

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4956754号
(P4956754)

(45) 発行日 平成24年6月20日 (2012. 6. 20)

(24) 登録日 平成24年3月30日 (2012. 3. 30)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 4 B 1/00 (2006. 01)	B 2 4 B 1/00 Z
B 2 4 B 37/00 (2012. 01)	B 2 4 B 37/00 Z
H O 1 L 21/304 (2006. 01)	H O 1 L 21/304 6 2 1 Z
	H O 1 L 21/304 6 2 1 D

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2007-544102 (P2007-544102)	(73) 特許権者	504174135 国立大学法人九州工業大学 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号
(86) (22) 出願日	平成18年10月31日 (2006. 10. 31)	(74) 代理人	100108660 弁理士 大川 譲
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/321704	(72) 発明者	木村 景一 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号 国立大学法人九州工業大学内
(87) 国際公開番号	W02007/055124	(72) 発明者	カチョーンルンルアン パナート 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号 国立大学法人九州工業大学内
(87) 国際公開日	平成19年5月18日 (2007. 5. 18)	審査官	上田 真誠
審査請求日	平成20年11月13日 (2008. 11. 13)		
(31) 優先権主張番号	特願2005-327340 (P2005-327340)		
(32) 優先日	平成17年11月11日 (2005. 11. 11)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポリシング加工方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

砥粒を含む加工液を用いて被加工物表面をポリシング加工するポリシング加工方法において、

前記加工液は、励起光に対して励起する励起物質を混入すること無く、被加工物表面に化学反応層を形成する化学成分を混合し、

前記励起光は、被加工物表面に照射した際には、被加工物表面を励起して、被加工物表面から電子放出させる波長として、プランク定数をh、光の振動数を、仕事関数をWとして、 $h > W$ の関係を満たす波長領域から選択し、

前記励起光を、被加工物表面に照射して被加工物表面を励起することによって、被加工物表面から電子放出させ、

この電子放出により被加工物表面に該被加工物よりも機械的性質の劣る化学反応層を形成し、

この化学反応層を加工液中の砥粒の機械的作用で除去することを特徴とするポリシング加工方法。

【請求項 2】

前記電子放出によって、加工液に酸化作用を発生させ、それらの作用により材料除去作用を容易にする請求項 1 に記載のポリシング加工方法。

【請求項 3】

ポリシング加工する被加工物表面形状に応じた開口を有するマスクを通して、励起光を被

加工物表面に選択的に照射し、照射された部分を材料除去する請求項 1 に記載のポリシング加工方法。

【請求項 4】

前記被加工物は銅Cuである請求項 1 に記載のポリシング加工方法。

【請求項 5】

前記被加工物は炭化珪素SiCまたはダイヤモンドである請求項 1 に記載のポリシング加工方法。

【請求項 6】

前記被加工物は銅Cuであり、電子放出により、電子を失った銅Cuがイオン化し、溶液中のOH⁻と反応し溶液中へ溶出する作用、溶液中のOH⁻を取り込み、銅Cu表面に不働体膜を生成する作用、及び溶液の酸化作用により、材料除去作用を容易にする請求項 1 に記載のポリシング加工方法。

10

【請求項 7】

砥粒を含む加工液を用いて被加工物表面をポリシング加工するポリシング加工装置において、

前記被加工物表面に照射した際には、被加工物表面を励起して、被加工物表面から電子放出させる励起光の波長として、プランク定数をh、光の振動数を、仕事関数をWとして、 $h > W$ の関係を満たす波長領域から選択して、この励起光を、被加工物表面に照射して被加工物表面を励起させ、被加工物表面から電子放出させる励起光源と、

上面でポリシング加工をする励起光透過材料により形成したポリシングテーブルと、

20

前記励起光に対して励起する励起物質を混入すること無く、被加工物表面に化学反応層を形成する化学成分を混合した加工液を供給する手段と、を備え、

被加工物表面に加工液を供給し、かつ、前記ポリシングテーブルを透過する励起光を照射して、被加工物表面に該被加工物よりも機械的性質の劣る化学反応層を形成し、この化学反応層を加工液中の砥粒の機械的作用で除去することを特徴とするポリシング加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体製造だけでなく、材料表面の超精密加工技術、金型製造、ダイヤモンド工具製造などにおける精密加工に用いることのできるポリシング加工方法及び装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

ポリシング加工は、スラリーという研磨剤を加工液として用いて、被ポリシング材加工面を擦り合わせ、スラリー中の砥粒による機械的作用として材料除去が発生する加工方法である。

【0003】

半導体デバイスの製造においては、超LSIの高集積化にともない、デバイスを構成する配線材料に低抵抗のCu材料が用いられ、層間絶縁膜には低誘電率のLow-k材料が採用されている。新材料への移行により、CMP(Cheical Mechanical Polishing)におけるウエハとパッドを加圧し摩擦させる従来の平坦化プロセスでは、Cu膜の剥離、Low-k材料の破壊が生じることがあり、プロセス不良を引き起こす要因となっている。

40

【0004】

非特許文献 1 はポリシング加工液中に蛍光材料などの励起物質を混入し、そこに紫外線を照射して励起させ、光触媒作用により強い酸化力を発生させて加工を促進させている。この方法では、ポリシングに直接関係のない励起物質を混入させることが必要になり、場合によっては励起物質がポリシング表面を傷つけるなどの不具合をもたらす。また、励起させるための励起物質が必要となるのでコストアップとなる。

【非特許文献 1】千巖吉彦、田中武司、紫外線により励起した溶液中における加工の研究

50

、2004年度砥粒加工学会学術講演会講演論文集、p79-82

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、本発明は、係る問題点を解決して、ポリシングに直接関係のない励起物質を混入させる必要も無く、励起光照射による被加工物表面での励起による電子放出現象に着目した加工方法及び装置を提供することを目的としている。

【0006】

また、本発明は、スラリー中の化学成分により被ポリシング材料表面に化学反応膜を形成して、それをスラリー中の砥粒による機械的作用で除去する通常のCMP加工状態で、被ポリシング材料に直接励起光を照射し、表面に化学反応膜をより速い速度で形成し、さらに被ポリシング材料表面近傍での酸化作用により材料除去を促進して、低荷重によるナノメータオーダーの加工技術を実現することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のポリシング加工方法は、加工液を用いて被加工物表面をポリシングテーブル上面で擦り合わせるによりポリシング加工する。ポリシング加工中に被加工物表面に励起光を照射して励起させ、電子放出させて、被加工物表面に化学反応層を形成することを特徴としている。プランク定数を h 、光の振動数を ν 、仕事関数を W として、励起光は、 $h\nu > W$ の関係を満たす波長領域を有している。また、この電子放出によって、さらに加工液に酸化作用を発生させ、それらの作用により材料除去作用を容易にする。

【0008】

被加工物は銅Cuであり、光電効果により、電子を失った銅Cuがイオン化し、溶液中のOH⁻と反応し溶液中へ溶出する作用、および溶液中のOH⁻を取り込み、銅Cu表面に不働体膜を生成する作用により、材料除去作用を容易にする。

【0009】

また、本発明のポリシング加工装置は、被加工物表面に励起光を照射して被加工物表面を励起させ、電子放出させる励起光源と、ポリシング加工をするために励起光透過材料により形成したポリシングテーブルと、加工液を供給する手段と、を備え、被加工物表面に加工液を供給し、かつ、ポリシングテーブルを透過する励起光を照射して、被加工物表面に化学反応層を形成することを特徴としている。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、(1)Cuなどの半導体基板材料のCMP(化学的機械的研磨)におけるCu膜の剥離、Low-k材料の破壊の防止、及び(2)SiC、ダイヤモンドなどの化学的に安定した高硬度材料のポリシング速度の向上を図ることができる。これによって、低荷重ポリシングを実現して、半導体プロセスの歩留りを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明に基づく材料除去原理の基本概念を、Cu層(板)に対して励起光として紫外光を照射する場合を例として説明する図である。

【図2】被ポリシング材料の仕事関数および励起波長を示す表である。

【図3】実験装置を示す図である。

【図4】実験に使用した超高圧水銀ランプの波長スペクトルを示す図である。

【図5】AFMにより観察した試料表面状態を示す図である。

【図6】試料の、紫外線照射部と非照射部の境界部のAFM観察を示す図である。

【図7】紫外線照射ポリシング装置の概要を示す図である。

【図8】マスクを通して励起光を選択的に照射するCMP(化学的機械的研磨)を説明する図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 2 】

以下、例示に基づき本発明を説明する。図1は、本発明に基づく材料除去原理の基本概念を、銅Cu層(板)に対して励起光として紫外光を照射する場合を例として説明する図である。通常の一般的な「ポリシング加工」においては、「被ポリシング材」と「ポリシングパッド」を擦り合わせ、スラリーという[水+化学成分+砥粒]の混合体である研磨剤を加工液として用いる。一般に、材料除去はスラリー中の砥粒による機械的作用として発生すると考えられている。これに対して、ポリシング加工の一形態であるCMP(Chemical Mechanical Polishing / 化学的機械的研磨)では、スラリー中の化学成分により被ポリシング材料の表面に酸化膜などの機械的性質の劣る化学反応膜を形成し、それを砥粒の機械的作用で除去している。本発明は、被ポリシング材料表面の化学反応膜の形成を、スラリー中の化学成分ばかりではなく紫外線照射によっても行う点の特徴としている。

10

【 0 0 1 3 】

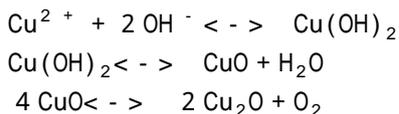
図1に示す紫外光UVの照射により光エネルギーを得たCuは、外部へ自由電子を放出する。振動数の大きな光を照射すると、この光エネルギーを吸収した物質から外部へ自由電子が放出される現象は一般に光電効果として知られている。出力の高い光を照射すると、この光電効果により放出される自由電子の数は増えるが、自由電子1個のエネルギーは変わらない。また、振動数の大きな光を照射すると飛び出す自由電子のエネルギーが大きくなるが、飛び出す自由電子の個数は変わらないという特性を有している。

【 0 0 1 4 】

図1に示すように、電子を失ったCu層はイオン化し、 Cu^{2+} となり、試料表面を満たす水中の OH^- と結合し、一部は $\text{Cu}(\text{OH})_2$ となり水中に溶出され、一部は銅の表面を酸化させて CuO 、 Cu_2O などに变化して、Cu表面に付着するものと推測される。この一連のプロセスによって、Cuが变化したCu酸化物はもろく、試料表面から容易に除去されていくと考えられる。以下に、その変化を示す。

20

【 0 0 1 5 】



本発明は、ポリシング中の被加工物表面に紫外線を照射して励起させ、電子放出させる結果、被加工物表面に酸化膜などの化学反応層を形成させ、さらに放出した電子により加工液に光触媒反応による酸化作用を発生させ、それらの作用により材料除去作用を容易に行うことを可能にする。銅Cuのポリシング加工においては、光電効果により、電子を失った物質(Cu)がイオン化し、溶液中の OH^- と反応し溶液中へ溶出する作用、および溶液中の OH^- を取り込み、物質(Cu)表面に不働体膜を生成する作用により、ポリシング加工を容易にする。

30

【 0 0 1 6 】

外部へ電子を放出させる光の波長は、下記の式(1)に示すように、材質によって異なっている。Cuの仕事関数は約4.1 eV であることが知られている。

【 0 0 1 7 】

$$h\nu = W + K \quad \dots \quad (1)$$

40

(h : プランク定数、 ν : 光の振動数、W : 仕事関数、K : 運動エネルギー)

式(1)より、 $K=0$ として、光電効果が発生させる条件を満たす光の振動数を算出し、光の波長をおよそ300 nmと選定した。本発明では、 $h\nu > W$ を満たす波長領域を有する電磁波を励起光として用いるものであり、この波長領域を有する励起光であれば、上記した紫外線以外にもX線などを用いることができる。ここで、 $h\nu$ は光のエネルギーを意味し、Wは物質の持つ定数(仕事関数)である。物質に光のような外部エネルギーを与えると、ある一定以上のエネルギーで物質内の電子がその軌道を変え、エネルギーレベルを変え、励起することになるが、その励起された電子が元の軌道に戻る際に光を放射したり電子を放出したりする。ここでは、 $h\nu > W$ の関係を満たす波長領域の光が照射されると、物質表面から電子が放出され、その電子が酸化作用を強化したり、表面に酸化膜を形成したりする

50

作用を利用する。

【0018】

紫外光源として紫外線レーザ(例えば、ArFエキシマレーザ)を用いることができる。ポリシングテーブルは、ポリシング装置のなかの回転テーブルで、そこにポリシングパッドを貼り付け、そこにスラリーを滴下させそこに被ポリシング材料を押し付け、加工するものであるが、このポリシングテーブル及びポリシングパッドを、紫外線透過材料により形成して、被ポリシング材料にポリシングテーブルを透過する紫外線を照射することができる。このように、被加工物表面に酸化膜などの化学反応層を形成させ、かつ加工液に酸化作用を発生させつつ、同時にポリシングパッドを用いてポリシングするものとして例示したように、紫外線照射をポリシングと同時に連続して行うことが望ましいが、紫外線照射した後にポリシングを行う操作を繰り返す方法でも可能である。なお、ポリシングパッドは、必ずしも必要ではなく、ポリシングパッドを用いることなく、ポリシングテーブル上でポリシング可能である。

10

【0019】

通常、スラリー中にTiO₂などの光触媒材料を混入し、そこに $\lambda = 365$ nm 程度の紫外線を照射し、ポリシングを行う場合は(非特許文献1参照)、酸化作用のみが期待されるが、本発明では被ポリシング材料に直接照射するため酸化作用以外に表面に化学反応層を形成することが期待され、そのため機械的除去作用が活発に起こると考えられる。

【0020】

加工液としては、上述したような「水」を使うことができるが、被加工物が、半導体装置のような場合は、余計なイオンを含まない「純水」或いは「超純水」を使うことが望ましい。他に、例えば過水(過酸化水素水)なども用いることができると考えられる。

20

【0021】

光の波長を変えれば、例えば、パワートランジスタの材料になるSiC等の他の材料にも使える。SiCの場合は、CはOと結合してCO、CO₂となって液体中に溶解し、SiがOと結合しSiO₂となり、それをCMPの作用で除去すると考えられている。その他、セラミック、ダイヤモンドなどの加工にも応用可能である。基本的に、電磁波(光)を照射して電子を放出する現象は、どんな物質でも起きると考えられている。しかし、その紫外線の波長は材質により決まっていて、次の関係がある。

【0022】

照射する紫外線の波長 λ は、アインシュタインの式より電子を放出させる光子エネルギー(仕事関数)を ϕ として、

$$\phi = h \nu = hc / \lambda \quad (h: \text{プランク定数、} h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js、} c: \text{光速、} c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})$$

の関係を持つ。この結果、被ポリシング材料の仕事関数、および励起波長は、図2に示す表のようになる。この励起波長より短い波長の光で電子放出が可能になる。

30

【実施例1】

【0023】

紫外光照射による試料表面への影響を考察するため超純水を用い、次の実験をおこなった。実験装置を図3に示す。紫外線(UV)光源には、超高压水銀ランプを用いた。使用した超高压水銀ランプの波長スペクトルを図4に示す。波長 $\lambda = 300$ nm付近で、20%程度の相対強度を示している。試料は、24 mmに切断したCu膜付きシリコンウエハとし、試料表面へ加工液を供給する構造とした。加工液には、超純水を用いた。実験試料の観察はAFM(原子間力顕微鏡: SII社製 SPA300 SOUNDPROOF HOUSING)を使用した。

40

【0024】

超純水(DI-Water)で満たした試料表面へ10分間の紫外光照射実験を行い、AFMにより観察した。表面状態のAFM像を図5に示す。試料表面は、紫外光照射の有無に関係なく、いずれの試料も実験前の表面状態(A)とは異なる現象がみられた。これは、実験の際、満たしていた超純水によりCu表面が酸化されたため生じたと考えられる。紫外光照射をおこなわなかった試料(B)は、Cu表面に結晶粒界に類似した模様が観察された。また、紫外光

50

照射をおこなった試料表面(C)は、全面に渡り比較的大きな凹凸が形成され、粗面となっている。超純水中でCu膜ウエハに対し紫外光照射する実験において、未照射の試料とは異なる表面状態が観察された。これにより、紫外光照射によるCu表面に電子放出に起因する材料除去が作用したと推測される。

【0025】

図6は、24 mmに切断したCu膜付きシリコンウエハの表面1/2をマスクで覆い、超純水に浸漬して30分間紫外線照射をした試料の、紫外線露光部と非露光部の境界部をAFM観察したものである。マスク被覆部は滑らかな表面を保っているが、露光部は大きな表面凹凸が形成され、紫外線照射部のみにおいて材料除去が発生しており、紫外線照射による材料除去促進効果が著しいことを示している。マスク下部にある円弧状の突起は、水滴の乾燥痕と推測される。

10

【0026】

図7は紫外線照射ポリシング装置の概要を示している。紫外光源から出た紫外線は、光ファイバを通りロッドレンズにより射出する。この紫外線は石英ガラス製のポリシングテーブルに導かれ内部で反射して、石英ガラス上面で滑り運動しているCu被覆シリコンウエハに照射される。この状態でCu被覆シリコンウエハとポリシングテーブル間にスラリーを供給しポリシングを行う。ここでは、紫外線を石英ガラス製ポリシングテーブルの側面より導入したが、石英ガラス製ポリシングテーブルの上面のCu被覆シリコンウエハが無い部分から斜め方向に照射し、石英ガラス内に導入して底面で反射させる構造としてもよい。

【実施例2】

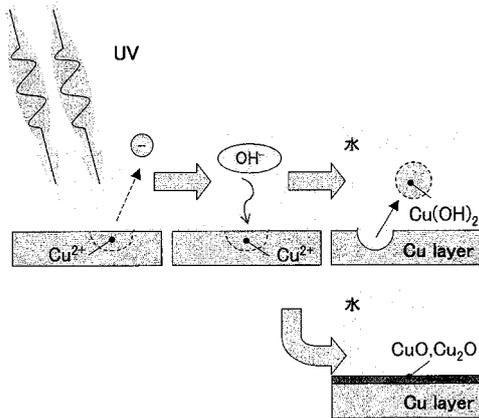
20

【0027】

図8は、マスクを通して励起光を選択的に照射するCMP(化学的機械的研磨)を説明する図である。図1を参照して上述したように、ポリシング中の被加工物表面に紫外線を照射して励起させ、電子放出させる結果、被加工物表面に酸化膜などの化学反応層を形成させ、さらに放出した電子により加工液に光触媒反応による酸化作用を発生させ、それらの作用により材料除去作用を容易に行うことを可能にする。図8において、シリコンウエハは下方に上向きに位置し、その上向き表面にポリシングテーブルが下向きに接触している。上方からの励起光は、ポリシングテーブルを透過してシリコンウエハに照射される。この際、照射される励起光は、マスクにより照射部がウエハの凸部に限定される。この励起光が選択的に照射されたウエハの凸部においては、電子放出の結果、酸化膜形成作用によりCuO層が形成され、同時に酸化作用によりエッチングが進行する。その結果、下側の図に示すように、凸部のみが選択的に除去される。

30

【 図 1 】

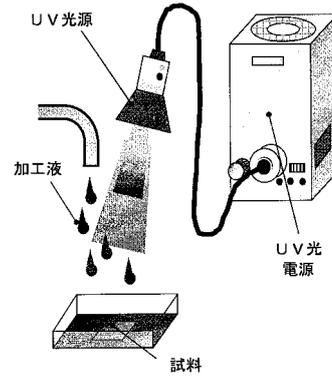


【 図 2 】

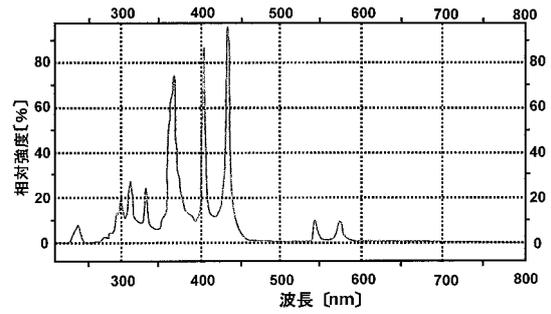
仕事関数と励起波長

材 質	仕事関数	励起波長
Al	4.28 eV	289.7nm
W	4.55	272.5
Cu	4.7	263.8
SiC	2.93	423.2
TiO ₂	3.2	387.5
ダイヤモンド	5.6	221.4

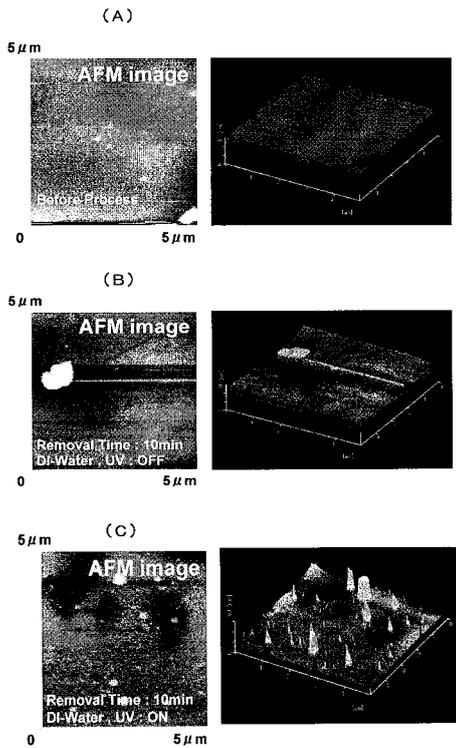
【 図 3 】



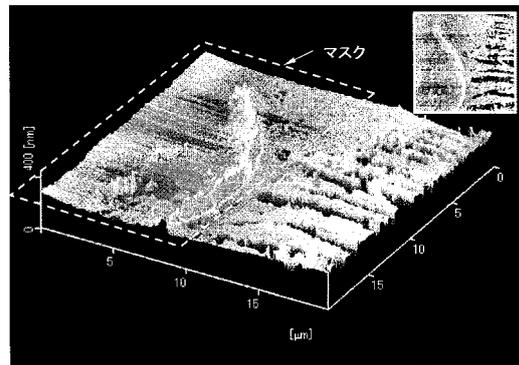
【 図 4 】



【 図 5 】

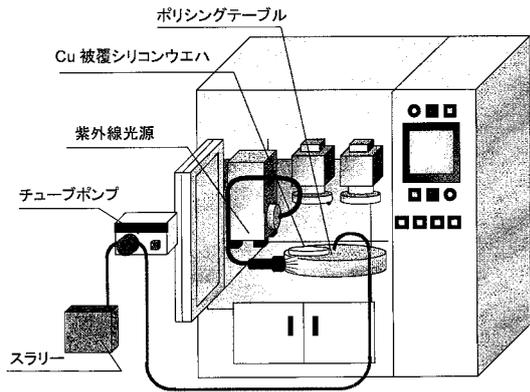


【 図 6 】



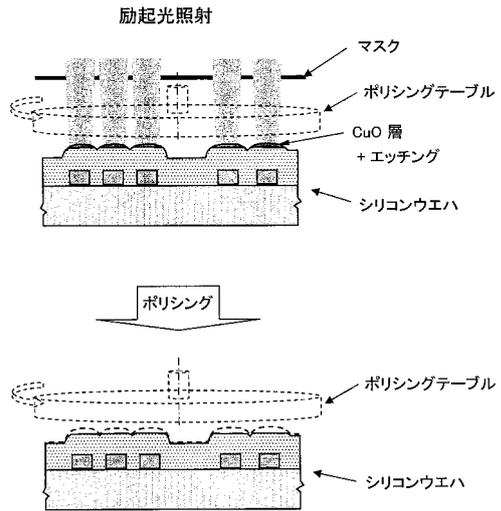
【図7】

紫外線照射ポリシング装置



【図8】

励起光照射CMP



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-318139(JP,A)
特開昭61-270060(JP,A)
特開2005-254338(JP,A)
特開2002-219635(JP,A)
特開2003-113370(JP,A)
国際公開第2004/061926(WO,A1)
特開2006-224252(JP,A)
特開昭63-134162(JP,A)
特開2002-334856(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 1/00
B24B 37/00
H01L 21/304