

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7066929号
(P7066929)

(45)発行日 令和4年5月16日(2022.5.16)

(24)登録日 令和4年5月6日(2022.5.6)

(51)国際特許分類

H 01 L	21/285 (2006.01)	H 01 L	21/285	3 0 1
H 01 L	21/288 (2006.01)	H 01 L	21/285	C
H 01 L	21/3205 (2006.01)	H 01 L	21/285	S
H 01 L	21/768 (2006.01)	H 01 L	21/288	E
H 01 L	23/532 (2006.01)	H 01 L	21/88	M

請求項の数 12 (全10頁)

(21)出願番号 特願2017-562997(P2017-562997)
 (86)(22)出願日 平成28年6月3日(2016.6.3)
 (65)公表番号 特表2018-516465(P2018-516465)
 A)
 (43)公表日 平成30年6月21日(2018.6.21)
 (86)国際出願番号 PCT/US2016/035724
 (87)国際公開番号 WO2016/196937
 (87)国際公開日 平成28年12月8日(2016.12.8)
 審査請求日 令和1年5月31日(2019.5.31)
 審判番号 不服2021-8074(P2021-8074/J1)
 審判請求日 令和3年6月21日(2021.6.21)
 (31)優先権主張番号 62/171,739
 (32)優先日 平成27年6月5日(2015.6.5)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(73)特許権者 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (74)代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74)代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74)代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介
 (72)発明者 ユ, カイ - フン
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 121
 89 ウォーターヴリート ハーヴィード
 ロード 174
 (72)発明者 ルーシンク, ゲリット ジェイ.
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 121
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インターコネクトのためのルテニウムメタルによるフィーチャ充填

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

基板内のフィーチャを少なくとも部分的に充填する方法であって、
 フィーチャを含んだ基板を用意することと、
 ルテニウム(Ru)メタル層を堆積させて、前記フィーチャを少なくとも部分的に充填することと、
 前記基板を熱処理して、前記フィーチャ内の前記Ruメタル層をリフローさせ、それにより前記Ruメタル層の粒径を増大させて前記Ruメタル層の電気抵抗を低減させることと、
 前記フィーチャ内の前記熱処理されたRuメタル層上に、更なるRuメタル層を堆積することと、

前記更なるRuメタル層を熱処理して、前記フィーチャ内の前記更なるRuメタル層をリフローさせ、それにより前記更なるRuメタル層の粒径を増大させて前記更なるRuメタル層の電気抵抗を低減させることと、
 を有する方法。

【請求項2】

前記Ruメタル層を堆積させることに先立って、前記フィーチャ内に核形成層を形成すること、を更に有する請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記核形成層は、前記フィーチャ内で前記基板を露出させる隙間を有して不完全である、
 請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記核形成層は、Mo、MoN、Ta、Ta_N、W、WN、Ti、及びTiNからなる群から選択される、請求項2に記載の方法。

【請求項 5】

前記Ruメタル層を堆積させるのに先立って、前記基板を、前記フィーチャ内での前記Ruメタル層の核形成速度を上昇させる処理ガスに曝すこと、を更に有する請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

前記処理ガスは窒素を含む、請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

前記Ruメタル層は、原子層成長(AlD)、化学気相成長(CVD)、めっき、又はスパッタリングによって堆積される、請求項1に記載の方法。

10

【請求項 8】

前記Ruメタル層は、Ru₃(CO)₁₂及びCOキャリアガスを用いてCVDによって堆積される、請求項7に記載の方法。

【請求項 9】

前記基板は誘電体層を含み、前記フィーチャは前記誘電体層内に形成されている、請求項1に記載の方法。

【請求項 10】

前記熱処理は、Arガス、H₂ガス、ArガスとH₂ガス、又は、H₂ガスとN₂ガス、の存在下で実行される、請求項1に記載の方法。

20

【請求項 11】

前記Ruメタル層は、第1の基板温度で堆積され、前記熱処理は、前記第1の基板温度よりも高い第2の基板温度で実行される、請求項1に記載の方法。

【請求項 12】

前記第2の基板温度は、200と600との間である、請求項11に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この出願は、2015年6月5日に出願された米国仮出願第62/171739号に関連するとともに、それへの優先権を主張するものであり、その内容全体をここに援用する。

30

【0002】

本発明は、マイクロエレクトロニクスデバイスのための、低抵抗ルテニウム(Ru)メタルを用いた、例えばビア及びトレンチなどのフィーチャ(造形部)のボイドレス充填方法に関する。

【背景技術】**【0003】**

集積回路は、様々な半導体デバイスと、半導体デバイスに電力を供給して、それらの半導体デバイスが情報の共有及び交換を行うことを可能にする複数の導電金属経路とを含んでいる。集積回路内で、メタル層が、それらメタル層を互いに絶縁するメタル間及び層間誘電体層を用いて、互いに上下に積み重ねられる。

40

【0004】

通常、各メタル層は、少なくとも1つの更なるメタル層への電気的接触を形成しなければならない。そのような電気的接触は、メタル層同士を隔てる層間誘電体内にフィーチャ(すなわち、ビア)をエッチングし、得られたビアをメタルで充填して、インターフェクトを作り出すことによって達成される。メタル層は典型的に、層間誘電体内にエッチングされた経路を占有する。“ビア”は通常、誘電体層内に形成された、該誘電体層を貫いて該誘電体層の下に位置する導電層への電気接続を提供する、例えば孔、ライン、又は他の同様のフィーチャなどの、如何なるフィーチャをも指す。同様に、2つ以上のビアを接続するメタル層は、通常、トレンチとして参照される。

50

【 0 0 0 5 】

集積回路を製造するための多層メタライゼーションスキームにおける銅（Cu）メタルの使用は、例えばSiO₂などの誘電体内でのCu原子の高い可動性に起因する問題を生み出し、Cu原子は、Si内に電気的欠陥を生み出し得る。故に、Cuメタル層、Cu充填トレンチ、及びCu充填ビアは、通常、Cu原子が誘電体及びSiの中に拡散するのを防止するためにバリア材料で封入される。通常、Cuシード堆積に先立って、トレンチ及びビアの側壁及び底にバリア層が堆積され、バリア層は、好ましくはCuに対して非反応性であり且つCuに混合しない材料を含み、誘電体に対する良好な密着性を提供し、そして、低い電気抵抗率を示し得る。

【 0 0 0 6 】

デバイス性能の上昇は、通常、デバイス面積の縮小又はデバイス密度の増加によって成し遂げられる。デバイス密度の増加は、より大きいアスペクト比（すなわち、幅に対する深さの比）を含め、インターロコネクトを形成するのに使用されるビア寸法の縮小を必要とする。ビア寸法が縮小し、アスペクト比が増大するにつれて、ビア内のメタル層に十分な体積を提供することも行いながら、ビアの側壁に適正厚さの拡散バリア層を形成することがますます難題になる。さらに、ビア及びトレンチの寸法が縮小し、ビア及びトレンチの中の層の厚さが小さくなるにつれて、層及び層界面の材料特性がますます重要になる。特に、それらの層を形成するプロセスは、プロセスシーケンスの全ての工程に対して良好な制御が維持される製造可能なプロセスシーケンスへと注意深くインテグレートされる必要がある。

10

【 0 0 0 7 】

基板内のますます小さくなるフィーチャ内でのCuメタルの使用に伴う問題は、Cuメタルを他の低抵抗メタルで置き換えることを必要とすることになる。

【発明の概要】**【 0 0 0 8 】**

マイクロエレクトロニクスデバイスにおけるインターロコネクトのための、Ruメタルによるボイドレスでのフィーチャ充填方法が提供される。

【 0 0 0 9 】

本発明の一実施形態によれば、フィーチャを含んだ基板を用意することと、ルテニウム（Ru）メタル層を堆積させて、上記フィーチャを少なくとも部分的に充填することと、上記基板を熱処理して、上記フィーチャ内の上記Ruメタル層をリフローさせることと、によって基板内のフィーチャを少なくとも部分的に充填する方法が提供される。

30

【 0 0 1 0 】

他の一実施形態によれば、フィーチャを含んだ基板を用意することと、上記フィーチャを充填するコンフォーマルルテニウム（Ru）メタル層を堆積させることと、上記基板を熱処理して、上記フィーチャ内の上記コンフォーマルRuメタル層をリフローさせることであり、上記コンフォーマルRuメタル層は、上記フィーチャ内にシームボイドを有し、当該熱処理が、上記シームボイドを封じて、上記フィーチャ内の上記コンフォーマルRuメタル層の粒径を増大させる、リフローさせることと、によって基板内のフィーチャを充填する方法が提供される。

40

【 0 0 1 1 】

本発明の更なる他の一実施形態によれば、フィーチャを含んだ基板を用意することであり、該フィーチャは、該基板上の誘電体層内に形成されている、用意することと、上記フィーチャ内に核形成層を形成することと、上記核形成層上にコンフォーマルルテニウム（Ru）メタル層を堆積させて、上記フィーチャを少なくとも部分的に充填することと、上記基板を熱処理して、上記フィーチャ内の上記コンフォーマルRuメタル層をリフローさせることであり、当該熱処理が、上記フィーチャの充填物内のボイドを減少させて、上記フィーチャ内の上記コンフォーマルRuメタル層の粒径を増大させる、リフローさせることと、によって基板内のフィーチャを少なくとも部分的に充填する方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

50

【0012】

本発明及びそれに付随する利益の多くのいっそう完全なる理解は、添付の図面に関連付けて検討して以下の詳細な説明を参照することによって、いっそう十分に理解されることになり、容易に得られるであろう。

【図1】本発明の一実施形態に従ったRuメタル充填に使用される基板内の狭いフィーチャの寸法を例示している。

【図2A】本発明の一実施形態に従ったRuメタル膜充填に使用される基板内のフィーチャの断面及び上面の走査型電子顕微鏡(SEM)像を示している。

【図2B】本発明の一実施形態に従ったRuメタル膜充填に使用される基板内のフィーチャの断面及び上面の走査型電子顕微鏡(SEM)像を示している。 10

【図3A】本発明の一実施形態に従った基板内の狭いフィーチャの中のRuメタル堆積物の断面SEM像を示している。

【図3B】本発明の一実施形態に従った基板内の狭いフィーチャの中のRuメタル堆積物の断面SEM像を示している。

【図4A】本発明の一実施形態に従った基板内のフィーチャの中の堆積されたままのRuメタル層の断面SEM像を示している。

【図4B】本発明の一実施形態に従った基板内のフィーチャの中の堆積されたままのRuメタル層の断面SEM像を示している。

【図5A】本発明の一実施形態に従った基板内のフィーチャの中の熱処理されたRuメタル層の断面SEM像を示している。 20

【図5B】本発明の一実施形態に従った基板内のフィーチャの中の熱処理されたRuメタル層の断面SEM像を示している。

【発明を実施するための形態】

【0013】

マイクロエレクトロニクスデバイスのための、低抵抗Ruメタルを用いた、フィーチャのボイドレス充填方法を、幾つかの実施形態にて説明する。

【0014】

一実施形態によれば、基板内のフィーチャを少なくとも部分的に充填する方法が提供される。この方法は、フィーチャを含んだ基板を用意することと、Ruメタル層を堆積させて、フィーチャを少なくとも部分的に充填することと、基板を熱処理して、フィーチャ内のRuメタル層をリフローさせることとを含む。この少なくとも部分的な充填は、熱軟化されたRuメタルを非常に狭いフィーチャ内へと下方に引き込む毛細管作用と、より大きいRuメタルグレインを形成するRuメタルの再結晶化とを利用する。本発明者が見出したことには、この低温Ruメタル再結晶化及びリフローの予期せぬ特有の結果は、Cuメタル充填をRuメタル充填で置き換えるために使用されることがある。大きい粒径のリフローされたRuメタルは、狭いフィーチャにおけるCuメタル充填を置き換えるのに必要とされる低い電気抵抗を有する。示されていることには、実効的な電子平均自由行程が短いRuメタルは、約10nm(5nmノード)の最小フィーチャサイズにおけるCuメタル置換として国際半導体技術ロードマップ(International Technology Roadmap for Semiconductors; ITRS)抵抗要求を満たす優れた候補であること。Ruメタルは、その数多くの材料及び電気特性のために、Cuメタルよりも、フィーチャサイズの下方スケーリングの影響を受けにくい。 30

【0015】

フィーチャは、例えば、トレンチ又はピアを含むことができる。フィーチャの直径は、30nm未満、20nm未満、10nm未満、又は5nm未満とすることができる。フィーチャの直径は、20nmと30nmとの間、10nmと20nmとの間、5nmと10nmとの間、又は3nmと5nmとの間とし得る。フィーチャの深さは、例えば、20nmより大きい、50nmより大きい、100nmより大きい、又は200nmより大きいとすることができる。フィーチャは、例えば、2:1と20:1との間、2:1と10:1との間、又は2:1と5:1との間のアスペクト比(AR、深さ:幅)を有し得る。一例 40

において、基板（例えば、Si）は誘電体層を含み、フィーチャはその誘電体層内に形成される。

【0016】

図1は、本発明の一実施形態に従ったRuメタル充填に使用される基板内の狭いフィーチャの寸法を例示している。これらの幅狭フィーチャを、Si基板内にフィーチャをエッチングし、その後、エッティングされたフィーチャの直径を狭めるように、エッティングされたフィーチャ内に酸化物層(SiO₂)を堆積(埋め戻し(バックフィル))することによって準備した。エッティングされたフィーチャは、50nm、56nm、64nm、及び80nmの直径を有していた。埋め戻されたフィーチャは、フィーチャの中間深さ付近で、約11.5nm、約14nm、約17.4nm、及び約28.5nmの直径(幅)を有していた。

10

【0017】

図2A及び2Bは、本発明の一実施形態に従ったRuメタル膜充填に使用される基板内のフィーチャの断面及び上面のSEM像を示している。基板内のフィーチャの準備については図1に記載した。図2Aのフィーチャは、約14nmの直径と、約120nmの深さと、約8.5のアスペクト比と、約112nmのピッチとを有していた。図2Bのフィーチャは、約11.5nmの直径と、約110nmの深さと、約9.5のアスペクト比と、100nmのピッチとを有していた。

【0018】

図3Aは、本発明の一実施形態に従った基板内の狭いフィーチャの中のRuメタル堆積物の断面SEM像を示している。基板内のフィーチャの準備については図1に記載した。これらのフィーチャは、約11.5nm、約17.4nm、及び約28.5nmの直径を有していた。Ruメタル堆積に先立ち、約350の基板温度で、tert-ブチルイミド-トリス-エチルメチルアミド-タンタル(TBTMET、Ta(NCMe₃)(NEtMe)₃)及びアンモニア(NH₃)の交互曝露を伴う原子層成長(ALD)を用いて、15厚のTaN核形成層を堆積させた。このTaN核形成層上に、約200の基板温度で、Ru₃(CO)₁₂及びCOキャリアガスを用いる化学気相成長(CVD)により、70の厚さを持つコンフォーマルRuメタル層を堆積させた。図3Aは、11.5nm及び14.5nmの直径を持つフィーチャはRuメタルで実効的に充填されたのに対して、直径28.5nmの幅狭フィーチャは、完全には充填されずに、幅狭フィーチャの上部にボイドを有していたことを示している。

20

【0019】

図3Bは、本発明の一実施形態に従った基板内の狭いフィーチャの中のRuメタル堆積物の断面SEM像を示している。150のコンフォーマルRuメタル堆積は、全てのフィーチャがRuメタルで実効的に充填されたことを示している。

【0020】

図4A及び4Bは、本発明の一実施形態に従った基板内のフィーチャの中の堆積されたままのRuメタル層の断面SEM像を示している。このRuメタル層は、約200の基板温度で、Ru₃(CO)₁₂及びCOキャリアガスを用いるCVDによって堆積されており、これらのフィーチャはまた、図3Aを参照して説明したようなTaN核形成層を含んでいる。図4A及び4BにおけるSEM倍率は、それぞれ、200,000及び350,000である。中間深さで~28nm幅のフィーチャは、完全には充填されておらず、Ruメタル内に、フィーチャの頂部付近で約9nm幅であるボイドを有している。

30

【0021】

図5A及び5Bは、発明の一実施形態に従った基板内のフィーチャの中の熱処理されたRuメタル層の断面SEM像を示している。図5A及び5BにおけるSEM倍率は、それぞれ、200,000及び350,000である。堆積されたままのRuメタル層を、5分間、フォーミングガスの存在下で、450の基板温度で熱処理した。図5A及び5Bは、この熱処理が、大きい粒径を持つRuメタルで幅狭フィーチャを実効的に充填するようフィーチャ内のRuメタルをリフローさせたこと、及びRuメタルフィーチャ充填物内

40

50

のボイドを低減又は排除したことを示している。この充填は、熱軟化されたRuメタルを非常に狭いフィーチャ内へと下方に引き込む毛細管作用を利用している。また、フィーチャ内のRuメタルのシームボイドが、熱処理によって封じられている。

【0022】

図5A及び5Bの構造は、例えば、フィーチャの上から余分なRuメタルを除去する平坦化プロセス（例えば、化学機械研磨（CMP））を行うことによって、更に処理され得る。

【0023】

一部の実施形態によれば、核形成層は、Ruメタル充填に先立って、ALD又はCVDによってフィーチャ内に堆積され得る。核形成層は、例えば、窒化物材料を含むことができる。一実施形態によれば、核形成層は、Mo、MoN、Ta、Ta_N、W、WN、Ti、及びTi_Nからなる群から選択され得る。核形成層の役割は、Ruメタルにとって良好な核形成表面及び密着表面をフィーチャ内に提供して、短いインキュベーション時間でのRuメタル層のコンフォーマル堆積を確実にすることである。Cuメタル充填を用いるときは異なり、誘電体材料とフィーチャ内のRuとの間には、良好なバリア層は必要とされない。故に、Ruメタル充填の場合、核形成層は、非常に薄くされることができ、また、フィーチャ内に誘電体材料を露出させる隙間を有して不連続又は不完全であってもよい。これは、Cuメタルによるフィーチャ充填と比較して、フィーチャ充填物中のRuメタル量を増加させることを可能にする。一部の例において、核形成層の厚さは、20以下、15以下、10以下、又は5以下とすることができる。

10

【0024】

一部の実施形態によれば、Ruメタル層は、ALD、CVD、めっき、又はスパッタリングによって堆積され得る。一例において、Ruメタル層は、Ru₃(CO)₁₂及びCOキャリアガスを用いるCVDによって堆積され得る。しかしながら、Ruメタル層を堆積させるために、他のRuメタル前駆体が用いられてもよい。一部の例において、Ruメタル層は、Ru含有合金を含み得る。

20

【0025】

本発明の実施形態によれば、Ruメタル層は、第1の基板温度で堆積されることができ、その後の、堆積されたままのRuメタル層の熱処理は、第1の基板温度よりも高い第2の基板温度で実行されることができる。例えば、熱処理は、200と600との間、300と400との間、500と600との間、400と450との間、又は450と500との間の基板温度で実行され得る。また、熱処理は、Arガス、H₂ガス、又はArガスとH₂ガスとの双方の存在下で、大気圧未満で行われ得る。一例において、熱処理は、フォーミングガスの存在下で、大気圧未満で行われ得る。フォーミングガスは、H₂とN₂の混合物である。他の一例において、熱処理は、当該熱処理に使用される処理チャンバにガスを流入させることなく、高真空条件下で行われてもよい。

30

【0026】

一実施形態によれば、熱処理は、気体プラズマの存在下で行われてもよい。これは、気体プラズマが使用されないときと比較して、熱処理温度を下げることを可能にする。これは、10w-k材料及び超10w-k材料に適合する熱処理温度の使用を可能にする。一部の実施形態によれば、フィーチャは、2.5k~3.9の10w-k材料又はk<2.5の超10w-k材料の中に形成され得る。一例において、気体プラズマはArガスを含むことができる。プラズマ条件は、低エネルギーArイオンを含むように選択され得る。

40

【0027】

他の一実施形態によれば、Ruメタル層を堆積せることに先立って、フィーチャ内の表面を改質してフィーチャ内でのRuメタル層の核形成速度を高める処理ガスに、基板を曝してもよい。一例において、この処理ガスは、窒素プラズマ、NH₃プラズマ、NH₃アニール、又はこれらの組み合わせを含むことができる。処理ガスへの曝露は、フィーチャ内の表面を窒化することができる。一例において、処理ガスは、フィーチャ内の表面の親水性を高め、それにより、フィーチャ内でのRuメタルの核形成速度を上昇させる。

【0028】

50

一例において、フィーチャがRuメタル層で完全に充填される前に、フィーチャの開口部がピンチオフされて（閉じられて）、フィーチャの内部にボイドが形成してもよい。一実施形態によれば、このボイドは、例えば平坦化プロセスなどによって、フィーチャの上から余分なRuメタルを除去することによって取り除かれることができ、それにより、ピンチを生じさせた余分なRuメタルが除去される。その後、フィーチャ内のRuメタル層をリフローさせるために、熱処理プロセスが実行され得る。一実施形態によれば、これは、フィーチャのボイドフリー充填を達成するために、リフローされたRuメタル層上に更なるRuメタル層を堆積させて、熱処理プロセスを繰り返すことに続かれ得る。

【0029】

マイクロエレクトロニクスデバイスのための、低抵抗Ruメタルを用いた、例えばビア及びトレーナなどのフィーチャのボイドレス充填方法を、様々な実施形態にて開示した。以上の本発明の実施形態の説明は、例示及び説明の目的で提示されている。網羅的であること、又は開示されたそのものの形態に本発明を限定することは意図されていない。この説明及び以下の請求項は、単に説明目的で使用される用語を含んでおり、限定するものとして解釈されるべきではない。当業者は、以上の教示に照らして数多くの変更及び変形が可能であることを理解することができる。当業者は、図面に示された様々な構成要素についての様々な等価な組み合わせ及び代用を認識することになる。故に、本発明の範囲は、この詳細な説明によってではなく、ここに添付される請求項によって限定されることが意図される。

10

20

30

40

50

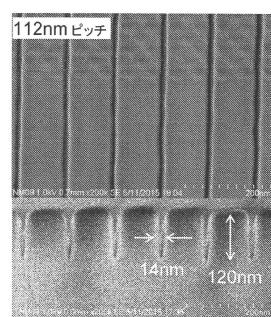
【図面】

【図 1】

酸化物バックフィルを2回実行した後のCD幅測定

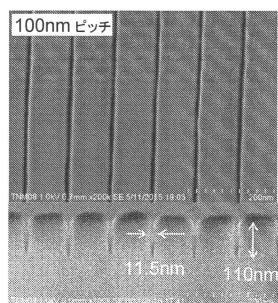
No.	チップ番号	50nm 幅(nm)	56nm 幅(nm)	64nm 幅(nm)	80nm 幅(nm)
1	00,00	11.55	13.99	18.04	28.97
2	-1,00	11.57	13.98	18.07	28.95
3	-2,00	11.22	13.48	17.30	29.15
4	-3,00	11.08	13.14	16.68	27.13
5	-4,00	11.09	13.40	17.33	28.62
6	-5,00	11.12	13.31	17.09	27.92
最大		11.57	13.99	18.07	29.15
最小		11.08	13.14	16.68	27.13
平均		11.27	13.55	17.42	28.46
最大-最小		0.49	0.85	1.39	2.02
3σ		0.69	1.07	1.64	2.35

【図 2 A】

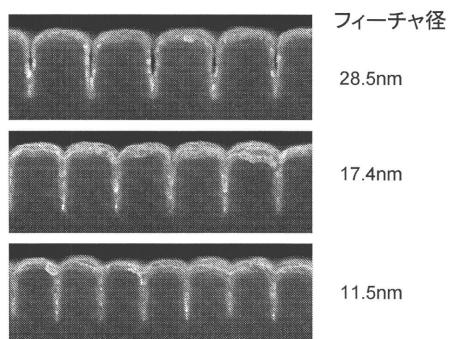


10

【図 2 B】

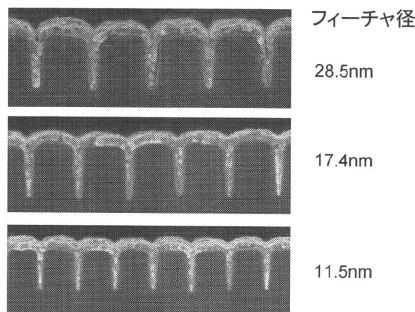


【図 3 A】



20

【図 3 B】



【図 4 A】



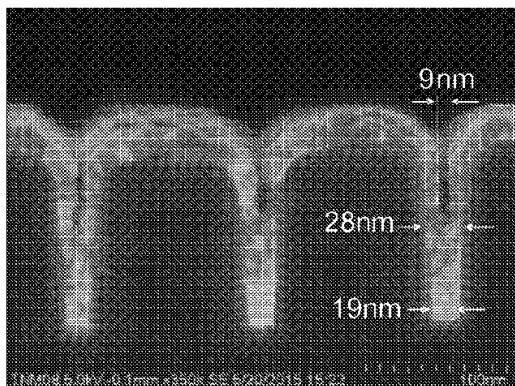
30

FIG. 4A

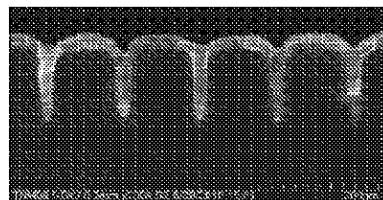
40

50

【図 4 B】

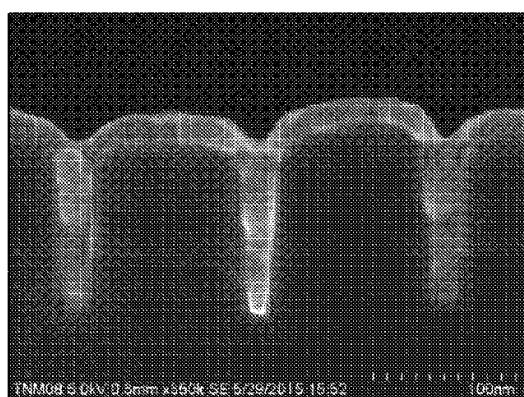
**FIG. 4B**

【図 5 A】

**FIG. 5A**

10

【図 5 B】

**FIG. 5B**

20

30

40

50

フロントページの続き

4 8 レックスフォード フェリー ドライヴ 1 0

(72)発明者 ワイダ , コーリー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 2 1 5 3 サンド レイク タボートン ロード 4 7 9

(72)発明者 石坂 忠大

東京都港区赤坂5丁目3 - 1 赤坂ビズタワー

(72)発明者 褐田 隆宏

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 2 2 0 3 オールバニー フラー ロード 2 5 5 スイート 2

4 4 ティーイーエル テクノロジー センター アメリカ

合議体

審判長 辻本 泰隆

審判官 河本 充雄

審判官 吉 澤 雅博

(56)参考文献 特開平10 - 3 0 3 3 9 7 (J P , A)

特開平10 - 2 0 9 1 5 7 (J P , A)

特開2014 - 0 3 3 1 3 9 (J P , A)

特開2014 - 2 0 4 0 1 4 (J P , A)

特開平10 - 2 0 9 3 9 9 (J P , A)

特開2000 - 0 9 1 2 6 9 (J P , A)

特開2013 - 0 5 5 3 1 7 (J P , A)

特開2010 - 0 6 7 6 3 8 (J P , A)

米国特許出願公開第2 0 0 3 / 0 0 3 2 2 3 8 (U S , A 1)

特開平10 - 1 6 3 2 0 7 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B名)

H01L21/3205-21/3215

H01L21/768

H01L23/52

H01L23/522-23/532

H01L21/28-21/288

H01L21/44-21/445

H01L29/40-29/51