【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第２区分
【発行日】平成19年5月31日(2007.5.31)

【公開番号】特開2004-312017(P2004-312017A)
【公開日】平成16年11月4日(2004.11.4)
【年通号数】公開・登録公報2004-043
【出願番号】特願2004-110468(P2004-110468)
【国際特許分類】
Ｈ０１Ｌ　21/3205　(2006.01)
Ｈ０１Ｌ　23/52　(2006.01)
Ｈ０１Ｊ　37/30　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０１Ｌ　21/88　Ｓ
Ｈ０１Ｊ　37/30　Ｚ
Ｈ０１Ｌ　21/88　Ｚ

【手続補正書】
【提出日】平成19年4月6日(2007.4.6)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
ターゲット領域から一又はそれ以上の銅と誘電物質の混合層を取り除く方法であって、
取り除くべきターゲット領域を画定する工程と、
集束イオンビームの特徴であるスポットサイズよりも大きな第１のピクセルスペーシングによって特徴とされる、第１のパターンで銅と誘電物質の第１の混合層に向けて集束イオンビームを照射する工程と、
一又はそれ以上の別のパターンで銅と誘電物質の第１の混合層に向けて集束イオンビームを照射する工程であって、前記一又はそれ以上の別のパターンの個々のパターンがピクセルスペーシングによって特徴付けられており、別のパターンが複数の場合には、該別のパターンのそれぞれが、最後のパターンのピクセルスペーシングがイオンビームのスポットサイズよりも小さくなるか又はほとんど同等になるまで、徐々に狭くなるようなピクセルスペーシングを有しており、それによって、実質的にターゲット領域から前記銅と誘電物質の第１の混合層を取り除く工程と、
酸素含有ガスを前記ターゲット領域に向けて送る工程と、
前記ターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射して、前記銅と誘電物質の第１の混合層の残りを取り除いてミリングされたターゲット領域内に均一な平滑底面を造る工程とからなる方法。
【請求項２】
銅と誘電物質の複数の混合層が取り除かれることを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記銅と誘電物質の複数の混合層が誘電物質の層によって分離されていることを特徴とする請求項２に記載の方法。
【請求項４】
それぞれの銅と誘電物質の混合層を取り除き、ミリングされたターゲット領域内に均一な平滑底面を造ることが、次の銅と誘電物質の混合層がミリングされる前に行われること

を特徴とする請求項２に記載の方法。
【請求項５】
前記酸素含有ガスを送る工程には、イオンビームの衝撃点に向けて水蒸気若しくは酸素又は他の酸素含有蒸気の噴射を行い、前記銅と誘電物質の混合層の下の誘電物質の層のエッチングを抑制することが含まれていることを特徴とする請求項３に記載の方法。
【請求項６】
前記取り除くべきターゲット領域を画定する工程の後で、第１のパターンで前記銅と誘電物質の混合層に向けて集束イオンビームを照射する工程の前において、エッチング支援ガスを前記ターゲット領域に向けて送る工程と、
前記ターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射して、前記第１の銅と誘電物質の混合層を覆っている材料の表面層を取り除く工程を、更に具備することを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記取り除くべきターゲット領域を画定する工程の後で、第１のパターンで前記銅と誘電物質の混合層に向けて集束イオンビームを照射する工程の前において、集束イオンビームと相互に作用して該集束イオンビームによる前記第１の銅と誘電物質の混合層の均一な取り除きを増進する物質の層を前記ターゲット領域の上に形成する工程を、更に具備することを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項８】
前記物質の層の形成工程には、集束イオンビームを前記ターゲット領域に向けて照射すると同時に前記ターゲット領域に向けて前駆体ガスを送り、前記前駆体ガスが前記集束イオンビームの存在下で分解して前記物質の層を形成することが含まれていることを特徴とする請求項７に記載の方法。
【請求項９】
実質的にターゲット領域から前記銅と誘電物質の混合層を取り除く工程の後で、酸素含有ガスを前記ターゲット領域に向けて送る工程の前において、エッチング支援ガスを前記ターゲット領域に向けて送る工程と、
前記ターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射して、再堆積に起因する残留物質を取り除く工程を、更に具備することを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項１０】
ターゲット領域から複数の物質層を取り除く方法であって、
取り除くべきターゲット領域を画定する工程と、
第１の時点で第１の物質層に向けて集束イオンビームを照射し、それによって、実質的に前記ターゲット領域から前記第１の物質層を取り除く工程と、
酸素含有ガスを前記ターゲット領域に向けて送る工程と、
第２の時点で前記ターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射して、前記第１の物質層から残りの物質を取り除き、それによって、ミリングされたターゲット領域内に実質的に均一な平滑底面に造る工程と、
第２の物質層に向けて集束イオンビームを照射し、それによって、実質的に前記ターゲット領域から前記第２の物質層を取り除く工程とからなる方法。
【請求項１１】
各物質層が取り除かれた後で、次の物質層が取り除かれる前に、実質的に均一な底面が前記ターゲット領域内に形成されることを特徴とする請求項１０に記載の方法。
【請求項１２】
前記取り除かれるべき物質には、結晶構造中におかれた原子が含まれていることを特徴とする請求項１０に記載の方法。
【請求項１３】
前記取り除かれるべき物質には、銅若しくは誘電物質又は銅と誘電物質の混合物が含まれていることを特徴とする請求項１０に記載の方法。
【請求項１４】

前記複数の物質層が誘電物質の層によって分離されていることを特徴とする請求項１０に記載の方法。
【請求項１５】
前記酸素含有ガスが水蒸気ガスであることを特徴とする請求項１０に記載の方法。
【請求項１６】
更に、イオンビームの衝撃点に向かって水蒸気若しくは酸素又は他の酸素含有蒸気の噴射を行い、絶縁層のエッチングを抑制する工程を具備することを特徴とする請求項１４に記載の方法。
【請求項１７】
第１の時点で第１の物質層に向けて集束イオンビームを照射する工程が、更に、
集束イオンビームの特徴であるスポットサイズよりも大きな第１のピクセルスペーシングによって特徴付けられる、第１のパターンで第１の物質層に向けて前記集束イオンビームを照射することと、
前記第１のピクセルスペーシングよりも小さく、前記イオンビームのスポットサイズよりも小さいか又はそれとほとんど同等の第２のピクセルスペーシングによって特徴付けられる第２のパターンで第１の物質層に向けて集束イオンビームを照射し、それによって、前記ターゲット領域から前記第１の物質層を実質的に取り除くことを具備することを特徴とする請求項１０に記載の方法。
【請求項１８】
前記第２の時点でターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射して前記第１の物質層から残留物質を取り除く工程の後で、第２の物質層に向けて集束イオンビームを照射する工程の前において、酸素含有ガスを前記ターゲット領域に向けて送る工程と、
前記ターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射して、前記第２の物質層から残留物質を取り除き、それによって、ミリングされたターゲット領域内に実質的に均一な平滑底面を造る工程を、更に具備することを特徴とする請求項１７に記載の方法。
【請求項１９】
前記取り除くべきターゲット領域を画定する工程の後で、前記第１のパターンで第１の物質層に向けて集束イオンビームを照射する工程の前において、前記ターゲット領域に向かってエッチング支援ガスを送る工程と、
前記ターゲット領域に向かって集束イオンビームを照射して前記第１の物質層を覆っている表面層を取り除く工程を、更に具備することを特徴とする請求項１７に記載の方法。
【請求項２０】
前記取り除くべきターゲット領域を画定する工程の後で、前記第１のパターンで第１の物質層に向けて集束イオンビームを照射する工程の前において、前記ターゲット領域の上に、前記集束イオンビームと相互に作用して該集束イオンビームによる前記第１の物質層の均一な取り除きを増進する、第２の物質層を形成する工程を、更に具備することを特徴とする請求項１７に記載の方法。
【請求項２１】
前記第２の物質層の形成工程には、集束イオンビームを前記ターゲット領域に向けて照射すると同時に前記ターゲット領域に向けて前駆体ガスを送り、前記前駆体ガスが前記集束イオンビームの存在下で分解して前記第２の物質層を形成することが含まれていることを特徴とする請求項２０に記載の方法。
【請求項２２】
前記前駆体ガスが有機金属ガス分子を含有することを特徴とする請求項２１に記載の方法。
【請求項２３】
前記有機金属ガス分子がタングステン若しくはプラチナ又は金を含んでいることを特徴とする請求項２２に記載の方法。
【請求項２４】
前記ターゲット領域から前記第１の物質層を実質的に取り除く工程の後で、前記ターゲ

ット領域に向かって酸素含有ガスを送る工程の前に、前記ターゲット領域に向かってエッチング支援ガスを送る工程と、
前記ターゲット領域に向かって集束イオンビームを照射し、それによって、再堆積に起因する残留物質を取り除く工程を、更に具備することを特徴とする請求項１７に記載の方法。
【請求項２５】
ターゲット領域から物質を取り除く方法であって、
取り除くべき第１の物質のターゲット領域を画定する工程と、
集束イオンビームと相互に作用して該集束イオンビームによる前記第１の物質の均一な取り除きを増進する第２の物質の層を前記ターゲット領域の上に形成する工程と、
前記集束イオンビームの特徴であるスポットサイズよりも大きな第１のピクセルスペーシングによって特徴付けられる、第１のパターンでターゲット領域に向けて前記集束イオンビームを照射する工程と、
前記第１のピクセルスペーシングよりも小さく、前記イオンビームのスポットサイズよりも小さいか又はそれとほとんど同等の第２のピクセルスペーシングによって特徴付けられる第２のパターンでターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射し、それによって、前記ターゲット領域から前記物質を実質的に取り除く工程と、
酸素含有ガスを前記ターゲット領域に向けて送る工程と、
前記ターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射して、残留物質を取り除き、それによって、ミリングされたターゲット領域内に実質的に均一な平滑底面を造る工程と、からなる方法。
【請求項２６】
前記第２の物質の層の形成工程には、集束イオンビームを前記ターゲット領域に向けて照射すると同時に前記ターゲット領域に向けて前駆体ガスを送り、前記前駆体ガスが前記集束イオンビームの存在下で分解して前記第２の物質の層を形成することが含まれていることを特徴とする請求項２５に記載の方法。
【請求項２７】
前記取り除くべき物質には、銅若しくは誘電物質又は銅と誘電物質の混合物が含まれていることを特徴とする請求項２５に記載の方法。
【請求項２８】
複数の物質層を取り除くための集束イオンビームシステムであって、
イオン源と、
始めに集束イオンビームを照射して、取り除かれるべき物質内に抗エッチング領域を発生又は蔓延させないために十分に空間的に引き離された複数の第１の位置で銅をエッチングし、次いで、集束イオンを照射して前記第１の位置の離間距離よりも短い距離離れた複数の重複位置でエッチングを行い均一で平坦なミリングされた領域を得るようにプログラムされた、イオンビームの向きを調整するための偏向電極を内蔵するイオンカラムと、
前駆体ガスをターゲットに向かって送りイオンビームの衝撃の下でダミー層を形成して、各停止期間中に分解生成物の層が形成され、物質をエッチングしているときにそれがイオンビームと相互に作用して、それ自体が実質的に取り除かれて、該実質的に取り除かれた分解生成物によって物質のエッチングがターゲット上の領域で実質的に均一となるような速度でイオンと前駆体ガスを照射又は送り出すようにイオン光学素子群と共に調整されるガス噴射システムとからなるシステム。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００７】
最近、半導体製造業者は、アルミニュウムの相互配線の代替物として銅の使用に移行し

始めている。チップが作動する速度を半導体製造業者が上げたい場合、銅の相互配線を使用するとアルミニュウムにはないいくつかの利点を手にすることができる。たとえば、銅は低いシート抵抗を有すると共に、良好な金属線と線／ビア／線間の電子移行信頼度の双方を示すことである。

【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００１０】
皿状化と浸食の双方が金属線を薄くすることがあり、金属線のシート抵抗を増加させることとなる。更に、このシート抵抗の増加は一定ではない。シート抵抗は環境と金属線のレイアウトに応じて数１０％まで増加することもある。浸食は結果的にウェハ表面のサブプレーナーディップとなることもある。相互配線の後続の層が完成されている場合には、銅の浅い「プール（ｐｏｏｌ）」がこのくぼみに充満することがあり、隣接する金属線の間で短絡する原因となっていた。

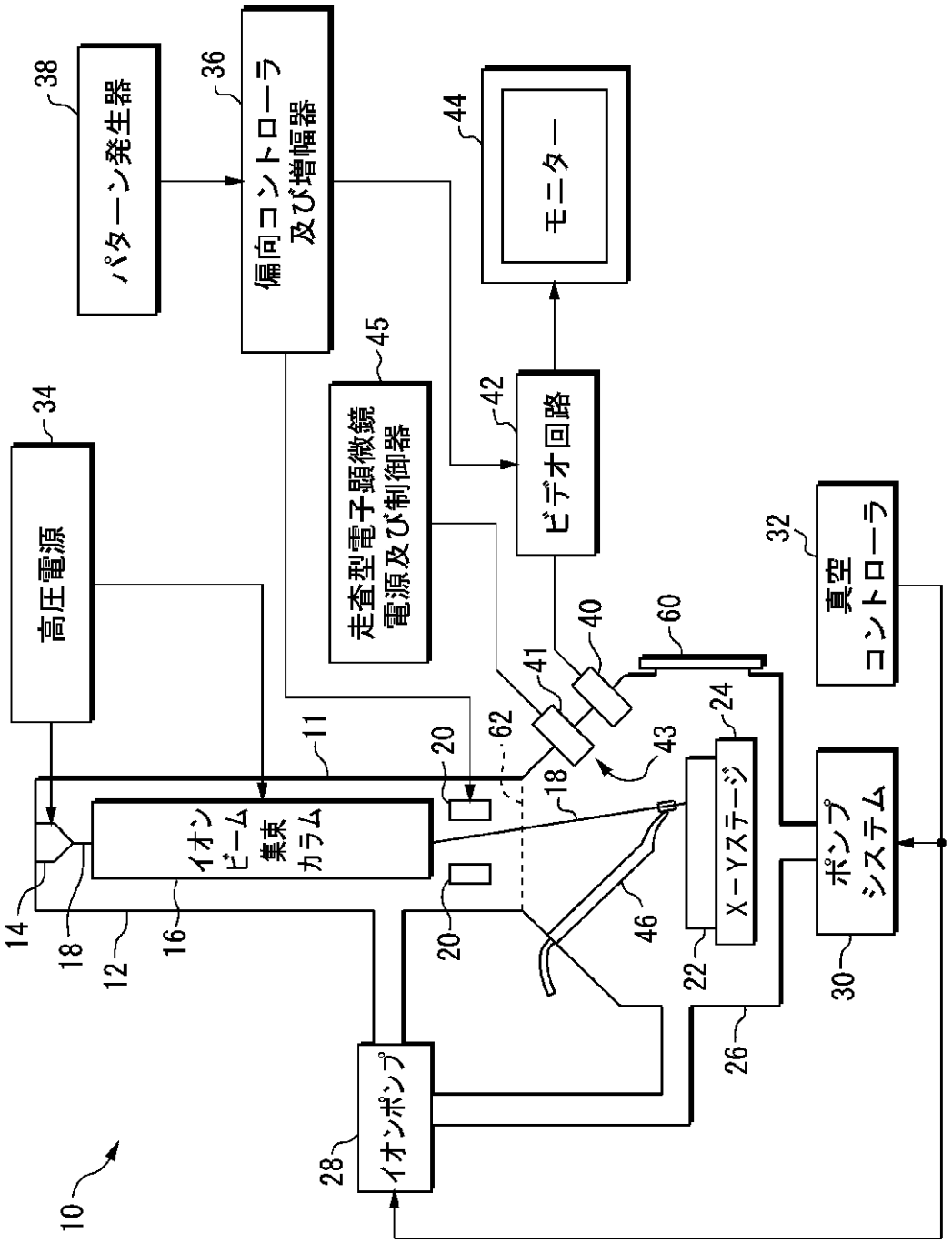
【手続補正４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００２０】
また、第２の解決手段は、「ターゲット領域から複数の物質層を取り除く方法であって、
取り除くべきターゲット領域を画定する工程と、
第１の時点で第１の物質層に向けて集束イオンビームを照射し、それによって、実質的に前記ターゲット領域から前記第１の物質層を取り除く工程と、
酸素含有ガスを前記ターゲット領域に向けて送る工程と、
第２の時点で前記ターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射して、前記第１の物質層から残りの物質を取り除き、それによって、ミリングされたターゲット領域内に実質的に均一な平滑底面に造る工程と、
第２の物質層に向けて集束イオンビームを照射し、それによって、実質的に前記ターゲット領域から前記第２の物質層を取り除く工程とからなる方法」であることを特徴とするものである。

【手続補正５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２１
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００２１】
更に、第３の解決手段は、「ターゲット領域から物質を取り除く方法であって、
取り除くべき第１の物質のターゲット領域を画定する工程と、
集束イオンビームと相互に作用して該集束イオンビームによる前記第１の物質の均一な取り除きを増進する第２の物質の層を前記ターゲット領域の上に形成する工程と、
前記集束イオンビームの特徴であるスポットサイズよりも大きな第１のピクセルスペーシングによって特徴付けられる、第１のパターンでターゲット領域に向けて前記集束イオンビームを照射する工程と、
前記第１のピクセルスペーシングよりも小さく、前記イオンビームのスポットサイズよりも小さいか又はそれとほとんど同等の第２のピクセルスペーシングによって特徴付けられる第２のパターンでターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射し、それによって

、前記ターゲット領域から前記第２の物質を実質的に取り除く工程と、
酸素含有ガスを前記ターゲット領域に向けて送る工程と、
前記ターゲット領域に向けて集束イオンビームを照射して、残留物質を取り除き、それによって、ミリングされたターゲット領域内に実質的に均一な平滑底面を造る工程と、からなる方法」であることを特徴とするものである。
【手続補正６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００２２】
次いで、第４の解決手段は、「複数の物質層を取り除くための集束イオンビームシステムであって、
イオン源と、
始めに集束イオンビームを照射して、取り除かれるべき物質内に抗エッチング領域を発生又は蔓延させないために十分に空間的に引き離された複数の第１の位置で銅をエッチングし、次いで、集束イオンを照射して前記第１の位置の離間距離よりも短い距離離れた複数の重複位置でエッチングを行い均一で平坦なミリングされた領域を得るようにプログラムされた、イオンビームの向きを調整するための偏向電極を内蔵するイオンカラムと、
前駆体ガスをターゲットに向かって送りイオンビームの衝撃の下でダミー層を形成して、各停止期間中に分解生成物の層が形成され、物質をエッチングしているときにそれがイオンビームと相互に作用して、それ自体が実質的に取り除かれて、該実質的に取り除かれた分解生成物によって物質のエッチングがターゲット上の領域で実質的に均一となるような速度でイオンと前駆体ガスを照射又は送り出すようにイオン光学素子群と共に調整されるガス噴射システムとからなるシステム」であることを特徴とするものである。
【手続補正７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３２】
図１（Ｂ）は、代表的なＦＩＢによるデフォルトミリングのみを用いてターゲットボックス１１８がエッチングされた場合の図１（Ａ）の代表的な集積回路の一部を略式に示した断面図である。図１（Ｂ）に示すように、銅と誘電物質の不均一ミリングにより非常に平坦でない底面となる。領域１２２と１２４と１２６と１２８においては、金属化層Ｍ２－Ｍ８は、最上部のパッシベーション層１１６と誘電体層１１５と共に、取り除かれている。領域１２２と１２４と１２６と１２８におけるいくつかのオーバーミリングは、層Ｍ１を損傷することとなった。領域１２３においては、金属化層Ｍ３－Ｍ８が、最上部のパッシベーション層１１６と６層の誘電体層１１５と共に、取り除かれているが、層Ｍ２の一部と下地の各層の全てが残存している。領域１２５においては、金属化層Ｍ５－Ｍ８が、最上部のパッシベーション層１１６と４層の誘電体層１１５と共に、取り除かれているが、層Ｍ４の一部と下地の各層の全てが残存している。領域１２７においては、金属化層Ｍ４－Ｍ８が、最上部のパッシベーション層１１６と５層の誘電体層１１５と共に、取り除かれているが、層Ｍ３の一部と下地の各層の全てが残存している。領域１２１と１２９においては、最上部のパッシベーション層１１６の極く一部と下地の各層の全てが残存している。
【手続補正８】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３８
【補正方法】変更

【補正の内容】
【００３８】
レジスタント銅領域の形成に加えて、不均一な銅ミリングは、また、所定の銅層内の結晶配向の差異に起因することもある。銅の配線とダミー特徴構造物は、連続する小さな銅の粒状物で構成される。それぞれの粒状物内において各原子が規則正しい配列の順番を共有してはいるが、各原子配列の相対的な位置は粒状物ごとに変化する。この原子配列の整列は、所定の粒状物の「結晶学的配向性」として知られている。結晶学的配向性の違いは、所定の配向性に基づいて、イオンビームによってスパッタ又はミリングされた粒状物が異なる速さで取り除かれることの原因となる。銅の場合、異なる結晶学的配向性の銅の粒状物間の相対的なスパッタ速度は、大幅に異なり、ある経験値によると、３６０％程度となることもある。
【手続補正９】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００４４
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００４４】
ミリングする物質とそのミリングする物質の下に位置する物質に応じて、ときには、ミリングする物質の下の物質のエッチングを抑制するガスを、ミリング工程の終わり近くにおいて、導入することも可能である。たとえば、酸化シリコンのような誘電物質上に配置された銅材料をミリングするとき、水蒸気のような酸素含有ガス又は酸素が導入されて選択的に銅材料の下の酸化物層のエッチングを抑制し、それによって、ミリング領域に平滑な底面を増やすことができる。集束イオンビームエッチングにおける水蒸気の使用は、「水蒸気によって増強された荷電粒子ビームマシーニングの方法」と題するＲｕｓｓｅｌ他の米国特許第５９５８７９９号に記載されている。
【手続補正１０】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５１
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５１】
工程１０８において、水蒸気又は酸素ガスのような酸素含有ガスと共に集束イオンビームスパッタリングが使用されてトレンチ底面を平滑化する。酸素含有ガスの導入により、選択的に、SiO_2のような誘電物質のエッチングが抑制され、下地の誘電層をオーバーミリングすることなく、抵抗領域内の銅を完全に取り除くことを可能にする。適切な終点は、たとえば、銅がミリングで取り除かれた時点を明確に示している、ミリング中の修正ボックスのリアルタイム画像によって決められる。集束イオンビームが二次電子モードで作動しているとき、銅は誘電物質に比べてはるかに明るく示されている。
【手続補正１１】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図３
【補正方法】変更
【補正の内容】

【図３】


パターン発生器
偏向コントローラ及び増幅器
モニター
走査型電子顕微鏡電源及び制御器
ビデオ回路
高圧電源
真空コントローラ
イオンビーム集束カラム
X-Yステージ
ポンプシステム
イオンポンプ
10
11
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40
41
42
43
44
45
46
60
62