201	Authorized officer Allan Olsen DEBORAH A. THOMAS Telephone No. 571-272-1700 PARALEGAL SPECIALIST
---	--

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

29.1.2008

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US06/07401

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:
USPAT, US-PGPUB, EPO, JPO, Derwent, IBM-TDB,
plasma, etch\$4, Cu copper, barrier, oxid\$6, nitrid\$4, roughness

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 8/36 (2006.01)	C 2 3 C 8/36	
C 2 3 C 8/10 (2006.01)	C 2 3 C 8/10	

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LC,LK,L
R,LS,LT,LU,LV,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SY
,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ベイリー・アンドリュー・ザサード

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 6 6 プレザントン, ノースウェイ・ロード, 5 1 6 7

(72)発明者 ユーン・ヒュングスック・アレキサンダー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 0 サン・ホセ, ヒラバヤシ・ドライブ, 6 5 0 5

(72)発明者 ホーバルト・アーサー・エム.

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 6 6 プレザントン, カベルネ・コート, 4 2 3 3

F ターム(参考) 4K028 BA02 BA05 BA13

4K057	DA04	DB04	DD00	DE04	DE14	DN01	WA04	WB04	WE08	WN01
5F004	DA11	DA23	DB08	DB13	EA10	FA08				
5F033	HH11	HH12	HH18	HH21	HH32	HH33	JJ11	JJ12	JJ18	JJ21
	JJ32	JJ33	MM01	MM02	MM12	MM13	MM29	NN06	NN07	PP27
	PP33	QQ08	QQ12	QQ15	QQ20	QQ26	QQ89	QQ90	QQ98	WW00
	WW02	WW03	XX01	XX05						
	5F043	AA26	BB18	DD02						