

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4817342号
(P4817342)

(45) 発行日 平成23年11月16日 (2011.11.16)

(24) 登録日 平成23年9月9日 (2011.9.9)

| | |
|------------------------|----------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| HO 1 L 27/12 (2006.01) | HO 1 L 27/12 B |
| HO 1 L 21/02 (2006.01) | HO 1 L 21/02 B |

請求項の数 6 (全 9 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2009-546830 (P2009-546830) | (73) 特許権者 | 598054968 |
| (86) (22) 出願日 | 平成20年1月16日 (2008.1.16) | | エス. オー. アイ. テック シリコ |
| (65) 公表番号 | 特表2010-517286 (P2010-517286A) | | ン オン インシュレーター テクノロジ |
| (43) 公表日 | 平成22年5月20日 (2010.5.20) | | ーズ |
| (86) 国際出願番号 | PCT/IB2008/000131 | | フランス国, 38190 ベルナン, |
| (87) 国際公開番号 | W02008/090439 | | パルク テクノロジーク デ フォンテー |
| (87) 国際公開日 | 平成20年7月31日 (2008.7.31) | | ヌ, シュマン デ フランク |
| 審査請求日 | 平成22年7月8日 (2010.7.8) | (74) 代理人 | 100094318 |
| (31) 優先権主張番号 | 07290094.7 | | 弁理士 山田 行一 |
| (32) 優先日 | 平成19年1月24日 (2007.1.24) | (74) 代理人 | 100123995 |
| (33) 優先権主張国 | 欧州特許庁 (EP) | | 弁理士 野田 雅一 |
| 早期審査対象出願 | | (74) 代理人 | 100107456 |
| | | | 弁理士 池田 成人 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 SOIタイプのウェハの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコン・オン・インシュレータ (SOI) タイプのウェハの製造方法であって、
 a) シリコンの初期ドナー基板 (1) を用意するステップと、
 b) 前記初期ドナー基板 (1) 上に二酸化シリコンの絶縁層 (3) を形成するステップと、

c) 前記初期ドナー基板 (1) に所定の分割エリアを形成するステップと、
 d) 前記初期ドナー基板をハンドル基板 (9) に貼り付けるステップと、
 e) 前記所定の分割エリア (7) で前記ドナー基板 (1) を剥離することで、前記初期ドナー基板 (1) の層 (13) を被転写層として前記ハンドル基板 (9) 上に転写して、
 SOI ウェハを形成するステップと、

を備え、

当該製造方法が、少なくとも3回繰り返され、

前記初期ドナー基板 (1) の残部 (15) が、後続する製造ランにおいて初期ドナー基板 (1) として再利用される、方法において、

前記絶縁層 (3) が、900 未満の温度で実行される熱酸化処理によって形成され、
 前記絶縁層 (3) の厚さが、少なくとも1000 であることを特徴とするSOIタイプのウェハの製造方法。

【請求項 2】

前記被転写層 (13) の厚さが、1000 以下である、請求項1に記載のSOIタイプ

10

20

プのウェハの製造方法。

【請求項 3】

前記被転写層を研磨およびアニールするステップをさらに備え、このステップの後に、前記被転写層が、エピタキシャル堆積により、6000 の層の厚さを達成するように、さらに厚層化される、請求項 1 または 2 に記載の SOI タイプのウェハの製造方法。

【請求項 4】

第 1 の製造ランの前の新しい初期ドナー基板 (1) の格子間酸素濃度が、25 ppm a (old ASTM) 未満である、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の SOI タイプのウェハの製造方法。

【請求項 5】

前記初期ドナー基板 (1)、および、後続する残部 (15) を用いた各製造ランにおいて、前記被転写層の HF 欠陥密度が、0.1 欠陥 / cm² 未満であるように前記熱酸化処理が実行される、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の SOI タイプのウェハの製造方法。

【請求項 6】

製造ランごとに、前記絶縁層 (3) がより高い温度で形成される、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の SOI タイプのウェハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複合材料ウェハ、特に、シリコン・オン・インシュレータタイプのウェハの製造方法に関し、a) 初期ドナー基板を用意するステップと、b) 初期ドナー基板上に絶縁層を形成するステップと、c) 初期ドナー基板内に所定の分割エリアを形成するステップと、d) 初期ドナー基板をハンドル基板に貼り付けるステップと、e) 所定の分割エリアでドナー基板を剥離することで、初期ドナー基板の層をハンドル基板上に転写して、複合材料ウェハを形成するステップと、を備える。さらに、本発明は、上述した方法により作製された複合材料ウェハ、特に、シリコン・オン・インシュレータタイプのウェハに関する。

【背景技術】

【0002】

複合材料ウェハ、特に、シリコン・オン・インシュレータ (SOI) タイプのウェハは、最新の半導体デバイスにおいて、寸法の小型化に伴い、さらなる高速化を実現する重要な役割を担う半導体基板である。しかしながら、このような複合材料ウェハを作製するプロセスは、少なくとも 2 つの基本的な要求を満たす必要がある。第 1 に、層状構造のウェハ表面のほぼ全体にわたって、良好な結晶品質を確保する必要があり、第 2 に、過度なコストをかけずに作製を行う必要がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上述した要求を満たすための 1 つの方法は、ハンドル基板上にドナー基板からの層を転写する、いわゆる Smart-Cut (商標) タイプの作製プロセスである。この方法は、2 つの基板を接合し、初期ドナー基板内に予め形成された所定の分割エリアでドナー基板を剥離することによって達成される。所定の分割エリアは、ドナー基板に水素または希ガスイオンなどの原子種を注入することによって予め生成される。このアプローチの利点は、作製ランごとに層を転写するドナー基板が、数回にわたって再利用されることである。しかしながら、ランごとに、被転写層の結晶品質が低下してしまうことが明らかになった。その結果、この問題を解消するために、多くの対策が提案されてきた。

【0004】

特願平 10 - 114176 号では、ウェハの縁部にある表面の段差を除去するために、ドナー基板の研磨などの追加のプロセスステップが提案されている。この段差は、ハンド

10

20

30

40

50

ル基板に層を転写した後に現れる。そこで、ドナー基板の残部を後続する作製ランにおいて新しいドナー基板として再利用する前に、第2の仕上げ研磨ステップが実行される。あるいは、米国特許出願公開第2003/029957号では、研磨前に、再生されるドナーウェハへの追加の熱処理ステップが提案されている。しかしながら、追加のプロセスステップによって結晶品質の向上が達成できたとしても、再利用の回数は依然として少なく十分ではなかった。

【0005】

米国特許第6,211,041号では、ドナー基板の再利用について論じられてはいないものの、最初から、結晶欠陥の生成を抑制する酸素含有量の少ないシリコン基板を用意するアプローチが開示されている。しかしながら、他の2つの方法の場合と同様に、酸素含有量を低減したシリコン基板を作成するために、前もって特別なステップを追加する必要があり、さらに、ドナー基板の再利用可能な回数も少なく、満足できるものではなかった。

【0006】

上述した問題と、この問題を解消するのに十分ではない公知の対策を鑑みて、本発明の目的は、使用済みドナー基板の再利用回数を増やすことができ、同時に、さらなる追加の処理ステップを必要とすることなく、良質の複合材料ウェハを作製可能な複合材料ウェハの製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この目的は、請求項1の特徴による複合材料ウェハの製造方法によって達成される。驚くべきことに、ドナー基板の再利用可能な回数に関する決め手となるステップは、初期ドナー基板上に絶縁層を形成するステップであることが判明した。すでに上述したように、複合材料ウェハの作製プロセスにおいて、妥当なコストで高度な構造を実現することが重要な要件である。したがって、一般に、熱処理による絶縁層の形成は、1000を超える高温で行われており、これは、高温により、酸化速度が速まることで、高スループットが実現されるためである。温度を制限するものは、酸化速度が速すぎる場合にウェハの表面全体にわたって厚さおよび均一性を制御することが困難なことのみにあつた。したがって、熱処理の典型的な上限は約1100に設定されていた。このような高温を選択することで、絶縁層は、約15分～1時間で形成されていた。以下、本発明によれば、熱処理は、950より低い低温、特に、900未満、好ましくは、850未満で実行され、このような温度で実行することで、再利用ラン回数を増やしても被転写層の結晶品質が高い状態に保たれるだけでなく、本技術分野において提案されているようなさまざまな追加ステップは不要となる。本発明の方法を用いることで、Smart-Cut技術に特有の、再生利用中に表面段差を除去する表面研磨ステップは十分であり得る。

【0008】

この方法は、少なくとも3回、好ましくは、5回～10回繰り返されることが好ましく、初期ドナー基板の残部は、後続する製造ランにおいて初期ドナー基板として再利用される。製造ラン中に絶縁層を形成する熱処理ステップを重ねることによるランごとの結晶品質の低下が予期される。特に、酸化ステップを繰り返すと、酸素析出物および酸素原子核の形成が誘引されて、結晶品質に欠陥を生じる可能性があると考えられる。このように、第1の作製ラン中に、新しいドナー基板を使用して、被転写層の結晶品質にあまりに強い影響を及ぼすことなく、約1000の通常の温度で絶縁層を達成するための熱処理ステップが実行されたとしても、これは後続するラン、特に第3のラン以降、に適用できる状態ではなく、公知の従来技術のプロセスにおいて、被転写層の結晶品質を十分に高い状態に保つために、ドナー基板の残部に特別な再処理を施すことが必要であつた。したがって、作製プロセスが、少なくとも3回、特に5回～10回繰り返される場合、低温環境を適用することによって、ドナー基板の残部を修復する面倒なプロセスステップを追加することなく、結晶品質を高く保つことができる。

【0009】

低温環境型により、それでも少なくとも3回は再利用可能な、結晶品質が低下したドナー基板を使用することが可能なため、新しい初期ドナーウェハの作製が容易になる。これは、低温の酸化プロセスによる結晶品質の低下の程度が低いためである。これは、大径ウェハ、特に、300mm以上の直径を有するシリコンウェハにまさしく当てはまる。大径ウェハは、少なくとも3回のリサイクルステップの実現に必要な結晶品質を達成するのに、より複雑でコストがかかるためである。

【0010】

好ましい実施形態によれば、被転写層の厚さは、1000 以下のものであり得る。典型的には、被転写層は、500 ~ 5000 の間、特に、2500 以下である。被転写層は、最終デバイス層を形成するために、転写された後に、1000 以下まで薄層化される。絶縁層を形成する熱処理プロセスから別の熱処理プロセスまでに、欠陥が成長していくことが認められた。これは、結果として、デバイス層の厚さに匹敵する欠陥サイズとなる。したがって、特に1000 未満の薄いデバイス層の場合には、被転写層が薄い場合においても、数回、好ましくは、5回~10回、ドナー基板を再利用できるように、絶縁層を形成する熱処理ステップの温度を十分に低くなるように慎重に選択することが重要となる。

【0011】

異なる態様によれば、被転写層は、研磨やアニールなどの仕上げステップ後、例えば、3000 ~ 7000 の厚さを有する厚い層である。次いで、最終層は、エピタキシャル堆積によってさらに厚層化される。例えば、3000 の厚さを有する酸化シリコン全体にわたって、6000 の厚さを有するシリコンのデバイス層で形成された「厚い」SOI基板を製造することが可能である。この場合、最終層にある欠陥が大きすぎると、積層欠陥のような欠陥が、さらに堆積されたエピタキシャル層に生じてしまうことがあるため、酸素析出物や析出物の原子核のような結晶欠陥を可能な限り小さく保つことも重要である。これらの欠陥はまた、仕上げステップ中に成長することもある。被転写層にある結晶欠陥を小さく保つことによって、さらに堆積された層は、これらの欠陥を被覆し埋め込み、最終デバイス層への悪影響を低減し得る。

【0012】

好ましくは、最初の製造ランの前の新しい初期ドナー基板の格子間酸素濃度は、25 ppm (old ASTM) 未満、特に、16 ppm (old ASTM) 未満であり得る。初期酸素濃度を最低値に制限することで、欠陥の発生がさらに低減された。

【0013】

初期ドナー基板およびその後のドナー基板の残部を用いた各製造ランにおいて、被転写層のHF欠陥密度が、0.1欠陥/cm²未満、特に、0.05欠陥/cm²未満になるように熱処理が実行され得ることが好ましい。複合材料ウェハを、被転写層上または被転写層内に自然形成された酸化物層をエッチング除去するHF溶液に浸漬させた後には、HF欠陥が生じる。実際のところ、HFは、被転写層の結晶欠陥で穴を形成する。穴は、そのサイズによって、被転写層を通して被転写層の下に埋め込まれた絶縁層まで延びることがある。これらのHF欠陥は、複合材料ウェハの使用を制限するため、これらの濃度の制御は必須である。これらのHF欠陥の許容レベルに応じて、絶縁層を形成する熱処理ステップは、例えば、0.1欠陥/cm²未満、またはさらに厳密には、0.05欠陥/cm²未満の所望の欠陥密度が達成され得るように、対応する絶縁層成長温度を選択して制御することで適応される。

【0014】

好ましい実施形態によれば、絶縁層は、より高い温度で製造ランごとに形成され得る。すでに上述したように、温度を高くするという点には、成長速度が速まるという利点がある。驚くべきことに、欠陥サイズの成長速度がランごとに低下することが見いだされたため、スループットを上げたい場合には、ランごとに、もしくは少なくとも最後の1、2回のランの間、熱処理ステップの温度を上昇させることも可能になる。

【0015】

好ましくは、初期ドナー基板は、シリコンウェハであり得、絶縁層は、二酸化シリコン層であり得る。この材料の選択では特に、最終製品の品質にとって、絶縁層を形成する熱処理ステップ中の温度の影響は非常に重要である。

【0016】

絶縁層の厚さは、少なくとも1000であることが好ましく、特に、約1450であり得る。絶縁層形成プロセスステップ中に温度を低減させて結晶品質を制御できるため、厚い絶縁層を設けて、同じドナー基板を用いて3回、5回、または10回のランの後でも、被転写層の結晶品質を適切なレベルに保つことが可能である。

【0017】

本発明は、さらに、複合材料ウェハに関する。基本的な作製プロセスは、HF欠陥に対して制御され得るため、0.1欠陥/cm²未満、特に、0.05欠陥/cm²未満のHF欠陥密度の再生されたドナー基板から複合材料ウェハを提供することが可能となる。

【0018】

本発明はまた、上述したような方法を実行する際に達成される再利用ドナー基板に関する。

【0019】

本発明の特定の実施形態は、添付の図面を参照しながら、本明細書の記載から明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】複合材料ウェハを製造するための本発明の方法の1つの実施形態を示す。

【図2】比較例と比べた、本発明の方法により製造された複合材料ウェハの実施試料の表面のHF欠陥マップを示す。

【発明を実施するための形態】

【0021】

図1は、複合材料ウェハを製造するための本発明の方法の1つの実施形態を示す。以下、この方法は、シリコン・オン・インシュレータ(SOI)タイプの複合材料ウェハに関して記載される。しかしながら、この材料選択は、実現可能な1つの可能性を表すものであって、本発明の方法は、他のタイプの複合材料ウェハにも適用可能である。

【0022】

本発明の方法のステップIは、請求項1のステップa)のとおり、初期ドナー基板1、本実施形態におけるシリコンウェハ、を設けるものである。ステップIIは、請求項1のステップb)のとおり、シリコンウェハ1上に絶縁層3を形成するステップを示している。この実施形態によれば、絶縁層3は、酸化条件下で熱処理によって形成される二酸化シリコン層(SiO₂)である。

【0023】

請求項1のステップc)に対応するステップIIIでは、原子種5、特に水素またはヘリウムなどの希ガスイオンが、所定の線量およびエネルギー条件下で絶縁層3を通して注入され、ドナー基板1内に所定の分割エリア7を生成する。図から分かるように、この所定の分割エリアは、基板1の主面8に原則的に平行である。最終的に、ある種を用いた注入は別の種の第2の注入と同時に起こり、この場合、第1の種はヘリウムであり、第2の種は水素であってもよい。

【0024】

ステップIVは、ハンドル基板9、例えば、シリコンウェハを設けるものである。

【0025】

請求項1のステップd)に対応する、続くステップVにおいて、絶縁層3を有するドナー基板1は、ハンドル基板9に接合される。接合は、絶縁層3がドナー基板1とハンドル基板9との間に挟まれるようにして行われる。

【0026】

次いで、剥離処理が実行され、その間に、シリコン・オン・インシュレータウェハ11

10

20

30

40

50

が作製されるように、所定の分割エリア7で剥離が生じる。剥離処理は、熱処理であることが好ましく、この熱処理により、剥離が生じる。ステップV Iは、ハンドル基板と、絶縁層3と、ドナー基板1から得られた被転写層13と、を備えるシリコン・オン・インシュレータウェハ11を示している。次いで、ステップV I Iに示すドナー基板1の残部15は、ステップIにおいて新しいドナー基板1として再利用可能である。再利用する前に、ドナー基板1の残部15は、従来技術において公知のような研磨および/または洗浄ステップを通常有する一定数のリサイクルステップを受ける。

【0027】

転写が終わると、被転写層13は、最終的な所望の厚さまで厚さを低減し、表面粗さを改善するように処理され得る。このような仕上げ動作は、例えば、アニールステップを備える。

10

【0028】

従来技術では、許容可能なレベルで酸素析出物を排除または低減する多数のステップを追加することなく、ドナー基板を再利用することができなかった。厚さが欠陥サイズより大きい厚みのあるデバイス層を製造するために再利用するのは可能であったが、再利用回数も2~3回に限られており、さらには、最終SOI製品、特に、直径が大きなウェハ、特に、300mm以上の直径を有するウェハに非常に多くの欠陥が認められた。これは、少なくとも3回、ドナーウェハをリサイクルするのに十分な結晶品質を獲得するのは、困難であり、コストもかかるためである。

【0029】

20

驚くべきことに、上述した状況を改善することに関して決め手となるステップは、ステップI I、すなわち、ドナー基板1上、全体にわたって絶縁層3を形成するステップであることが見いだされた。SOIウェハ製造のスループットを満足できる高レベルに維持し、絶縁層3を十分に厚くできるように、絶縁層3を形成する熱処理ステップは、1000℃付近、またはそれよりも高い温度で実行されていた。しかし、本発明によれば、このステップは、950℃未満の低温、特に、900℃未満、好ましくは、850℃以下で実行され、その結果、従来の方法と比較した場合、HF欠陥の減少が認められたが、層形成時間が延長するという負の作用が生じた。自然に成長した二酸化シリコン層をエッチング除去し、酸素析出物の位置に穴を生じるHF溶液中にSOIウェハ11を浸漬すると、HF欠陥が生じる。しかし、1つのドナー基板1は、少なくとも3回、特に、5回~10回、再利用できる。さらに、従来技術のように、さらなる酸素析出物の低減または削除ステップが不要である。このことにより、層形成時間が長くなるという負の作用が打ち消される。

30

【0030】

本発明を達成することにより、すなわち、HF欠陥を生じ得る酸素析出物の負の作用を制限するように、複合材料ウェハの製造プロセスが実行可能になることにより、厚さを低減させた被転写層13を設けることができるというさらなる利点がもたらされる。特に、薄層化後、3回、5回、さらには10回、再利用されたドナー基板1からでも、1000nm未満の厚さのデバイス層が得られる被転写層13を用意することができるようになる。同じ理由から、SOIウェハ11を使用できなくする被転写層内の無数の欠陥を生じさせることなく、厚い絶縁層3を設けることも可能である。特に、少なくとも1000nmの厚さ、特に、約1450nmの厚さを有する絶縁層3が成長され得る。

40

【0031】

本発明による上述した実施形態において、絶縁層3を形成する熱処理ステップは、各ランにおいて同じ温度で実行されることが好ましい。しかしながら、異なる態様によれば、ランごとに酸素析出物サイズの成長速度が低下することが認められたため、特に、ランごとに温度を上昇させるように、各製造ランの間に温度を適応させることも可能である。

【0032】

上述した本発明の方法を用いて、多数のSOIウェハの実施試料を用意し、これらのウェハのHF欠陥密度を、従来技術のプロセスにより作製されたウェハ(比較試料)と比較

50

した。図 2 に、この比較結果を示す。

【 0 0 3 3 】

本発明による実施試料は、16 ppm a (o l d A S T M) の格子間酸素濃度でドナーウェハを用いて作製され、1450 の厚さの二酸化シリコン層を形成するために、850 で酸化した。約 $10^{16} \sim 5 \times 10^{16}$ 原子 / cm^2 の線量で、約 10 ~ 100 keV のエネルギーで、水素またはヘリウムと水素との混合物で、イオン注入が実行された。次いで、シリコンドナーウェハは、ハンドル基板に接合され、約 2 時間、約 500 の温度まで加熱されて、注入された水素またはヘリウム種によって形成された所定の分割エリアでドナーとハンドルの複合体を分割した。

【 0 0 3 4 】

注入エネルギーに応じて、被転写層 13 の厚さは、約 1000 ~ 3000 であった。引き続き、ドナー基板 15 の残部を研磨して、Smart-Cut タイププロセスに特有の縁部の段差を除去して表面を平坦化した。

【 0 0 3 5 】

次いで、上述したステップを 6 回繰り返し、その結果得られる SOI ウェハ、つまり 7 回目の SOI ウェハ 11 に薄層化プロセスを施して、650 の厚さの被転写層 13 を得た。500 厚さの被転写層 13 を有する第 2 の実施試料が同様の方法で用意され、かつ、被転写層が 400 厚さに薄層化された第 3 の実施試料が同様の方法で用意された。

【 0 0 3 6 】

その後、それら 3 つの実施試料に対して HF 欠陥の測定を行った。

【 0 0 3 7 】

比較試料は、二酸化シリコン層の形成プロセスを 1000 で実行したこと以外は同じ方法で作製された。

【 0 0 3 8 】

図 2 は、HF 処理の後に得られた結果を示す。図 2 は、被転写層の表面を示し、図から分かるように、低温 (850) で酸素層が形成された SOI ウェハの HF 欠陥に関して明確な改善が見られる。

【 0 0 3 9 】

最終デバイス層が非常に薄い場合でも、本発明の方法により、ドナー基板を繰り返し使用することができ、詳しくは、少なくとも 3 回、より詳しくは、5 回 ~ 10 回、ドナー基板を使用することができる。また、再利用回数は、再利用されたドナー基板の残部の厚さに制限されるだけでなく、ドナー基板の機械的安定性を確保できるほど十分なものでなければならないことは言うまでもない。

10

20

30

【図 1】

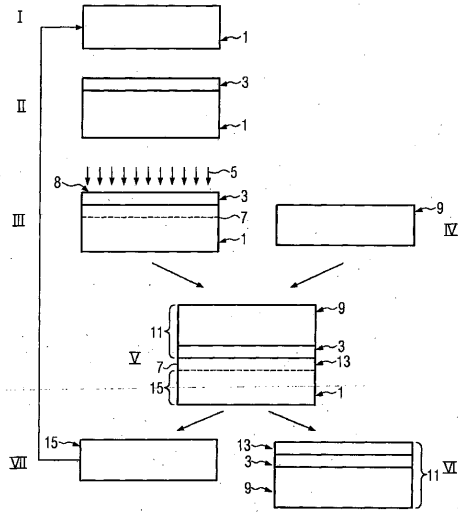


FIG. 1

【図 2】

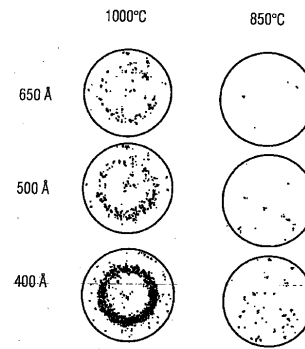


FIG. 2

フロントページの続き

- (72)発明者 レイノー, パトリック
フランス, エフ - 3 8 4 0 0 サン マルタン デール, ルー フロラ トリスタン, 2 0
- (72)発明者 コノンチュク, オレグ
フランス, エフ - 3 8 0 0 0 グルノーブル, プラス ビル アケム 4
- (72)発明者 スティンコ, ミシェル
フランス, エフ - 7 3 3 3 0 ボン デュ ボーヴォワサン, リュディ レ クロビア, ロ
ティースメント レ パルコン デュ ギエール

審査官 宮澤 尚之

- (56)参考文献 国際公開第 2 0 0 5 / 0 2 2 6 1 0 (W O , A 1)
特開 2 0 0 0 - 0 3 0 9 9 5 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 0 6 8 7 4 4 (J P , A)
国際公開第 0 0 / 0 5 5 3 9 7 (W O , A 1)
米国特許第 0 5 9 5 3 6 2 2 (U S , A)
欧州特許出願公開第 0 1 6 5 9 6 2 3 (E P , A 1)
欧州特許出願公開第 0 1 5 1 3 1 9 3 (E P , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 1 8 5 6 3 8 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 0 2 6 3 9 4 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

H01L 21/02

H01L 27/12